



Foundations for Conveyor Safety - Guia de Segurança sobre as boas praticas mundiais para o manuseio mais seguro de materiais a granel.

O livro *FOUNDATIONS™ Fundamentos de Segurança ao Trabalhar com Transportadores* tem como base a premissa de que o manuseio de materiais a granel pode ser realizado de forma mais rentável aprimorando a segurança daqueles que trabalham com transportadores de correia e próximos a eles. O nosso lema é o conceito **Production Done Safely™** (Produção com segurança).

Com esse objetivo, esta publicação avalia os perigos dos transportadores de correia e analisa os padrões dos projetos, os requisitos regulatórios e os procedimentos de trabalho, e oferece recomendações de práticas mais seguras para a concepção, a operação e a manutenção dos transportadores de correia.

As informações aqui contidas ajudarão gestores e projetistas a compreenderem a importância da segurança no trabalho com transportadores e a contabilizar as despesas incorridas nas melhorias nos sistemas de transportadores de correia. Ele também ajudará trabalhadores e supervisores a entenderem os sistemas de transportadores de correia, bem como trabalhar com eles, e próximo a eles, com mais segurança.

Visite foundationsforconveyorsafety.com para saber mais e obter outras fontes de informações.



ISBN: 978-0-9717121-3-3



Copyright © 2016 Martin Engineering Company
Form. nº. L4049-1-9/16 WZ

Impresso no Brasil.



MARTIN ENGINEERING
Rua Estácio de Sá, 2104 - Jd. Santa Genebra
Campinas - São Paulo - 13080.010
+55 19 37097200
Fax: +55 19 3709-7201
martin@martin-eng.com
www.martin-eng.com.br



FOUNDATIONS™ For
Conveyor Safety



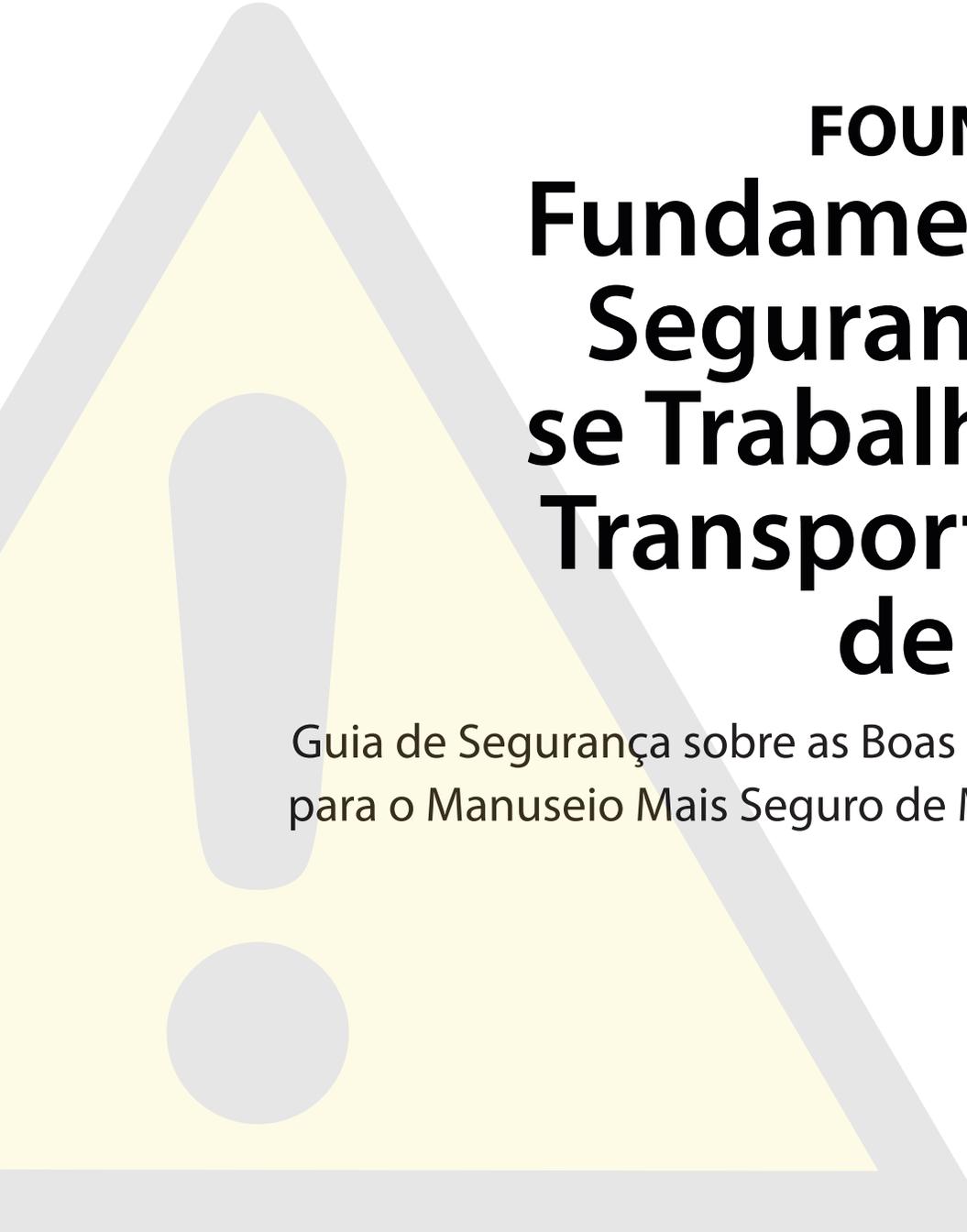
FOUNDATIONS™ For Conveyor Safety

Guia de Segurança sobre as boas praticas mundiais para o manuseio mais seguro de materiais a granel



Primeira edição





FOUNDATIONS™
Fundamentos de
Segurança para
se Trabalhar com
Transportadores
de Correia

Guia de Segurança sobre as Boas Práticas Mundiais
para o Manuseio Mais Seguro de Materiais a Granel



FOUNDATIONS™
Fundamentos de
Segurança para
se Trabalhar com
Transportadores
de Correia

Guia de Segurança sobre as Boas Praticas Mundiais
para o Manuseio Mais Seguro de Materiais a Granel

por

R. Todd Swinderman, engenheiro
Andrew D. Marti
Daniel Marshall

Martin Engineering Company
Neponset, Illinois
EUA

experiente.

Este livro foi publicado como um serviço para os setores de manuseio de materiais a granel e seus trabalhadores em todo o mundo. Ele não substitui as orientações ou avaliações de profissionais de engenharia, e seu conteúdo deve ser cuidadosamente analisado por profissionais para determinar a adequação a projetos específicos. Qualquer usuário deve pesquisar e considerar, além das normas citadas e descritas aqui, seu contexto geral e outras normas, requisitos e recomendações legais e profissionais relevantes. Não oferecemos nenhuma garantia em relação ao conteúdo do livro ou à sua aplicação a qualquer situação. Em casos de reclamações sobre o livro ou seu conteúdo, seu único recurso será constituído por reembolso ou substituição.

Caso encontre algum erro ou deseje fornecer informações, esclarecimentos ou outras contribuições para futuras edições, entre em contato com a Martin Engineering (Equipe de Marketing) por e-mail br_marketing@martin-eng.com.

A aplicação das informações e princípios contidos neste livro deve ser cuidadosamente avaliada a fim de determinar sua adequação a um projeto específico.

Para obter ajuda na aplicação das informações e princípios apresentados aqui a transportadores transportadores de correia específicos, consulte a Martin Engineering ou outra equipe de segurança

FOUNDATIONS™ Fundamentos de Segurança para se Trabalhar com Transportadores de Correia

ISBN 978-0-9717121-1-3-3

Número de controle da Biblioteca do Congresso dos EUA: 2016901217

Copyright © 2016 Martin Engineering Company

Número da peça L4049-9/16

Todos os direitos reservados. Esta publicação não pode ser reproduzida, em nenhuma forma, sem a permissão da Martin Engineering, empresa sediada em Neponset, Illinois, e com sede em Campinas. Parte do conteúdo deste livro foi reproduzida, com permissão, a partir de outras fontes protegidas por direitos autorais.

Impresso no Brasil.

Gráfica: Silvamarts Gráfica e Editora,
Campinas, São Paulo



Martin Engineering Company
Rua Estácio de Sá, 2104 - Jd. Santa Genebra
Campinas - São Paulo - 13080.010
+55 19 37097200
Fax: +55 19 3709-7201
martin@martin-eng.com
www.martin-eng.com.br

<i>Índice</i>	<i>v</i>
<i>Prefácio</i>	<i>vi</i>
<i>Dedicatória</i>	<i>vii</i>
<i>Notas dos autores</i>	<i>viii</i>
<i>Prefácio</i>	<i>x</i>

Introdução

A necessidade de aprimorar a segurança para se trabalhar com transportadores de correia

1	A missão: Production Done Safely™	2
---	---	---

Seção 1 Perigos e áreas de risco

	Introdução: Os perigos dos transportadores de correia ..	8
2	Zonas de risco dos transportadores de correia	12
3	Práticas inseguras ao trabalhar com transportadores ..	26

Seção 2 Problemas com o transportador e soluções de problemas dos componentes

4	Botões e sensores	39
5	Alarmes de inicialização	57
6	Cabos de parada de emergência	71
7	Batentes, freios contra recuo e travas	95
8	Coberturas	109
9	Passarelas para passagem sobre e sob o transportador ..	117
10	Proteções	129
11	O mito da “proteção devido à localização”	165
12	Proteções dos roletes de retorno	171
13	Tensores	181
14	Proteção contra a queda de materiais	195
15	Transportadores, correias e incêndios	207
16	Iluminação	245
17	Pó	257
18	Acesso	273
19	Os riscos relacionados a ruídos	289
20	Sinalização	303
21	Segurança dos sistemas elétricos ao trabalhar com transportadores	317

Seção 3 Práticas de trabalho seguras

22	Carona em transportadores	344
23	Trabalhando com segurança em torno de transportadores ..	346
24	Transportadores, material fugitivo e limpeza	372
25	Bloqueio do movimento da correia	390
26	Treinamento em segurança para se trabalhar com transportadores de correia	402

Seção 4 Avaliação de riscos

27	O censo da segurança nos transportes de correias	425
28	Avaliação de riscos utilizando a metodologia da CEMA ..	431
29	Análise de causa-raiz	445
30	Análise de risco do trabalho	457

Seção 5 Construção de transportadores melhores e mais seguros

31	Projeto e construção de transportadores mais seguros ..	463
32	Especificações para transportadores mais limpos, seguros e produtivos	481

Seção 6 O retorno

33	O cálculo da segurança	507
34	O retorno da segurança	519
35	Compreensão das conexões	559

Anexos

<i>Bibliografia</i>	<i>575</i>
<i>Índice remissivo</i>	<i>592</i>
<i>Autores e agradecimentos</i>	<i>600</i>



Prefácio

A relação entre segurança e produtividade



Edwin H. Peterson
presidente do conselho e CEO
Martin Engineering



Robert J. Nogaj
presidente e COO
Martin Engineering

Acreditamos que este tipo de livro seja um trabalho inédito. Ele representa a síntese das melhores práticas mundiais para concepção, operação e manutenção mais seguras de transportadores de correia para materiais a granel.

Nosso trabalho tem como base a premissa de que a extração e o processamento de materiais a granel podem ser realizados de forma segura e rentável, buscando e aplicando as melhores práticas mundiais à segurança e à concepção dos projetos de transportadores.

O primeiro passo para a produtividade real é a segurança. Se uma máquina, fábrica ou indústria tiver segurança, ela será produtiva; caso contrário, fábrica, processo ou transportador não poderão ser verdadeiramente produtivos. E isso significa que a produção não será financeiramente bem-sucedida. A chave é o conceito **Production Done Safely™** (Produção com segurança).

Com o aumento dos volumes e da diversidade dos materiais transportados, o porte e a velocidade cada vez maiores dos equipamentos e a pressão constante para aprimorar a eficiência, o manuseio dos materiais a granel pode se tornar perigoso. Entretanto, quando os gestores discutem aprimoramentos, eles se concentram na produção, pois esse é seu objetivo, essa é sua responsabilidade. E é pela produção que a empresa está nos negócios.

Desde o início, a Martin Engineering tem assumido o compromisso de aumentar a produtividade e a segurança do manuseio dos materiais a granel. Em 1944, trabalhando na oficina montada em sua própria casa, Edwin F. Peterson, o fundador da nossa empresa, elaborou a solução para um dos principais problemas do manuseio de materiais a granel: o vibrador industrial do tipo esfera. Sua invenção, comercializada com o nome de VIBROLATOR®, é a base do sucesso da Martin Engineering. Desde então, a Martin cresceu, com operações e licenciados em várias partes do mundo, estando sempre presente onde quer que materiais a granel sejam manuseados. Muitos de nossos produtos e serviços atuais visam o aprimoramento da limpeza da fábrica, o controle do material fugitivo para aprimorar o desempenho e a redução dos riscos envolvidos nas operações.

E, agora, nós dirigimos nossa atenção ao aprimoramento da segurança, pois sabemos que não há produtividade sem segurança.

Sabemos que precisamos ajudar a mudar uma mentalidade, queremos estar entre aqueles que definem os padrões mais elevados, e precisamos fazer parte da mudança de cultura do nosso setor.

Com este livro, a Martin Engineering dá o primeiro passo nesse sentido.



Dedicatória

Para a família Peterson, é uma honra dedicar a primeira edição do *FOUNDATIONS™ Fundamentos de Segurança para se Trabalhar com Transportadores de Correia, Guia de Segurança sobre as Boas Práticas Mundiais para o Manuseio Mais Seguro de Materiais a Granel*, a:



R. Todd Swinderman, engenheiro: graduado pela University of Illinois em 1971, com diploma de bacharel em Engenharia Mecânica, Todd é uma das principais forças motivadoras por trás desta publicação. Internacionalmente reconhecido por suas contribuições inovadoras no setor de manuseio de materiais a granel, ele também foi fundamental no desenvolvimento de normas consistentes para o setor através da CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores). Todd foi presidente da associação, bem como presidente do comitê da sexta e da sétima edições do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials, da CEMA*. Como portador de sete licenças de profissional da engenharia, ao longo de toda a sua carreira, e como ex-presidente e ex-CEO da Martin Engineering, sua orientação, inspiração e experiência profissional na área da engenharia influenciou todos os aspectos das operações com transportadores, em todo o mundo. Ele detém mais de 60 patentes nos Estados Unidos e diversas patentes estrangeiras correspondentes. Após mais de 30 anos no setor, agora, ele compartilha sua experiência como consultor independente.



Richard P. Stahura: defensor da segurança no setor de manuseio de materiais a granel ao longo de mais de seis décadas, Dick tem sido, muitas vezes, a única voz a promover a segurança no trabalho com transportadores. Juntamente com Todd, ele também é uma força influenciadora do trabalho do livro *FOUNDATIONS™ Fundamentos de Segurança para se Trabalhar com Transportadores de Correia, Guia de Segurança sobre as Boas Práticas Mundiais para o Manuseio Mais Seguro de Materiais a Granel*. Ele defende que as regras e regulamentos ambientais e de segurança sejam incorporados de forma prioritária aos projetos de transportadores.

Na verdade, Dick defende que, em vez de esperar que as agências reguladoras governamentais emitam multas ou forcem a paralisação das operações, as questões ambientais, de segurança e de saúde tomem, finalmente, o lugar da produção como prioridade número um de engenheiros de projeto e proprietários de transportadores. Richard é reconhecido em todo o mundo por sua personalidade encantadora e seu característico macacão jeans.



Daniel Marshall: Dan obteve seu diploma de bacharel em Engenharia Mecânica junto à Northern Arizona University. Trabalhando na Martin Engineering há mais de 16 anos, ele é um personagem fundamental no desenvolvimento e na promoção de diversos produtos para o setor de transportadores de correia. Dan é amplamente reconhecido por seu trabalho com a supressão de pó e é considerado um dos mais importantes especialistas dessa área. Escritor extremamente produtivo, publicou dezenas de artigos, abordando diversos tópicos relacionados ao setor de transportadores de correia; já fez apresentações em mais de quinze conferências e é muito requisitado por seus conhecimentos e orientações especializados. Como a Martin promove o envolvimento da comunidade, Dan se ofereceu como voluntário para ser um dos conselheiros fundadores da equipe Martin de robótica do ensino médio. Um dos principais autores do livro *FOUNDATIONS™ Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo do Pó e Material a Granel, Quarta Edição*, publicado pela Martin, sua dedicação ao setor dos transportadores e à Martin Engineering é excepcional. Sem dúvidas, Dan é um dos grandes contribuidores da família Martin Engineering.



Notas dos autores

A Martin Engineering oferece este livro como um serviço às indústrias e aos trabalhadores do setor de manuseio de materiais a granel de todo o mundo.

Este material é fornecido apenas para fins de informação geral e não se destina a oferecer referências detalhadas ou conhecimentos específicos relacionados aos regulamentos, normas e recomendações associados às operações de manuseio de materiais a granel. Exceto no que diz respeito aos regulamentos, normas e materiais citados diretamente, as opiniões aqui expressas representam um consenso, entre os autores, sobre os temas abordados.

A aplicação das informações e princípios contidos neste livro deve ser cuidadosamente avaliada por profissionais com experiência na área, a fim de determinar sua adequação a um transportador ou projeto específico.

Veja a seguir algumas observações que explicam a filosofia e as convenções adotadas neste volume.

Pressupostos do público

Este livro foi escrito para os profissionais que projetam, operam e executam a manutenção de transportadores de correia, a fim de oferecer orientações sobre o que pode e deve ser feito para proteger aqueles que trabalham nas proximidades dos transportadores. O público também inclui aquele "gestor de segurança" que não sabe muito sobre transportadores de correia e aquele "chefe do transportador" que conhece pouco os regulamentos e exigências de segurança. Por fim, este livro foi escrito para o supervisor ou gestor de fábrica, responsável pelas operações e pela segurança, que tem, porém, pouco tempo ou poucos recursos para dedicar a ambas. Ele ajudará a equipe de gestão a orientar a mão de obra no trabalho com transportadores de correia. E também ajudará gestores e engenheiros a justificar despesas que aprimorem a segurança do transportador, seja no projeto inicial ou com atualizações posteriores.

Normas e datas

A maior parte das normas é publicada com uma data, que faz parte do número da norma e indica o ano em que a versão foi lançada. Sempre que possível, essas datas são incluídas como um indicador da versão específica da norma em discussão.

Nas descrições de uma determinada norma, alguns órgãos emissores incluem uma notação das edições ou normas anteriores que foram substituídas.

O acompanhamento das mudanças nos regulamentos, normas e diretrizes é um processo contínuo. Por exemplo, durante a elaboração desta publicação, as normas australianas foram atualizadas: de *AS 1755-2000* para *AS/NZS 4024.3610-2015* e *4024.3611-2015*. No dia 31 de maio de 2016, a norma *EN 953* foi substituída pela *EN ISO 14120*. Um mês após nossa impressão, a diretriz *Safety Around Belt Conveyors*, da Conveyor Manufacturers Association of South Africa (Associação Sul-africana de Fabricantes de Equipamentos Transportadores) foi atualizada para a versão 2016. Todas essas atualizações exigiram alterações de capítulos que considerávamos prontos. Embora tenhamos trabalhado para acompanhar essas mudanças — para desespero dos responsáveis pelo layout das páginas — algumas atualizações podem ter sido perdidas. Independentemente, no futuro, certamente haverá ocasiões em que o texto aqui apresentado será substituído por mudanças na tecnologia, nos requisitos ou nas práticas recomendadas. Nossa recomendação é acompanhar as constantes mudanças na área e escolher engenheiros e fornecedores competentes que façam o mesmo.

Em suma, a versão mais atual das normas e regulamentos aplicáveis deve ser obtida e consultada para verificar seus respectivos requisitos.

Normas traduzidas

Em alguns casos, os textos das normas apresentadas aqui podem parecer estranhos ou mal escritos, especialmente quando elas têm origem em outros idiomas que não o inglês. Em vez de "corrigir" esses trechos traduzidos de acordo com as preferências dos autores, essas normas traduzidas foram publicadas como as encontramos disponibilizadas. Como sempre, é recomendável consultar o documento de origem, no idioma original.

Medições

Nesta publicação, as dimensões e outras medidas são apresentadas em unidades dos sistemas imperial e métrico. A medida será mostrada primeiro na unidade do sistema em que foi originalmente apresentada. Em seguida, uma conversão para o outro sistema será fornecida; na maioria dos casos, essa conversão aparecerá entre colchetes []. Os colchetes indicam que a conversão foi feita pela Martin Engineering.

Se a segunda medida for exibida entre parênteses (), isso significa que o próprio material de origem incluía a medição convertida.

Um til duplo (\approx), o símbolo matemático para "aproximadamente igual a", será colocado antes da segunda medida; isso significa que o número em questão é uma conversão da unidade original e foi arredondado (conforme necessário).

Todos os arredondamentos foram calculados com o objetivo de oferecer maior segurança; em alguns casos, eles não representam as medidas mais aproximadas.

Na maioria dos casos, um ponto foi utilizado como marcador decimal nas unidades do sistema métrico. Esse é o padrão seguido na América do Norte, local de origem dos autores, o estilo com o qual eles estão mais familiarizados.

Ilustrações

As imagens, gráficos, tabelas e diagramas contidos neste livro foram usados para esclarecer pontos específicos e, portanto, talvez não estejam tecnicamente corretos nem sejam totalmente precisos.

Nomes e dados

Os nomes e dados fictícios presentes neste livro têm como objetivo a transmissão de conceitos, e qualquer semelhança com nomes de entidades ou dados reais é mera coincidência e não intencional.

As informações relacionadas aos incidentes apresentados aqui representam a interpretação dos autores das causas e consequências desses incidentes, sem nenhuma intenção de culpar, difamar ou depreciar.

Uma observação sobre as fontes

Em vez de usar numerosas notas de rodapé nesta publicação, nós tentamos apresentar as fontes no texto do próprio capítulo. Há uma listagem detalhada dessas fontes na bibliografia, organizada por capítulo.

Advertência

Este livro é fornecido sem nenhuma representação ou garantia quanto à precisão ou integridade de seu conteúdo. As seções de MELHORES PRÁTICAS deste livro são destinadas a destacar questões de segurança específicas e não incluem todas as melhores práticas relacionadas a todas as operações e circunstâncias envolvidas no manuseio de materiais a granel.

SOB NENHUMA CIRCUNSTÂNCIA, A MARTIN ENGINEERING, OS AUTORES OU OUTRAS EMPRESAS OU INDIVÍDUOS ASSOCIADOS A ESTE PROJETO SERÃO RESPONSABILIZADOS POR DANOS PESSOAIS OU POR QUALQUER DANO INDIRETO, ESPECIAL OU CONSEQUENTE RESULTANTE DE OU, DE ALGUMA MANEIRA, RELACIONADO A ESTE LIVRO, INCLUINDO, SEM LIMITAÇÕES, QUALQUER DANO DECORRENTE DA APLICAÇÃO DAS INFORMAÇÕES, PRINCÍPIOS OU OUTROS CONTEÚDOS DESTA LIVRO.

As informações apresentadas neste material estão sujeitas a modificações sem aviso prévio. A Martin Engineering reserva-se o direito de fazer correções, supressões ou adições ao livro sem aviso prévio nem obrigação de substituir versões previamente impressas.

Prefácio

*Por R. Todd Swinderman,
engenheiro*

Dediquei décadas ao projeto, à instalação e à manutenção de componentes de transportadores de correias que controlassem materiais fugitivos, para, assim, melhorar o ambiente de trabalho, reduzir o número de acidentes e aumentar a produtividade. Agora, porém, nós chegamos a um ponto de queda desses resultados. Para alcançar um novo patamar de aprimoramento em termos de redução de acidentes com transportadores, precisamos mudar a maneira como especificamos, projetamos, adquirimos, operamos e realizamos a manutenção dos transportadores.

Estima-se que 85% dos problemas relativos à manutenção e à produção dos transportadores de correia a granel estejam relacionados a materiais fugitivos: pó, derramamentos e materiais de retorno. Acredito que uma porcentagem similar de problemas de segurança com transportadores seja decorrente desses mesmos materiais fugitivos. Entretanto, após o transportador ser projetado, construído, instalado e estar em funcionamento, a solução de problemas com materiais fugitivos torna-se praticamente impossível.

E isso leva à seguinte pergunta: por que projetamos transportadores da mesma maneira há mais de um século? Muitas vezes, não há nenhum motivo específico, apenas desculpas: "Sempre fizemos as coisas dessa forma", ou, ainda pior: "Precisamos ser competitivos". Como demonstrado pelas taxas de mortalidade relativamente constantes associadas aos transportadores nos últimos 30-40 anos, essas atitudes e técnicas simplesmente não melhoram mais a segurança, apesar dos inúmeros novos regulamentos, do aumento das penalidades cíveis e da adaptação universal dos slogans de segurança.

O início do setor da segurança

O livro de Herbert W. Heinrich, *Industrial Accident Prevention, A Scientific Approach, de 1931*, foi baseado no resumo de milhares de relatórios de acidentes. Heinrich concluiu que as ações perigosas dos trabalhadores eram a principal causa de acidentes. Infelizmente, essa mentalidade continua a dominar o entendimento da maioria dos gestores e supervisores. Porém, grande parte dos profissionais da área de segurança vem percebendo, já há algum tempo, que as causas dos acidentes não são assim tão simplórias.

Na maioria dos casos, escrever no relatório de um acidente que uma ação perigosa foi a causa do incidente é apenas uma desculpa simplista para justificar uma investigação superficial. Frequentemente, a ação perigosa não foi o única causa, nem mesmo a mais relevante. Acreditar, em uma retrospectiva perfeita, que a causa foi uma única ação perigosa é presumir que as ações do trabalhador foram perfeitamente previsíveis. As causas têm implicações maiores e exigem uma análise mais completa do acidente, seguida por ações corretivas criteriosas.

Cheguei à conclusão de que existem cinco causas que levam diretamente a um aumento na liberação de materiais fugitivos e que resultam em situações que incentivam os trabalhadores a reagirem como reagem. São elas: a cultura da "produção em primeiro lugar"; as aquisições "pelo menor preço"; os projetos excessivamente complexos; as inúmeras regras; e o número reduzido de funcionários de manutenção destreinados.

Causa: a cultura da "produção em primeiro lugar"

Sites e declarações de missão corporativos ostentam uma linguagem que dissimula ou encobre a verdadeira cultura corporativa. Invariavelmente, ao entrar em uma fábrica, um enorme outdoor anuncia que a empresa implementa medidas de segurança de "nível internacional". Essa placa apresenta palavras da moda, como ISO, sustentabilidade, ecológico, aquecimento global, entre outras. Porém, quando você passa pelo outdoor, a realidade se revela: geralmente, o que era segurança "de nível internacional" rapidamente passa a ser "a pior do mercado".

Quando o foco é a produção a qualquer custo, não surpreende que os trabalhadores corram riscos para manter os transportadores funcionando. Slogans de segurança e mensagens ecológicas se tornam um disfarce, que encobre o que realmente está acontecendo. E a percepção dos trabalhadores também é a mesma: a produção é mais importante do que a segurança.

Evidentemente, o motivo que leva uma empresa a operar minas e fábricas de processamento é a produção. Portanto, para combater a hipocrisia, as empresas deveriam admitir que a produção é o foco. Eu afirmo que a meta deveria ser seguir o conceito de **Production Done Safely™ (Produção com segurança)**.

Causa: as aquisições "pelo menor preço"

A cultura da má administração começa na sala de reuniões do conselho administrativo, onde as decisões sobre as despesas de capital são baseadas em estudos de viabilidade que consideram apenas as receitas diretas, de acordo com os princípios contábeis convencionais. O "valor agregado" dos aprimoramentos nas áreas de segurança e saúde nunca é considerado durante a fase de viabilidade, nem em nenhuma outra fase do processo de aquisição.

Historicamente, as decisões de aquisição são, quase que universalmente, baseadas no processo de compra "pelo menor preço". Porém, na tentativa de atender às restrições artificiais de verbas, importantes especificações dos equipamentos são comprometidas e detalhes do projeto são descartados, sem nunca serem devidamente orçados. A abordagem dos detalhes passa a fazer parte dos custos operacionais (e, geralmente, parte das despesas de manutenção) e, assim, eles nunca são devidamente analisados na fase de concepção ou construção.

Os processos relativos à especificação e ao projeto para a redução de riscos não recebem atenção suficiente. A aquisição pelo menor preço impede que as empresas de engenharia incluam os custos de enviar os engenheiros a campo, para que eles vejam os resultados de seus projetos e reúnam a experiência necessária para aprimorar continuamente os projetos e a segurança.

O custo de uma "aquisição barata" pode ser muito alto. Um sistema adquirido pelo menor preço geralmente não consegue fornecer a capacidade de produção necessária. Em vez disso, o foco deveria ser o custo mais baixo ao longo da vida útil do projeto. Projetos executados pelo menor preço muitas vezes acabam sendo os mais caros, pois modificações posteriores, resultantes de problemas detectados durante os períodos de teste e inicialização, podem apresentar custos consideráveis.

O resultado, na minha opinião, é este: o processo de aquisição "pelo menor preço" mata pessoas.

Causa: **Projetos excessivamente complexos**

A complexidade não melhora a segurança obrigatoriamente. Projetos simples geralmente são os mais difíceis de executar. O tempo adicional dedicado a simplificar a operação e a manutenção dos componentes que afetam diretamente a produção e a limpeza do transportador tem um excelente retorno. Infelizmente, é praticamente impossível incorporar os mesmos benefícios aos projetos executados pelo menor preço, devido à interseção entre a percepção do cliente de um "custo muito elevado" e a necessidade do fornecedor de "ganhar a licitação".

Causa: **Inúmeras regras**

Em uma visita recente a uma pedreira, observei que o guia de segurança do visitante tinha 14 páginas. Eu fui até lá apenas para realizar um treinamento, não pretendia operar ou trabalhar com nenhum equipamento.

Nos seminários avançados que ofereço, eu geralmente pergunto: "Alguém poderia se levantar e repetir as regras de segurança da empresa onde trabalha"? Nenhum participante nunca foi capaz de recitar as regras de sua empresa. Quais são as chances de o trabalhador lembrar, entre tantas regras, daquelas adequadas a um momento crítico, como uma pane do transportador? Minha estimativa é que as chances são próximas de zero.

Entretanto, outra empresa teve uma abordagem mais sensata: suas regras básicas de segurança são compostas por 12 regras gerais. As chances de um trabalhador lembrar, praticar e apoiar seus colegas, avaliando suas ações em relação a uma dúzia de diretrizes gerais de segurança, são muito maiores.

Grupos e associações do setor, organizações que definem normas e governos já publicaram milhares de páginas sobre regras de segurança. Muitas vezes, as regras de um mesmo país entram em contradição entre si ou não são aplicáveis ao setor ao qual são impostas. O esforço necessário para que os fornecedores consigam cumprir com o grande número de regras existentes é imenso; geralmente, esses esforços são invalidados pelas opiniões divergentes de diversos inspetores. A probabilidade de obedecer à complexidade de todos os regulamentos e receber aprovação nas inspeções é, na melhor das hipóteses, problemática.

Causa: **Numero reduzido de mão de obra e funcionários mal treinados**

A falta de financiamento adequado para a manutenção é uma tendência do setor de manuseio de materiais a granel. Milhões são gastos em componentes. Porém, essa despesa não contempla o orçamento da manutenção adicional necessária para que os componentes sejam mantidos em condições operacionais seguras. Geralmente, o tamanho de uma equipe de manutenção é baseado no TMEF (Tempo Médio entre Falhas) dos equipamentos mais importantes, a partir da conclusão ilógica de que os trabalhadores podem realizar a manutenção de todos os componentes secundários do sistema quando tiverem tempo "disponível".

A maioria dos equipamentos não é projetada para proporcionar uma inspeção fácil ou uma manutenção segura. Assim, durante as paradas agendadas da produção, que estão cada vez mais breves e menos frequentes devido a uma ideia equivocada de que o funcionamento "a todo vapor" aumenta a produtividade, a manutenção dos componentes secundários acaba sendo frequentemente adiada, como consequência dos conflitos do acesso, da falta de tempo ou das restrições orçamentárias. Isso reduz ainda mais a funcionalidade dos componentes, muitas vezes, até o ponto em que eles se tornam inúteis e irreparáveis.

Como os transportadores são projetados para serem resistentes, a correia pode ser arrastada sobre pilhas de sujeira acumulada ou roletes inoperantes, desde que os componentes principais continuem funcionando. Se a manutenção

e o acesso adequado aos componentes essenciais para manter um ambiente de trabalho limpo e seguro fossem facilitados, grande parte do serviço poderia ser executado *com segurança* durante o funcionamento do transportador.

Embora a maioria dos trabalhadores de manutenção sejam técnicos qualificados, eles raramente compreendem o transportador como um sistema. Transportadores são sistemas complexos: uma mudança em um dos componentes pode ter consequências indesejadas para todo o sistema. Sem uma compreensão básica sobre como os transportadores são projetados e os componentes selecionados, a manutenção se torna um exercício de encontrar o "paliativo" mais durável para tratar um sintoma, em vez de resolver a causa do problema. Em pouco tempo, o acúmulo de más escolhas no tratamento dos sintomas resultará em um sistema que não funciona da maneira ideal. O tratamento dos sintomas reduz a vida útil dos componentes; geralmente, o que é sacrificado é a vida útil da correia, o que aumenta a necessidade do uso de peças de reposição e, conseqüentemente, o trabalho de manutenção. É fácil encontrar provas desse tipo de abordagem sem sentido: basta passear pela fábrica e procurar as tags vermelhas nos equipamentos inoperantes. Há grandes chances de que as tags apresentem datas de meses ou anos atrás. Como resultado, o equipamento fica parado, esperando pela manutenção que nunca virá.

A segurança compensa

A inclusão da segurança nas análises financeiras, para justificar o tempo adicional dedicado a um projeto, e as aquisições em função dos custos do ciclo de vida, em oposição às ofertas com o menor preço, terão um retorno muito maior do que é possível imaginar. Um levantamento da literatura mostra que as empresas que realmente concentram seus esforços na segurança são mais produtivas e operam instalações mais limpas e mais seguras do que seus concorrentes. Além disso, suas ações valem mais no mercado.

Conheça os livros

A série de livros *FOUNDATIONS™* da Martin Engineering tem como objetivo fornecer à equipes de operação e manutenção soluções práticas para problemas comuns associados aos sistemas de manuseio de materiais a granel. As recomendações e métodos descritos no livro *FOUNDATIONS™ Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo do Pó e Material a Granel, Quarta Edição* tornaram-se a abordagem padrão do setor para solucionar problemas.

Entretanto, este livro representa uma mudança na direção da nossa antiga tradição e se concentra na segurança ao trabalhar com transportadores de materiais a granel. O propósito do livro *FOUNDATIONS™ Fundamentos de Segurança para se Trabalhar com Transportadores de Correia, Guia de Segurança sobre as Boas Práticas Mundiais para o Manuseio Mais Seguro de Materiais a Granel* deve ser usado em conjunto com o *FOUNDATIONS™, 4ª Edição*.

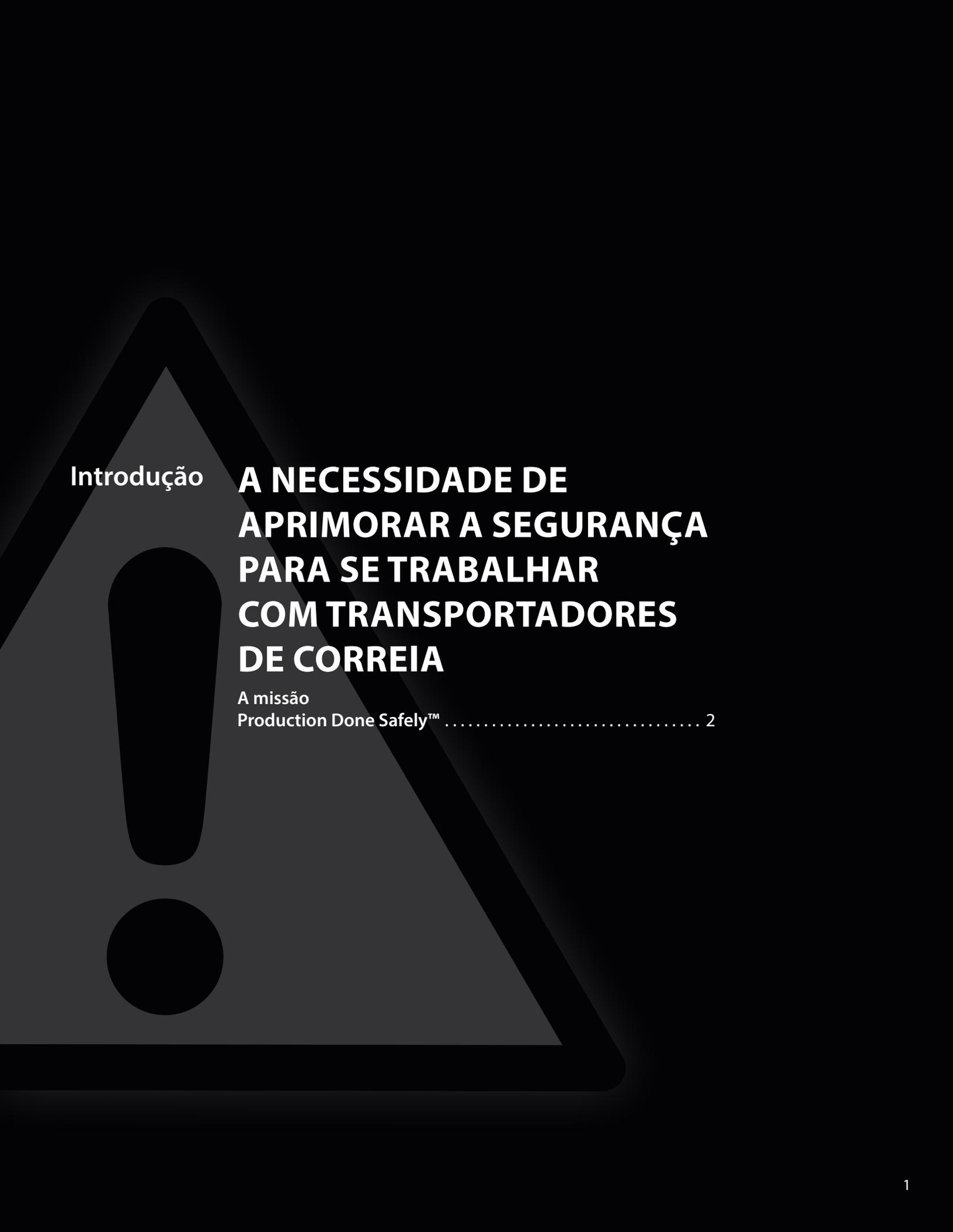
O resultado

Ao longo de todo este volume, nós defendemos que os transportadores podem e devem ser mais seguros e que existem razões econômicas válidas para isso. Organizamos este livro na esperança de que você possa aprender e, então, obter os benefícios do conceito **Production Done Safely™**. ⚠



R. Todd Swinderman





Introdução

A NECESSIDADE DE APRIMORAR A SEGURANÇA PARA SE TRABALHAR COM TRANSPORTADORES DE CORREIA

A missão
Production Done Safely™ 2



Capítulo 1 **A missão**

Production Done Safely™

INTRODUÇÃO	2
Uma perspectiva positiva da segurança	2
Segurança, definição.....	4
Cada sistema é perfeitamente projetado.....	6
Production Done Safely™	6
CONCLUSÕES	7

INTRODUÇÃO

Nesse volume, serão abordadas maneiras de aprimorar a segurança para se trabalhar com transportadores de correia. Mas antes, é preciso olhar tanto para os transportadores quanto para a segurança em linhas gerais, para observar quais são seus propósitos e objetivos, o que eles têm em comum, e como eles podem estar mais alinhados.

Uma perspectiva positiva da segurança

A segurança está passando por um momento decisivo. O foco na coleta e análise de dados negativos (comunicação de incidentes) produziu nas últimas décadas, pouco retorno do investimento, e pouca redução nas taxas de acidente. Isso é evidenciado pela permanente resistência na redução das taxas de mortalidade no trabalho. A **Figura 1.1.** mostra uma queda dramática nas taxas de morte acidental na indústria de mineração nos Estados Unidos

nas primeiras partes do século 20 até meados da década de 1970; depois disso, a taxa de acidentes se estabilizou ou estagnou. Como indica a figura, mesmo com quantidades crescentes de regulamentação e sua respectiva aplicação, não houve uma redução estatisticamente significativa na taxa de morte acidental nos últimos 40 ou 50 anos.

A tendência de "estabilização" é evidente não é apenas na indústria da mineração e outras operações de manuseio de materiais a granel; isso também pode ser visto em todas as principais indústrias. Essa estagnação em fatalidades mostra que o aumento contínuo na regulamentação não está melhorando a segurança. Essa tendência indica que os sistemas de segurança estão se tornando mais burocráticos e subjetivos sem uma correspondente melhoria na segurança. Cenários similares podem ser desenhados em outros países.

Tornou-se óbvio que essa metodologia de incremento dos requisitos e regulamentos chegou ao ponto de rendimentos decrescentes. O que tem sido feito para melhorar a segurança é importante e deve ser mantido, mas não está significativamente melhorando a segurança dos trabalhadores.

Além disso, o foco nos dados "negativos", isto é, o número e o tipo de incidentes como indicador da probabilidade e da gravidade de futuros acidentes, é problemático. Há muitos fatores nesses dados que embaçam o cenário.

A tendência de responsabilizar a imprudência do trabalhador por acidentes e ferimentos está entre as principais razões pelas quais o foco em dados negativos é ineficaz. Isso mascara as causas subjacentes e, por isso, inibe a tomada de ações corretivas significativas. Ignorar as causas e apenas tratar os sintomas alimenta a ampliação de regras e regulamentos, que são fáceis de implementar, porém, ineficazes. É mais fácil fazer uma regra que resolva um sintoma do que mudar uma cultura para resolver um problema. Outro fator é a percepção de baixa probabilidade de um acidente, o que alimenta a crença comum de que "isso não vai acontecer comigo". Além disso, há diferenças significativas na forma como os países relatam ou não os dados de acidentes, o que dificulta as comparações a nível mundial sem o uso de estimativas independentes.

Com os poucos dados negativos usados para prever problemas futuros e a deturpação de dados pela análise incorreta de causas, é pouco

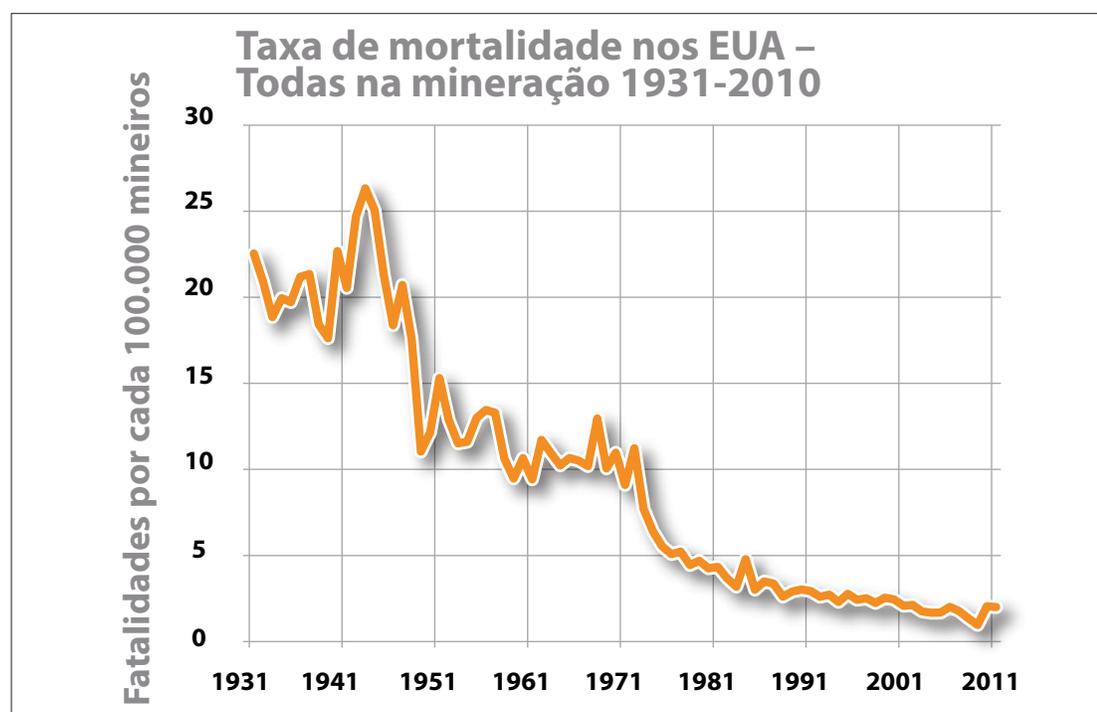


Figura 1.1

Depois de declinar dramaticamente até meados da década de 1970, as taxas de mortalidade na mineração nos Estados Unidos se estagnaram. (Dados da agência de Administração de Segurança e Saúde em Mineração do Departamento do Trabalho dos EUA.)

provável que esses métodos de prevenção possibilitem qualquer redução significativa no número de acidentes industriais.

Existem muitos estudos individuais que mostram que o foco na segurança melhora a produção e a rentabilidade. Mas ainda precisamos "compreender as conexões" representadas por esses estudos a fim de que o tema da segurança para se trabalhar com transportadores passe de simples percepções e experiências individuais para o reino do conhecimento de fatos comprovados que possam ser usados para aumentar a ordem de grandeza na escala da segurança.

O propósito deste livro é fazer essas conexões para que a utilização de dados negativos seja substituída pela de dados positivos, transformando em uma atividade mais segura o manuseio de materiais a granel por transportadores de correia. Dessa maneira, vidas podem ser salvas e o ambiente, mais bem gerido, melhorando a produtividade e a rentabilidade.

Ao "compreender as conexões" entre os custos indiretos, antes considerados inquantificáveis,

e a realidade, agora é possível calcular o **Return On Conveyor Safety™ (R.O.C.S.™**, Retorno do investimento na segurança para se trabalhar com transportadores). Isso permitirá difundir uma cultura de segurança e melhorar as atividades de manutenção para aprimorar significativamente a segurança dos transportadores.

Segurança, definição

Segurança, conforme usada neste livro, é o processo contínuo de mitigação do risco de ferimentos pessoais, e as consequentes perdas materiais e econômicas, por meio de uma variedade de estratégias de gestão, engenharia e sensibilização.

A segurança é um substantivo comum com vários significados, tais como estar livre de danos ou perigo, estar seguro, não ser perigoso ou nocivo, ou mesmo um dispositivo projetado para evitar ferimentos, danos à propriedade, ou limitação do funcionamento de uma máquina. Seguro é um adjetivo usado para descrever as coisas protegidas ou não expostas ao perigo ou risco, ou não sujeitas a serem danificadas ou perdidas.

"Segurança ou Produção em primeiro lugar"?

É comum entrar em uma instalação e ver um slogan atrativo, como "Segurança em primeiro lugar" ou "Sem acidentes", estampado em um cartaz ou banner perto da entrada. À primeira vista, parecem nobres declarações, mas muitas vezes a mensagem desaparece rapidamente na desordem, ruído e confusão da instalação e das ações da gerência.

O problema é este: A segurança não é realmente colocada em primeiro lugar.

Qualquer empresa está sempre mais preocupada - e assim deve ser - em ganhar dinheiro mediante a produção de um produto ou serviço comercializável. Em outras palavras, a produção economicamente viável é a prioridade; esse objetivo está necessariamente em primeiro lugar. Isso é verdade para todas as indústrias e todas as ocupações, desde entregar jornais até fabricar carros, desde administrar uma padaria até gerir a maior fábrica de cimentos do mundo. Uma planta que não esteja preocupada principalmente com a produção, não ficará no negócio

por muito tempo. Outras plantas, outros métodos e outras forças econômicas rapidamente vão expulsá-la do mercado.

Então, se a planta está dedicada à produção, onde entra a segurança?

Existe alguém que se dedique à segurança? A resposta deve ser afirmativa: tanto os engenheiros encarregados pelo design do equipamento e do processo quanto o mesmo trabalhador que, no seu trabalho diário de igual ou talvez maior importância, faz escolhas que afetam a segurança pessoal e a dos demais. Essas decisões de segurança terão efeitos significativos sobre os resultados financeiros da operação; consequentemente, os gestores de todos os níveis na organização deverão estar preocupados com a segurança.

De forma literal, a "segurança" é um termo absoluto. Isso não é alcançável e os trabalhadores instintivamente sabem disso. Se a segurança absoluta é o objetivo final e o gestor ou colegas de trabalho não são perfeitos, as condições

Embora o termo segurança seja utilizado em termos absolutos, é preciso reconhecer que é impossível ser "100 por cento seguro, 100 por cento do tempo". Ao usar o conceito de segurança em termos absolutos, estabelecemos uma meta irreal. Isso transforma a segurança em um "recurso" observado apenas para garantir a conformidade com regras e regulamentos.

Em vez disso, a segurança é um "benefício" derivado da cultura organizacional e do bom projeto, operação e manutenção de equipamentos e sistemas, incluindo transportadores de correia.

Os regulamentos e os legisladores muitas vezes recebem os créditos da redução nos incidentes de segurança e saúde. Mas todos aqueles que trabalham em conformidade com a regulamentação sabem que os regulamentos são muitas vezes vagos e/ou estão desatualizados. A conformidade está sujeita a uma ampla variante de interpretações. Basear-se exclusivamente no cumprimento dos regulamentos para aprimorar a segurança é uma abordagem reativa e ineficiente. Se não houvesse regulamentação, certa parcela

das operações industriais não tomaria nem o mínimo de precauções de segurança; mas desde a ascensão da regulamentação de segurança e saúde ocupacional iniciada na década de 1970, o número de normas de segurança multiplicou cem vezes, enquanto a taxa de acidentes fatais permaneceu relativamente inalterada.

Há muito tempo se estabeleceu que os avisos e normas administrativas estão entre os meios menos eficazes de mitigação dos riscos e aprimoramento da segurança. Se fosse eficaz essa metodologia de "segurança alcançada por meio de normas", com regras do tipo não ponha a mão dentro da máquina ou use equipamentos de proteção, porque ainda ocorrem acidentes industriais? Certamente, ninguém foi instruído a sofrer um acidente.

Ao considerar a segurança um benefício, em vez de um recurso obtido por requisitos regulatórios ou por normativas da gerência, começamos a mudar a velha e ultrapassada crença de que os trabalhadores são a maior causa de acidentes devido a comportamentos de risco. Aplicando as atuais melhores práticas, compreendendo a natureza humana e mudando as abordagens de design e

estão dadas para o fracasso. Qualquer desvio da segurança absoluta, independentemente de quão pequeno seja, por meio de ações imprudentes, incapacidade de fazer cumprir as políticas ou ignorar os perigos pode acabar com a crença de um trabalhador no slogan ou com o compromisso da companhia.

Na realidade, a segurança é uma jornada de aprimoramento contínuo. Talvez os slogans devam refletir a natureza humana e a necessidade de fornecer os bens e serviços necessários de forma segura, proporcionando a todos uma meta cada vez mais possível e alcançável que é "Pense na segurança".

No caso de transportadores de correia, não há dúvidas sobre o que vem em primeiro lugar. O motivo pelo qual eles existem é a necessidade de manusear grandes quantidades de material a granel para fins de produção. Uma vez que a necessidade é identificada, quantificada, e as opções exploradas, a operação é então definida de forma que seja a mais eficiente e segura possível. Aqui é onde entram os transportadores. A razão pela qual os

transportadores de correia são usados é porque são, muitas vezes, o método com o menor custo por tonelada no transporte de grandes quantidades de materiais a granel e, em segundo lugar, porque eles também podem ser a forma mais segura.

Como serão abordados neste livro, os aprimoramentos na segurança de transportadores, entre outros, poderão oferecer um grande benefício para o negócio em termos de produtividade, lucro operacional e valor para os acionistas, incluindo o aumento do preço da ação. A filosofia de cada planta deve ser: "Vamos ser produtivos, mas com segurança".

Isso é o que permeia nosso lema: **Production Done Safely™ (Produção com Segurança)**.

Mesmo nesse grito de guerra, a produção vem em primeiro lugar; a segurança foi incluída, mas de forma secundária. Isso reflete a realidade econômica dos negócios – o mundo real. Isso faz dele um slogan que gestores e trabalhadores podem entender e adotar – todos saberão que representa o verdadeiro compromisso corporativo!

treinamento, podemos proativamente tirar proveito da relação bem estabelecida entre segurança, produtividade e rentabilidade.

Cada sistema é perfeitamente projetado...

"Cada sistema é perfeitamente projetado para alcançar os resultados que de fato alcança." Esta observação é comumente atribuída ao Dr. Paul Batalden, M.D. Embora o Dr. Batalden estivesse falando sobre cuidados de saúde, sua observação pode igualmente ser aplicada aos sistemas transportadores, ou mesmo aos sistemas de segurança.

Os designs convencionais de transportadores de correia foram perfeitamente projetados para produzir o que agora produzem – material fugitivo, componentes de curta vida útil, trabalho de limpeza, ferimentos e acidentes, desalinhamento, resíduos e altos custos de manutenção.

A maioria dos sistemas, mesmo os transportadores de correia, é de tal complexidade que a lei de consequências não intencionais passa a vigorar. A complexidade não necessariamente aprimora a segurança ou a produtividade. Não é possível antecipar cada interação entre as pessoas e as máquinas. Ao dismantelar uma organização inteira para reestruturá-la, é igualmente possível criar novas disfunções quanto corrigir os problemas antigos.

No livro *Five Hidden Mistakes CEOs Make*, o consultor em liderança Tom Northup acrescenta a seguinte observação:

Todas as organizações são perfeitamente projetadas para alcançar os resultados que agora estão obtendo. Se nós desejamos resultados diferentes, é preciso mudar a forma como fazemos as coisas.

Ele prossegue:

Agora, sua empresa obtém justamente os resultados que foram projetados, sejam eles bons ou ruins. Se a sua visão do futuro for diferente de sua situação atual,

se você quiser obter melhores resultados, então você deverá mudar a maneira com que faz as coisas. Se não o fizer, como pode esperar resultados diferentes dos que você vem obtendo?

Production Done Safely™

O trabalho, especialmente o trabalho em operações industriais de manuseio de materiais a granel, apresenta riscos. A tarefa dos trabalhadores é o de gerir, reduzir e eliminar esses riscos. Mesmo uma cultura que prega a "Segurança em primeiro lugar", que faz votos de que os trabalhadores são o recurso mais importante, sabe que, na hora da verdade, a planta deve se dedicar à produção.

Mas o desafio de engenheiros, trabalhadores e seus gerentes é fazer valer o conceito **Production Done Safely™** (Produção com Segurança).

Há evidências claras, porém ainda não consolidadas, de que as empresas que prezam pela segurança têm maior produtividade e rentabilidade do que aquelas que se concentram no menor custo possível de produção em detrimento à segurança. Este volume promove e demonstra o valor existente quando as operações de transportadores de correia no manuseio de materiais a granel são feitas de forma mais limpa, mais segura e mais produtiva, fazendo valer o conceito **Production Done Safely™**. Além disso, este livro apresenta métodos e melhores práticas para alcançar esses fins.

Production Done Safely™ é o objetivo racional para a permanência de operações que permitam rentabilidade continuada da empresa, para a manutenção dos salários dos trabalhadores com benefícios para a toda a comunidade e para a manutenção da saúde e bem-estar dos trabalhadores.

O caminho do sucesso é o conceito **Production Done Safely™ (Produção com Segurança)**.

CONCLUSÕES

Transportadores e segurança para se trabalhar com transportadores de correia

Então, como o lema ou visão **Production Done Safely™** (Produção com Segurança) se encaixa em um livro sobre transportadores e segurança no trabalho com transportadores de correia? A resposta é: Como a produção está em primeiro lugar, a planta deve estar comprometida em fazer com que seus transportadores disponham do maior nível de segurança possível.

A razão pela qual os sistemas de transportadores de correia são construídos e operados é entregar a quantidade necessária de material a granel em um determinado processo. Em muitos casos, um transportador de correia é usado como alternativa ou para substituir outra forma de transporte. O uso de transportadores normalmente não aprimora a segurança. Mas o investimento em um transportador de correia provavelmente nunca seria justificado se ele não cumprisse a promessa de um menor custo por tonelada.

Por tanto, é óbvio que a verdadeira justificativa para a utilização de transportadores é a produção; ou seja, a produção é feita de forma mais rentável e mais eficiente.

Então, como é que os trabalhadores e engenheiros de equipamentos fazem com que as coisas se tornem mais seguras? Eles o fazem evitando o risco no projeto, dificultando ao máximo que algo arriscado ou perigoso possa ser realizado.

A razão pela qual a Martin Engineering escreveu este livro é mostrar como os transportadores de correia podem ser operados, conservados, construídos e projetados de forma a eliminar ou controlar os riscos. Isso é feito ao evidenciar áreas de perigo e atitudes de risco, oferecendo sugestões de design e justificativa de custo. Isso fará com que a atividade de produção seja mais segura para todos aqueles que trabalham com transportadores de correia ou em suas proximidades.

Para transportadores de correia, a contínua missão deste livro é o conceito **Production Done Safely™**. ⚠

A large, semi-transparent warning sign graphic is positioned in the background. It features a thick black border forming a triangle, with a large black exclamation mark in the center. The sign is set against a solid red background.

Seção 1

PERIGOS E ÁREAS DE RISCO

INTRODUÇÃO:

Os perigos dos transportadores de correia 8

Capítulo 2

Zonas de risco dos transportadores de correia 12

Capítulo 3

Práticas inseguras ao trabalhar com transportadores 26



Seção 1

INTRODUÇÃO

Os perigos dos transportadores de correia

Um transportador de correia é uma esteira grande, altamente tensionada e enrolada em um labirinto de peças e pontos de esmagamento em movimento. Através dessa estrutura, a correia se move em velocidade, transportando grandes volumes de carga a granel de diversas naturezas, como material pegajoso, abrasivo, empoeirado ou corrosivo. O transportador é exposto a ambientes industriais hostis e condições climáticas aleatórias. Após a instalação, o transportador normalmente recebe pouca manutenção e escassa atenção. Todas essas circunstâncias se combinam para criar vários perigos que podem causar ferimentos ou até a morte de trabalhadores não treinados ou desatentos.

Parece razoável pensar que todo mundo saiba que os transportadores de correia são perigosos. Particularmente as pessoas que trabalham com transportadores devem saber como eles são perigosos. Mas, apesar desse conhecimento, muitos trabalhadores ainda são mutilados e mortos pelos transportadores a cada ano.

Para prevenir esses incidentes e para garantir a segurança do trabalhador, os gerentes de planta e agências regulatórias já usaram sinalização, resoluções e procedimentos de segurança. A sinalização indica aos trabalhadores os pontos de risco e práticas inseguras. As resoluções geralmente indicam áreas a serem evitadas e/ou proíbem a realização de tarefas inseguras. As práticas de segurança no trabalho mostram como os trabalhadores devem realizar suas tarefas. Juntas, essas precauções parecem ser métodos eficientes de proteção aos trabalhadores.

Mas no mundo real

A realidade nos diz algo diferente. Os riscos apresentados pelos transportadores de correia são evidenciados pelas estatísticas de acidentes industriais em todo o mundo.

No intervalo de dez anos, entre 2002 e 2012, houve 91 fatalidades relacionadas a transportadores de correia nos Estados

Unidos. A Martin estima que 28 dessas fatalidades, aproximadamente 30%, foram relatadas na mineração pela agência Mine Safety and Health Administration (MSHA, Administração de Segurança e Saúde em Mineração); as outras 63 foram registradas em distintas indústrias pela agência Safety and Health Administration Ocupacional (OSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional). Além disso, a OSHA relatou 378 ferimentos relacionados a transportadores de correia no mesmo período.

No resto do mundo, os tipos e os números de incidentes são similares. As estatísticas de algumas regiões são menos precisas e frequentes, dado que os requisitos locais de comunicação e classificação não estão bem definidos. Por isso, os incidentes não são bem rastreados, o que dificulta a pesquisa. Mas as evidências indicam que há problemas significativos em matéria de segurança para aqueles que trabalham com transportadores de correia em todo o mundo.

Esses números mostram que as medidas de segurança para transportadores, como sinalização, resoluções e práticas de segurança no trabalho, não são suficientes para proteger os trabalhadores. Essas informações permitem supor que esteja acontecendo uma de duas coisas: ou as medidas de segurança prescritas não são suficientemente enfáticas, ou os funcionários não as respeitam.

A maneira como o mundo funciona

Quando acontece um acidente no local de trabalho, a atmosfera e as atitudes são compreensivelmente alteradas, pelo menos, momentaneamente.

Em seguida, há uma elevação do nível de sensibilização quanto à segurança em toda a instalação. Aparecem nova sinalização, lembretes, cartas e anúncios. Podem surgir novas precauções e novos equipamentos instalados. Dependendo da gravidade do incidente, é possível que os procedimentos

padrão sejam alterados. Logo depois do incidente, há coros de "Nunca mais" ou "Não no meu turno".

Dependendo da capacidade que a empresa tiver de manter essa postura, o nível de precaução dos trabalhadores poderá permanecer alto por um tempo considerável.

Até o próximo acidente

Um novo acidente monopoliza a atenção dos trabalhadores e da gerência. Um novo conjunto de sinalização e comunicações será apresentado, e novos procedimentos serão implementados. Toda a empresa volta sua atenção para o novo incidente.

Existe uma probabilidade considerável do novo incidente fazer com que todos se esqueçam do 'Velho' incidente. Enquanto o procedimento para o primeiro acidente pode ser eficaz, um trabalhador pode esquecê-lo porque ele está fora de mente, ou está escondido em pilhas de papéis sobre o "novo" acidente. Quando a parede está coberta com sinais de segurança, começa a se parecer com parede depois de um tempo. Isto é, como o que era uma solução eficaz, pode se tornar ineficaz após o tempo.

Se até as melhores precauções de segurança podem falhar com o tempo, imagine com que velocidade ficará obsoleta uma solução insuficientemente planejada e implementada.

Causas de acidentes

Muitos ferimentos resultam de uma escolha individual com base em vários critérios que entram em conflito. Ninguém se dirige ao trabalho pensando que sofrerá um acidente, mas mesmo assim ocorrem ferimentos.

Quando um trabalhador entra em uma área insegura ou age de forma arriscada, três coisas passam pelo seu subconsciente. O trabalhador tem a compreensão de como o mundo funciona, está focado na conclusão de uma tarefa e tem a expectativa de que obterá um resultado seguro com base em

experiências passadas. Subconscientemente, os trabalhadores estão submetidos a um conflito de prioridades entre produção e procedimentos de segurança. Os seres humanos estão tão predispostos a querer agradar ao chefe que, apesar do discurso de segurança acima de tudo, a prática real é a produção a qualquer custo.

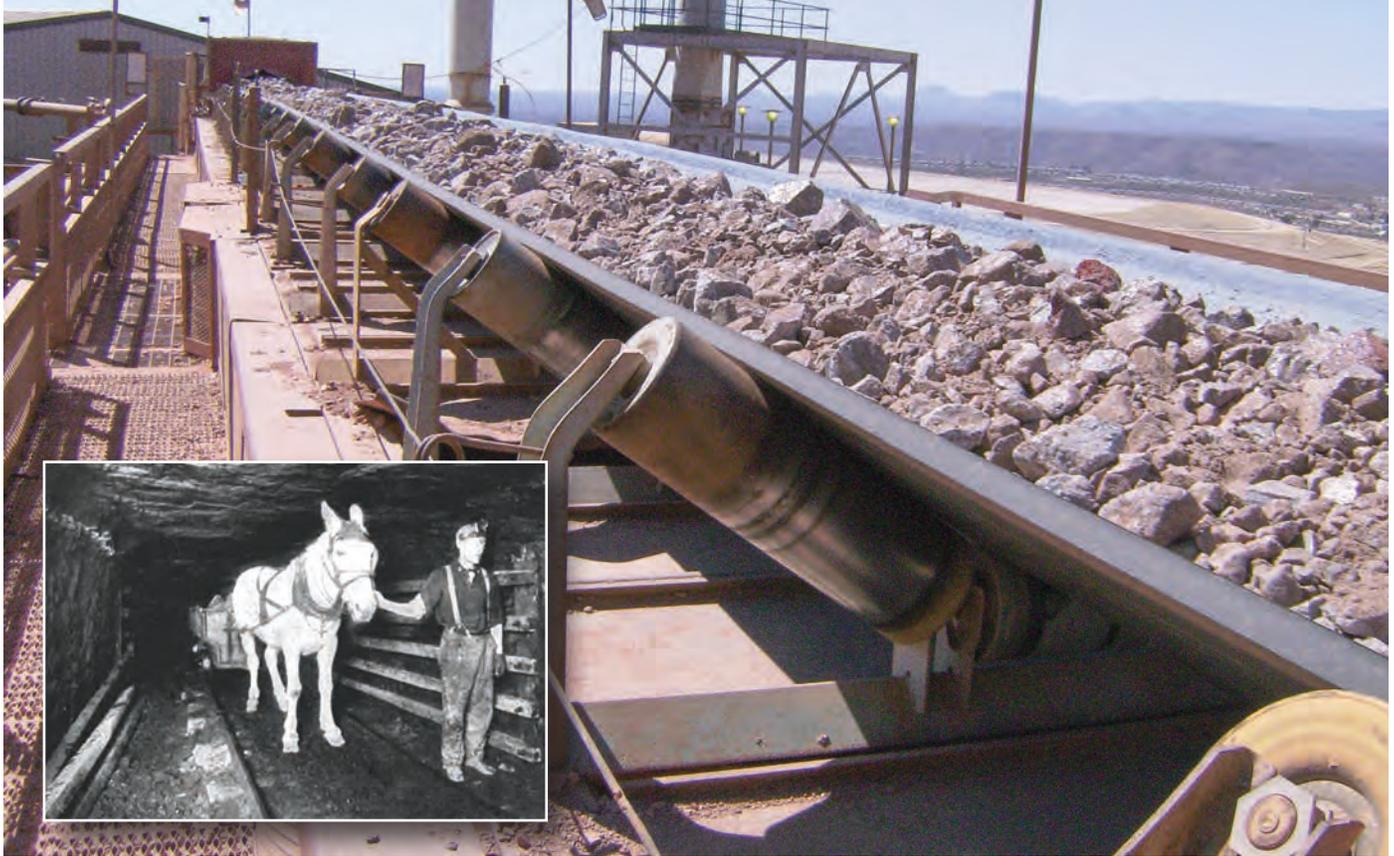
Essa compreensão sobre "como as coisas funcionam" é o conhecimento que o trabalhador oferece na situação. Isso inclui os fundamentos da física (gravidade, velocidade, outras funções mecânicas) e os riscos que determinados equipamentos representam para a segurança nas instalações. Esse é o motivo pelo qual as tarefas de treinamento e segurança são realizadas. Essas sessões de treinamento representam uma tentativa de informar o trabalhador sobre as áreas de risco e práticas inseguras associadas a uma tarefa.

Observação sobre as fontes de acidentes com transportadores

A seguinte seção é um resumo das zonas de risco e práticas inseguras mais comuns especificamente associadas a correias transportadoras. Ela faz uso das estatísticas de segurança, das normas e regulamentos da indústria, assim como da vasta experiência do pessoal da Martin Engineering que trabalha com transportadores de correia todos os dias no mundo inteiro.

Esses capítulos também abordam as áreas inseguras de um transportador e as práticas inseguras que os trabalhadores podem chegar a adotar nas proximidades de um transportador. Se os trabalhadores tiverem uma melhor compreensão de como o mundo funciona, eles estarão mais conscientizados sobre as práticas inseguras e as zonas de perigo dos transportadores. Conhecer os perigos permitirá que os trabalhadores evitem os riscos dos transportadores de correia para que possam então ir para casa em segurança todos os dias.





Capítulo 2 **Zonas de risco dos transportadores de correia**

INTRODUÇÃO 12

As zonas de risco 13

CONCLUSÕES..... 27

INTRODUÇÃO

Causas de ferimentos

Os sistemas de transportadores de correia sempre foram os burros de carga da indústria de manuseio de materiais a granel desde 1795. Como burros de carga, eles realizam uma quantidade incrível de trabalho. Sua principal função é transportar grandes quantidades de materiais a granel de um lugar para outro.

Assim como os animais domesticados, os sistemas de correias transportadoras não foram concebidos para ferir os trabalhadores. Mas como são dispositivos poderosos, os transportadores poderão matar ou mutilar os trabalhadores se não lhes for dado o devido respeito.

Um trabalhador deve tratar com respeito tanto um cavalo quanto um transportador por causa da possibilidade de liberação de energia em um trabalhador. Mesmo um transportador curto e simples movido somente por um motor de um único cavalo de potência apresenta

perigos para os trabalhadores. Dado que o típico transportador de material a granel é movido por um motor de múltiplos cavalos de potência, o perigo a que os trabalhadores estão expostos é significativamente aumentado.

Nos próximos dois capítulos, serão abordados alguns dos perigos específicos dos transportadores de correia. Primeiro, será analisado como um transportador pode ser perigoso. O capítulo seguinte examinará algumas práticas de trabalho inseguras que podem colocar um trabalhador em perigo. O capítulo posterior apresentará uma série de práticas seguras que ajudam a manter a segurança do trabalhador nas proximidades de transportadores.

As zonas de risco

O próprio sistema transportador

Um sistema transportador normalmente é um equipamento enorme, complexo e potente. (**Figura 2.1.**) Normalmente, um transportador é uma correia de borracha posicionada sobre roletes que gira em torno de cilindros de aço gigantescos colocados em cada extremidade, à medida que é acionada por um motor potente. Como tal, ela apresenta tantas zonas de perigo que todo o sistema transportador deve ser considerado um perigo.

Dado que o transportador movimenta materiais ao longo de distâncias pré-definidas, em variados terrenos e inclinações, a quantidade de potência requerida no sistema varia de acordo com a aplicação. Um transportador simples com movimentação de 100 toneladas métricas por hora [≈ 110 tph], em um trajeto de 30 metros [≈ 100 pés], sobre um terreno plano, consome 4 quilowatts [≈ 5 Hp] de potência. Maior tamanho, força e potência demandam que os transportadores deixem de ser unidades relativamente pequenas, curtas e de baixa potência. Um transportador maior com movimentação de 1.000 toneladas métricas por hora em um trajeto de 1,6 quilometro [≈ 1.100 tph em ≈ 1 milha] precisará de um sistema de

acionamento com um motor na ordem de uns 375 quilowatts [≈ 500 Hp] de potência. Enquanto os detalhes de quanta energia está no sistema variam de transportador para transportador, a quantidade de energia seguirá sendo enorme e possivelmente mortal. Ele tem força para elevar e transportar toneladas de materiais de carga; pode facilmente esmagar um ser humano.

A maioria dos transportadores é projetada de forma a permitir que seja iniciada remotamente. Muitos transportadores têm design com sistemas complexos de segurança e controle como parte integral do processo. A complexidade não garante necessariamente a segurança. O sistema pode ser ativado a qualquer momento com o simples pressionar de um botão; esse recurso pode pegar um trabalhador desprevenido e causar ferimentos graves ou até matar.

A carga

O material em um transportador pode ser tão perigoso quanto o sistema da correia transportadora. (**Figura 2.2.**) Em alguns casos, o material pode ser inflamável, radioativo, cancerígeno, explosivo, tóxico ou estar extremamente quente.



Figura 2.1.

Um sistema transportador de correia é um equipamento enorme, complexo e potente.



Figura 2.2.

Os transportadores de correia movem materiais a granel em volumes relativamente grandes e em altas velocidades.

Os riscos a que um trabalhador está exposto podem não ser consistentes em toda a instalação. Por exemplo, um dos transportadores de uma fábrica de cimento pode carregar material seguro, enquanto que outro, em uma parte diferente do processo, pode apresentar elevada concentração de sílica.

O trabalhador pode se ferir com o impacto de um pedaço do material transportado ou com o peso de grandes quantidades de material derramadas ou descarregadas pela correia.

Todas as normas demandam proteções contra queda de materiais a granel, mas, em geral, essa proteção é raramente vista, exceto em caminhos e passagens bem movimentadas.

Além dos perigos potenciais dos materiais em si, o trabalhador pode ser engolido pelo fluxo de material. O trabalhador também pode ficar preso entre o fluxo de material e um objeto fixado. Dentre as fatalidades registradas entre 1995 e 2011 pela agência Mine Safety and Health Administration

Pontos de Interesse: Esmagamento, pressão e cisalhamento

Um dos riscos existentes em transportadores é normalmente descrito como pontos de esmagamento. O ponto de esmagamento é mais bem um nome genérico para uma variedade de riscos, incluindo também os chamados pontos de pressão e de cisalhamento. As definições e distinções podem variar; em muitos casos, os nomes são intercambiáveis.

Um ponto de esmagamento se produz quando dois objetos se unem sempre que exista a possibilidade de que uma pessoa possa ficar presa ou ferida ao entrar em contacto com a área. No seu resumo de dados e estatísticas, a agência Michigan Occupational Safety and Health Administration (MIOSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional de Michigan) define um ponto de esmagamento como

...qualquer ponto em que uma pessoa ou parte do corpo de uma pessoa possa ficar presa, ou seja, entre peças mecânicas em movimento, entre as partes móveis e estacionárias de uma máquina ou entre o material e qualquer peça da máquina.

Um ponto de esmagamento pode ser criado pelo movimento de rotação, movimento alternativo, movimento transversal (ou seja, o movimento em uma linha reta e contínua) ou por ações que envolvam corte (incluindo movimento de rotação, alternativo ou transversal) perfuração, cisalhamento ou flexão.

Pontos de esmagamento normalmente impactam os dedos e mãos, mas também podem afetar qualquer área do corpo. O ferimento resultante de um ponto de esmagamento pode ser leve, como uma bolha, ou ser muito grave, como uma amputação ou morte.

É um desafio averiguar se há diferenças nas definições entre pontos de esmagamento, pressão e cisalhamento. Para os nossos propósitos, as seguintes definições são apresentadas:

- **Ponto de esmagamento** – qualquer local onde uma pessoa ou parte do corpo de uma pessoa possa ficar presa entre duas ou mais peças mecânicas em movimento, ou entre o material a granel e uma peça em movimento.
- **Ponto de cisalhamento** – momento em que as bordas de duas peças da máquina se cruzam ou se acercam uma da outra para cortar materiais relativamente macios. Em um típico ponto de cisalhamento, uma peça se move enquanto a outra peça está parada ou em movimento.
- **Ponto de pressão** – área de risco em que um elemento do mecanismo do transportador, em movimento horizontal ou giratório, vai de encontro a outro elemento que também está em movimento horizontal ou giratório, de tal forma que termine por cortar, esmagar, apertar ou prender qualquer objeto que entre em contacto com um dos dois elementos.

Pontos de pressão de entrada

O tipo de risco mais comum e significativamente perigoso em um transportador é o "ponto de pressão de entrada". Ele ocorre quando o movimento do maquinário segura e/ou puxa as extremidades de pessoas ou objetos que venham a entrar em contacto com os componentes.

Os pontos de pressão estão presentes em materiais que, como uma correia transportadora, entram, por exemplo, em uma abertura que se estreita gradualmente e são fortes o suficiente para puxar partes do corpo, como dedos, mãos, braços e cabelos. Os pontos de pressão de entrada encontrados em transportadores geralmente envolvem uma correia em movimento e um componente giratório, tal como um rolo tensor ou uma roldana.

(MSHA, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) dos Estados Unidos, a Martin estima que cinco por cento delas foram causadas pela imersão no material.

A correia

Uma correia transportadora típica se move a uma velocidade relativamente constante, geralmente entre 0,5 e 10 metros por segundo [de ≈ 100 a 1.968 pés/minuto]. (**Figura 2.3.**) Um velocista olímpico tem um tempo

Figura 2.3.

Os transportadores de correia fazem com que muitos processos industriais sejam possíveis.



A publicação *Safeguarding Equipment and Protecting Employees from Amputations*, disponibilizado pela agência Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) dos Estados Unidos, faz a seguinte observação:

Os pontos de pressão de entrada, também conhecidos como "pontos de esmagamento", ocorrem quando duas peças se movem juntas e ao menos uma delas faz um movimento circular ou giratório. Os pontos de pressão de entrada ocorrem sempre que as peças da máquina se movem umas entre as outras ou quando uma peça passa por um objeto estacionário.

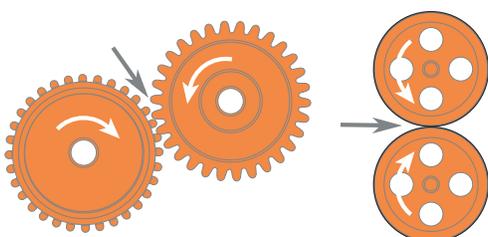
Os riscos referentes a pontos de pressão de entrada são frequentemente causados pela rotação e translado das peças no transportador. Essas peças podem roçar ou estar muito próximas. A regulamentação de muitos países considera uma separação de 50 milímetros [≈ 2 pol.] ou mais uma circunstância atenuante, sempre que tecnicamente não represente ponto de pressão e, por tanto, não precise de proteção. Essa é muitas vezes a lógica aplicada na parte de vedação da zona de carga, quando as extremidades de aço do chute estão a 50 milímetros [≈ 2 pol.] ou mais acima da correia e, por conseguinte, não precisa de proteção. Uma conclusão semelhante é aplicada na seção da correia em que, se a correia puder ser levantada a 50 milímetros [≈ 2 pol.] ou mais, a interação entre a correia e os rolos laterais do rolete não serão, tecnicamente, um ponto de pressão. Usar essa

definição é perigoso e isso deve ser descontinuado, dado que apenas as correias mais leves podem ser levantadas para liberar uma pessoa ou objeto preso. Alguém com o membro do corpo preso em uma abertura provavelmente não poderá ser retirado até que o transportador pare.

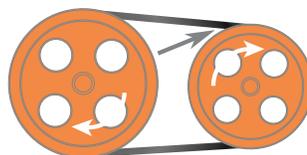
Lugares como roletes de retorno e polias de todos os tipos em contato com correias criam pontos de pressão de entrada, os quais podem prender ou puxar partes do corpo e, por tanto, esmagar, cortar ou mutilar pessoas. Por isso, eles devem estar protegidos para prevenir qualquer membro de um trabalhador entre na zona de perigo. Se os componentes girarem ou tiverem o potencial para girar em ambos os sentidos, haverá dois pontos de pressão de entrada em ambos os lados. Por isso, eles devem ser protegidos para evitar a aproximação de qualquer direção.

Ponto final: um esmagamento, tenha ele o nome que for...

Não importa se são chamados de pontos de esmagamento, pressão ou cisalhamento; todos eles representam riscos. O sistema deve ter um design capaz de eliminá-los, sempre que possível e, onde não for possível, eles deverão ser protegidos de forma eficaz. Além disso, os trabalhadores devem ser treinados para evitar as zonas de perigo criadas por esses pontos, além de informar imediatamente aos supervisores a existência de pontos de pressão desprotegidos ou outras condições inseguras.



Pontos de compressão típicos em peças giratórias



Pontos de compressão entre elementos e peças em movimento longitudinal

de reação de 0,18 segundos, quase um quinto de segundo, quando se encontra na largada totalmente concentrado na corrida. Se esse velocista ficar preso em uma correia transportadora que se move a 1,5 metro por segundo [≈ 300 pés/minuto], ele será arrastado por 0,27 metro [$\approx 10,6$ pol.], o comprimento de uma régua, antes de sequer perceber o que está acontecendo. Pesquisas mostram que quando estamos distraídos, os tempos de reação podem aumentar duas ou três vezes. Alguns sites de segurança estabelecem que o tempo de reação de alguém que trabalha com transportadores é superior a 1 segundo. Além disso, a reação humana natural ao segurar uma ferramenta é apertar o punho e tentar recuperar a ferramenta, iniciando o processo de reação uma vez mais.

No mínimo, um trabalhador, mesmo que tenha um tempo de reação excelente e seja totalmente consciente sobre o risco que representa um transportador, pode inadvertidamente ficar preso no ponto de pressão entre a correia e o rolete de carga e não ser capaz de reagir com rapidez suficiente para evitar ser arrastado.

Um trabalhador "normal", que obviamente não é um atleta de alto rendimento, exigiria um tempo de reação ainda maior. Para simplificar, imagine que o tempo de reação seja duas vezes superior, sendo o trabalhador arrastado duas vezes mais longe. O trabalhador poderia ainda atingir vários outros componentes, ou ser puxado ainda mais longe e mais forte contra o primeiro deles.

Figura 2.4.

O sistema de transmissão é composto por alguns dos componentes giratórios vistos em um transportador de correia.



Algumas normas estabelecem que, se a correia for leve e houver pelo menos 50 milímetros [≈ 2 pol.] de espaço livre acima da correia, o ponto de esmagamento criado pela correia e o rolete não representará perigo e não necessitará de proteção.

Além do risco de arrastar trabalhadores, as correias transportadoras se comportam como moedores gigantes. As correias transportadoras podem chegar a cortar estruturas de aço. O corpo humano é bem mais brando que o aço, portanto a correia pode decepar membros rapidamente.

Uma correia rasgada também pode representar risco ao trabalhador. Se a correia em movimento tiver uma ponta, cabo ou saliência, esse objeto estará na mesma velocidade que a correia. Isso permite que um objeto se movimente pela correia, mas ele fica fora da área de controle que a correia normalmente percorre. Se um trabalhador for atingido, ele poderá se ferir ou até morrer.

Uma correia transportadora que se movimenta fora do percurso pretendido é considerada uma correia desalinhada. Se a correia estiver desalinhada, ela deixará de estar onde deve e passará a percorrer uma trajetória não esperada pelo trabalhador. Qualquer componente grande que esteja operando onde não deve estar representa um risco.

À medida que a correia transportadora se move, existe o risco de que a correia receba carga elétrica do ambiente. Se um trabalhador entrar em contato com essa carga de eletricidade, a eletricidade estática acumulada descarregará no trabalhador. Em circunstâncias normais, esse choque será inofensivo. Rolar por um tapete pode gerar de 10 a 25 milijoules (mJ), que representa apenas um ou dois por cento de que seria um choque letal. Normalmente requer pelo menos 1 mJ para gerar um choque que alguém possa sentir, de 10 a 30 mJ para que a pessoa reclame e 1.350 mJ para matá-la. Acidentes fatais com eletricidade estática são muito raros, mas o "susto" causado pelo choque estático

pode fazer com que um trabalhador perca o equilíbrio, caia ou coloque os demais em perigo. Isso pode ser tão perigoso quanto uma linha aberta de tensão.

Energia armazenada

Quando uma correia transportadora está em movimento, normalmente haverá mais tensão no lado de carregamento. Se o transportador estiver simplesmente parado e sem energia, essa tensão permanecerá na correia na forma de energia armazenada na correia esticada. Um sistema sob tensão sempre tentará se aproximar do equilíbrio; ou seja, ele vai tentar liberar essa energia.

Se as engrenagens da caixa de engrenagens desmontarem, ou se a tensão entre a polia e a correia for insuficiente, a correia poderá liberar toda a tensão com o transportador desligado e travado. Essa liberação geralmente ocorre na forma de deslizamento da polia. Isso ocorre quando a correia se libera da polia de cabeça para equalizar a tensão. A correia moverá repentinamente. A distância que a correia moverá será proporcional à quantidade de tensão armazenada e ao módulo da correia. Se um trabalhador estiver na correia, ou suficientemente perto dela, ele poderá ser arrastado durante essa súbita liberação de energia, o que pode causar ferimentos ou até morte. Dentre as mortes registradas pela MSHA entre 1995 e 2011, a Martin estima que dois por cento tenham sido causados pela energia armazenada.

Componentes giratórios

A maioria das peças em movimento de um sistema de correia transportadora são componentes giratórios. (Figura 2.4.) Essas peças são os roletes, eixos de acionamento, polias e sensores de velocidade. Itens que giram em alta velocidade apresentam riscos de agarramento, bem como pontos de esmagamento perigosos. Além do perigo inerente a componentes giratórios, a presença do risco pode nem estar visível. Quando um componente gira em alta velocidade ou está sob certos efeitos estroboscópicos de

iluminação, outro componente que também se encontre girando poderá parecer estar parado. Esse efeito estroboscópico pode criar um inesperado risco de esmagamento ou pressão.

Além dos perigos de peças giratórias, qualquer peça em movimento tem o potencial de criar calor de atrito. Se for gerado muito calor, os trabalhadores poderão se queimar ao entrar em contacto com a superfície quente.

Pontos de esmagamento

Há muitos itens com os quais a correia transportadora entra em contato. Esses itens são as polias de acionamento, as polias tensoras e os roletes. Também há muitos itens que se aproximam da correia. Eles são a estrutura,



Figura 2.5.

O ponto de esmagamento entre a correia e o rolete de carga pode resultar em ferimentos causados por aprisionamento.



Figura 2.6.

Um esticador usa a força da gravidade de um peso suspenso para manter a tensão da correia

A foto é cortesia da United States Mine Rescue Association (Associação de Resgate em Minas dos Estados Unidos).



Figura 2.7.

Esse parafuso tensor ajusta a tensão da correia ao afastar a polia traseira da polia de cabeça (motora).

a parede do chute e os defletores. Se algum membro do trabalhador passar em uma correia transportadora, ele se deparará com um desses itens. O membro, bem como o trabalhador, ficará preso entre a correia e a obstrução. Como nem a correia nem a obstrução é muito flexível, o membro capturado pode ser esmagado. Isso é conhecido como aprisionamento. (**Figura 2.5.**)

Além do contato direto entre pessoas e a correia, o mesmo pode ocorrer com uma ferramenta. Uma pá pode ser aprisionada e puxar o trabalhador que está segurando a ferramenta antes que a pessoa possa largar a ferramenta. O mesmo pode ocorrer com roupas folgadas.

As correias de transmissão ligadas aos motores dos transportadores também podem apresentar pontos de esmagamento perigosos.

Usando os registros da agência MSHA entre os anos de 1995 e 2011, a Martin estima ter havido 57 mortes nas minas dos Estados Unidos envolvendo correias transportadoras. Dentre essas fatalidades, a Martin estima que 61 por cento resultaram ser de trabalhadores que entraram em contato com um desses pontos de esmagamento.

Sistema do dispositivo tensor

Os transportadores de correia precisam que haja tensão na correia para evitar que ela deslize nas polias de acionamento. Os dois métodos mais comuns de fornecimento de tensão são o esticador e o tensor mecânico.

Figura 2.8.

A estrutura para suportar o peso de um transportador normalmente é uma construção complicada e robusta.



Outros métodos, como sistemas hidráulicos ou guinchos, muitas vezes, utilizando cabos para transmitir tensão, são comuns no subsolo e em transportadores terrestres. Basicamente, cada método atua para "alargar a estrutura", o que "estica" a correia e mantém a tensão necessária para que o torque do motor se converta em tensão da correia.

Um esticador funciona puxando a correia para baixo com um peso. (**Figura 2.6.**) Um esticador pode apresentar muitos riscos. O perigo mais óbvio é o fato de existir um enorme peso, frequentemente, na faixa de 2.200 a 22.000 kg [\approx 5.000 a 50.000 lb], suspenso por uma correia transportadora em movimento. Se a correia ou o componente tensor falhar, o peso cairá de uma altura substancial. Isso pode esmagar o trabalhador que desafortunadamente estiver embaixo. O peso colocado em um esticador se desloca para cima na direção do início do sistema transportador, percorrendo aproximadamente 6 metros [\approx 20 pés]. Essa grande massa deslocando-se rapidamente para cima também pode representar vários riscos para o trabalhador posicionado nas proximidades. Esses riscos incluem traumas bruscos devido a golpes, emaranhamentos no mecanismo ou esmagamentos, se ocorrer uma falha. O peso do tensor ou tensão é um dos elementos que normalmente é alterado sem o cálculo ou conhecimento adequado sobre as consequências ou severidade. Colocar muito peso (tensão) na correia pode causar falhas catastróficas tanto na correia quanto nos componentes.

Um tensor mecânico (**Figura 2.7.**) funciona esticando a polia traseira na direção oposta à polia de cabeça (motora) para apertar a correia. A polia traseira é geralmente fixada por parafusos e os parafusos são colocados de forma a esticar a polia na direção contrária. As roscas do parafuso podem estar desprotegidas ou localizadas em uma posição perigosa próximas a pontos de pressão. A maioria dos tensores mecânicos não tem um recurso indicador de tensão, e a sobrecarga da correia é uma causa comum de falha

nas emendas. Assim como com o esticador, sempre há riscos de falha mecânica. A publicação *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: transportador Production from Danger Zones*, de 2003, produzida em parceria pelo Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST, Instituto de pesquisa Robert-Sauvé em saúde e segurança do trabalho) e a Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST, Comissão das normas, da igualdade e da saúde e segurança do trabalho), ambas de Quebec, registrou que quatro por cento dos acidentes fatais ocorridos nas proximidades de transportadores se deram ao ajustar o dispositivo tensor ou o alinhamento da correia.

Acessórios perigosos

Os acessórios de um sistema transportador de correia podem oferecer seus próprios riscos.

Os ímãs de um transportador produzem um campo magnético forte que poderá interferir em marca-passos e outros implantes médicos eletrônicos. Estes ímãs podem também atrair quaisquer implantes ou próteses metálicos. Os amostradores transversais podem incluir fontes de radiação. Acessórios como tensores de ar podem ter um reservatório na máquina com quantidades de ar comprimido sob pressão. O sistema de ar comprimido da planta em si também pode apresentar perigos para os trabalhadores.

Os acionadores de comportas e divisores são normalmente operados de forma remota e considerados protegidos pela localização.

Falhas estruturais

Os transportadores de correia são sistemas enormes e extremamente pesados. (Figura 2.8.) A estrutura para suportar o peso de um transportador é uma construção complicada e robusta. Por se tratar de uma construção, as peças podem ser subdimensionadas, forçadas ou comprometidas pelo ambiente, portanto elas podem falhar. Se uma peça crítica falhar e houver um trabalhador próximo ou abaixo do transportador, ele poderá ser esmagado.

As passarelas elevadas também podem dar lugar a falhas estruturais. Se uma passarela ceder, o trabalhador poderá cair de lugar alto ou até atingir outro trabalhador que esteja eventualmente embaixo. Os buracos nas passarelas podem causar ferimentos e as superfícies irregulares podem fazer tropeçar.

A construção de passarelas elevadas está sujeita a várias normas. Algumas normas estabelecem que as superfícies de passagem devem ter coeficiente de fricção de 0,5 com botas de solado normal.

Se a estrutura cair em um trabalhador ou se um trabalhador cair na estrutura, há sérios riscos de que sofra ferimentos e possa até morrer. Dentre as mortes registradas pela agência MSHA entre 1995 e 2011, a Martin estima que dois por cento delas tenham sido causados durante o setup ou operação.

Queda de componentes e materiais

Conforme mencionado anteriormente, os transportadores de correia movem o material tanto vertical quanto horizontalmente.



Figura 2.9.

O acúmulo de derramamento pode interferir no desempenho do sistema transportador e na vida útil dos componentes.



Figura 2.10.

Pó é um material fugitivo conduzido ou arrastado do sistema transportador pelas correntes de ar.

A mudança de elevação elevará a carga, bem como os componentes do transportador, do chão. Qualquer produto, seja ele um material, uma ferramenta de mão ou um componente do transportador, pode cair sobre um trabalhador, edifício ou sobre outro transportador ou maquinário de processos.

Os componentes das correias transportadoras também são susceptíveis a sofrer danos devido à movimentação da correia. Uma correia transportadora desalinhada pode cortar a alça de suporte que fixa o rolete na viga ou cantoneira estrutural do transportador. Se esse suporte for quebrado, o rolete poderá cair e ferir alguém que esteja embaixo. A queda de roletes pode perfurar tetos, ferir ou matar.

Dentre as mortes registradas pela MSHA entre 1995 e 2011 nos Estados Unidos, a Martin estima que dois por cento delas tenham sido causados pela queda de material sobre os trabalhadores.

Figura 2.11.

Muitos transportadores possuem esquinas fechadas ou espaços fechados, que podem dificultar a manutenção.



Figura 2.12.

Os transportadores são frequentemente empregados para elevar materiais; por isso os trabalhadores precisam muitas vezes trabalhar em alturas.

Imagem cedida como cortesia por CDC/Theresa Roebuck.



Derramamento nas proximidades do transportador

Conforme detalhado acima, os transportadores são máquinas muito poderosas, que utilizam motores de grande porte e aplicam grandes quantidades de energia e que, quando param, armazenam significativa energia potencial na correia e na carga. Um dos maiores perigos para um transportador é aquilo que o aproxima do sistema de acionamento do transportador.

Muitas das mortes nas proximidades de transportadores acontecem quando o trabalhador está limpando o material da área ou os componentes do sistema transportador. O material que cai de uma correia transportadora, chamado derramamento, precisa ser removido; caso contrário, os acúmulos interferem no desempenho do sistema e na vida útil dos componentes.

(**Figura 2.9.**) O processo de limpeza pode colocar o trabalhador nas proximidades de uma máquina perigosa. A necessidade de passar uma pá, vassoura ou mangueira com água para retirar o acúmulo de material solto até o sistema de drenos ou ter de retorná-lo ao transportador coloca o transportador ao alcance das mãos e, muitas vezes, ainda mais perto.

As ferramentas usadas na limpeza aumentam o risco do trabalhador. A pá e a vassoura são extensões do braço de um trabalhador. A limpeza em transportadores coloca essas extensões mais perto dos componentes giratórios, que podem agarrar e serem puxadas, colocando o trabalhador que as porta em risco.

O mesmo derramamento que o trabalhador está tentando limpar pode criar riscos de tropeços. O derramamento também pode cobrir um buraco no chão, que pode provocar o tropeço ou queda do trabalhador. Por si só, esses perigos de tropeços e deslizamentos podem causar ferimentos se o trabalhador cair.

O risco de uma queda é amplificado pela proximidade de uma correia transportadora em movimento. Se o trabalhador cair em um

transportador em movimento, poderá sofrer ferimentos sérios ou até morrer. Embora as agências de registro de acidente e companhias de seguros podem classificar a causa do ferimento como queda, a causa principal do ferimento segue sendo o transportador. Nos Estados Unidos, a agência de Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA) dos EUA relata que 15 por cento das mortes acidentais em toda a indústria se devem a escorregões, tropeções e quedas.

Um derramamento também apresenta riscos. O acúmulo de derramamento em um interruptor de parada de emergência pode impedir o funcionamento do interruptor. O mesmo acúmulo pode fazer com que um risco protegido pela localização se transforme em um risco exposto. O derramamento pode reter umidade ou ser corrosivo; se esse derramamento for de componentes do transformador, a integridade dos componentes poderá ficar danificada sem mostrar sinais visíveis. Se este componente for o mancal de carga, uma falha catastrófica poderá ocorrer.

Qualidade de ar e pó

Quando o material cai de um transportador e bate no chão, ele é chamado de derramamento. Quando o material levanta da correia e se mistura ao ar, ele se chama pó. (**Figura 2.10.**) O pó do ar pode causar inúmeros riscos para a saúde, desde o acúmulo de material nos pulmões até a explosão, passando pela diminuição do tempo de reação do trabalhador.

- **Pó respirável** – Sempre que uma partícula de pó menor que 10 micra for inalada, ela poderá permanecer nos pulmões. Quanto mais pó for inalado, maior o número de partículas de pó que se acumulará nos pulmões. O corpo humano pode não ser capaz de lidar com esse material. No melhor dos casos, pode supor uma redução da capacidade respiratória. O pior dos casos seria uma doença incurável que debilitasse o paciente, como a silicose ou pneumoconiose (pulmão negro). Outras fumaças e pó de material

a granel podem ser tóxicos (por exemplo, chumbo) ou causar algum tipo de câncer respiratório (por exemplo, amianto).

- **Explosividade** – O pó de vários materiais pode ser explosivo se estiver disperso, confinado ou exposto à chama. Essa explosão pode representar enormes perdas de capital e de vidas humanas.
- **Tempo de reação reduzido devido ao equipamento de proteção** – Como acima constatado, os transportadores podem rapidamente provocar ferimentos

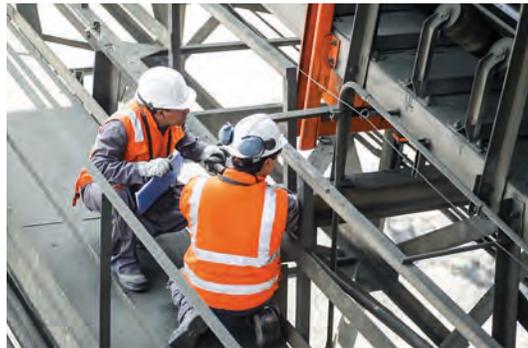


Figura 2.13.

Compostos de muitas peças em movimento e funcionando em desafiantes condições industriais, é inevitável que os transportadores precisem passar por manutenção.



Figura 2.14.

O tamanho de muitos sistemas de transportadores faz deles componentes pesados e difíceis de manusear.



Figura 2.15.

Como são movidos a motores elétricos, muitos transportadores apresentam riscos elétricos aos trabalhadores.

nos trabalhadores. O equipamento de proteção individual (EPI) usado para proteger o trabalhador contra a exposição ao pó respirável diminui o tempo de reação e a visibilidade. Essas frações de segundo podem fazer a diferença entre um quase acidente e uma fatalidade.

Dado que os materiais a granel movimentados em transportadores são uma das fontes de pó, todo o transportador representa um perigo potencial.

Espaços confinados

Muitos transportadores são alimentados por moegas ou chutes fechados. (**Figura 2.11.**) De acordo com a norma *29 CFR 1910.146* da agência OSHA dos Estados Unidos, qualquer recinto que: “seja grande o suficiente e assim projetado para que um funcionário possa entrar e executar um determinado trabalho”; “disponha de meios limitados ou restritos de entrada ou saída”; e “não seja projetado para ocupação contínua do funcionário” é definido

Figura 2.16.

Ao transportar carga inflamável em uma correia feita de elastômeros inflamáveis, um transportador em chamas pode ser um risco grave.



Figura 2.17.

O grande volume de material transportado combinado com muitos componentes em movimento cria riscos relacionados ao ruído dos transportadores, o que pode demandar a utilização de proteção auditiva.



como um espaço confinado. Os perigos de um espaço confinado são a mobilidade limitada, falta de oxigênio, acúmulo de gases residuais e o risco de explosão.

A maioria dos países possui regulamentações similares para controlar o trabalho em espaços confinados.

Mesmo assim, a Martin estima que sete por cento das fatalidades registradas entre 1995 e 2011 pela agência MSHA dos Estados Unidos tenham ocorrido em espaços confinados.

Trabalho em alturas

Além de mover materiais em distâncias horizontais, muitos transportadores de correia são usados também para mover o material verticalmente. (**Figura 2.12.**) Como essa mudança de elevação pode levantar alguns componentes do transportador, a manutenção desses componentes cria situações de risco de ferimentos, já que possibilita a queda de alturas consideráveis. Dependendo da altura e das circunstâncias, uma queda pode até mesmo resultar em morte.

Dentre as mortes registradas pela MSHA entre 1995 e 2011 nos Estados Unidos, a Martin estima que nove por cento delas tenham sido causados por quedas acidentais.

Trabalho de manutenção

Os sistemas de transportador de correia são sistemas enormes e complicados, com milhares de peças em movimento. (**Figura 2.13.**) Por definição, uma peça em movimento eventualmente provocará falhas e precisará ser substituída. Alguns dos componentes de um sistema transportador que exigem manutenção são os rolos, roletes, emendas de correia, acopladores, motores, revestimento, correias e raspadores de correia. Normalmente existem muitos outros itens que requerem manutenção, dependendo do design do sistema e os acessórios aplicados ao transportador.

A vida útil de um componente em movimento pode ser estendida com uma manutenção

regular, mas a manutenção ou substituição colocará um trabalhador nas proximidades de uma peça muito perigosa do equipamento.

A publicação *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones* da IRSST/CSST relatou que 26 por cento dos acidentes sérios ou fatais envolvendo transportadores ocorreram durante a manutenção.

Elevação

Como muitos transportadores levantam e transportam grandes quantidades de materiais a granel de um local para outro, há também a possibilidade de que os trabalhadores precisem levantar e transportar cargas pesadas. (Figura 2.14.)

Os componentes do transportador precisam ser carregados até o transportador, ou subir escadas ou ser inclinados nas torres de transferências. Ferramentas grandes e/ou pesadas precisam ser carregadas até a correia transportadora. Quantidades de material devem ser transportadas durante um processo de amostragem.

Essas tarefas oferecem o risco potencial para muitas lesões de tensão ou elevação de peso. Elas são conhecidas como lesões músculoesqueléticas. Essas lesões são dificilmente diagnosticadas e seu tratamento demanda longos processos de recuperação. O risco de lesão se torna maior quando as tarefas envolvem escadas. Se um trabalhador estiver segurando uma carga, eles não podem segurar os corrimãos nem se equilibrarem. Se um trabalhador estiver portando uma carga com as duas mãos, ele não poderá estabelecer os três pontos de contacto necessários para subir e descer de forma segura.

Riscos elétricos

As correias transportadoras são normalmente alimentadas por sistemas de transmissão que incorporam motores elétricos de 480 a 1.000 volts de corrente alternada (V AC) de tensão. (Figura 2.15.) Às vezes, os transportadores e suas áreas mais próximas estão molhados, o

que facilita a passagem da corrente elétrica pelo corpo humano. Muitos controles e ferramentas funcionam com tensões baixas, mas ainda assim podem provocar choques mortais.

A corrente mínima que um ser humano pode sentir depende do tipo de corrente – corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC) – e da frequência. Uma pessoa pode sentir um mínimo de 1 miliampères (mA) (rms) de CA a 60 Hz, enquanto que precisa de pelo menos 5 mA para sentir a CC. Com aproximadamente 10 miliampères, a CA que passa através do braço de um trabalhador pode causar contrações musculares potentes; a vítima não será capaz de controlar voluntariamente os músculos e não poderá soltar o objeto eletrificado. Isso é conhecido como o "limiar de largar" e é um critério para definir o risco de choque elétrico nas normas de eletricidade.

Se a corrente não for muito alta, ela pode provocar danos nos tecidos ou causar uma fibrilação que leve a uma parada cardíaca. Um choque elétrico sustentado a 120 V AC, 60 Hz é uma fonte especialmente perigosa de fibrilação ventricular, pois geralmente excede o "limite de largar", dado que não exerce energia inicial suficiente para repelir a pessoa para longe da fonte.

Por causa da grande quantidade de corrente usada em um sistema de transmissão do transportador, deve-se tomar muito cuidado para evitar ferimentos ou morte dessa tipo de eletricidade.



Figura 2.18.

Muitas instalações operam transportadores durante a noite, criando risco devido à baixa visibilidade.

Risco de incêndio

O material transportado pela correia transportadora pode ser inflamável. (**Figura 2.16.**) Isso é especialmente verdadeiro quando o material transportado é carvão, lascas de madeira seca ou farinha. Se o material for inflamável, qualquer fagulha de uma fonte de ignição pode incendiar todo o fluxo de material. Além de poder representar grandes perdas de capital por si só, o fogo também pode atuar como catalisador de uma explosão de pó. Se um componente giratório ficar travado, a fricção da correia passando por ele pode provocar calor. Esse calor pode incendiar o fluxo de material ou pó no ar. O local aquecido de um soldador é perigoso pela mesma razão.

Alguns materiais tendem à auto-ignição. Se o material transportado for um desses materiais, ele tem o potencial para iniciar um incêndio.

Se um incêndio for iniciado, seja devido ao material ou a alguma outra fonte, há grandes possibilidades de que a correia transportadora fique em chamas, colocando em risco vidas humanas e enormes somas de capital.

Ruído

Os sistemas de correias transportadoras tendem a ser ruidosos. Entre o motor de acionamento, componentes giratórios, material caindo, deslizando pelos componentes e deslocando o ar, se produz uma grande quantidade de ruído. (**Figura 2.17.**)

A exposição a elevados níveis de ruído leva a perda permanente da audição.

Nos Estados Unidos, a agência OSHA define o ruído como a causa permanente da perda de audição na norma *29 CFR 1910.95* usando os níveis de decibéis. Um decibel é a medida da pressão que uma determinada fonte de som é transmitida pelo ar. Em média, os danos auditivos ocorrem durante exposição prolongada a 90 decibéis (escala A), ou dBA; esse é o nível de ruído criado pelo tráfego pesado.

Um sistema de correia transportadora típico produz 70 dBA, mas os níveis de ruído podem ser maiores, especialmente quando se considera o som do material em movimento que passa pelos chutes e desembarca na correia. Se o transportador produz níveis de ruído superiores a esse limite, a exposição ao ruído do transportador resultará em danos auditivos.

O ruído de transportadores pode ser de baixa frequência, criado pela vibração da correia ou pelo contato da correia com o rolete. Esse ruído de baixa frequência pode percorrer grandes distâncias, particularmente quando submerso na água, e representa uma fonte de desconforto para as pessoas que trabalham ou vivem perto de transportadores.

Iluminação inadequada

A norma *29 CFR 1926.56* da agência OSHA dos Estados Unidos estabeleceu os requisitos mínimos de iluminação em foot-candles – a quantidade de luminosidade produzida por uma vela a um pé de distância – para uma variedade de ambientes de trabalho. (**Figura 2.18.**) Como em todas as aplicações industriais, os transportadores em área interior devem estar iluminados por 5 foot-candles ou candelas [≈54 lux]. Os transportadores ao ar livre devem estar iluminados por 3 foot-candles [≈32 lux]. Por exemplo, a agência de saúde do Reino Unido, Health and Safety Executive, recomenda uma média de 50 lux [≈4,6 foot-candles] e no mínimo de 20 lux [≈1,9 foot-candles] para o trabalho pesado e 100/50 lux [≈9,2/4,6 foot-candles] para trabalhos que exijam atenção aos mínimos detalhes. Qualquer iluminação abaixo dos

Figura 2.19.

Alguns transportadores, como esse tipo empilhadeira radial, são projetados com mobilidade, o que pode provocar riscos a trabalhadores desatentos.



níveis especificados é considerada insuficiente e, portanto, um risco para a segurança.

Iluminação deficiente pode ser causada por dois motivos:

1. Quantidade insuficiente de iluminação instalada;
2. Diminuição da iluminação devido à presença de pó em suspensão ou acumulado nas luminárias.

Seja qual for a causa, a diminuição da visibilidade nas proximidades de uma correia transportadora frequentemente reduzirá os tempos de reação, aumentando assim os riscos. Qualquer coisa que reduza os tempos de reação pode levar a ferimentos quando correias transportadoras estão envolvidas. Uma redução na visibilidade também pode tornar mais difícil ver os perigos existentes nas proximidades de uma correia transportadora.

Operações noturnas

Devido a requisitos de produção da planta, o sistema transportador pode precisar operar durante a noite. Além dos perigos associados aos transportadores de correia, operar o sistema à noite apresenta riscos adicionais.

Mesmo com os melhores sistemas de iluminação, a escuridão da noite reduzirá a visibilidade nas proximidades dos componentes em movimento. A escuridão reduzirá a percepção de profundidade e ocultará obstáculos e riscos.

Se ocorrer um ferimento, o tempo de resposta das equipes de emergência poderá ser maior, dado que eles precisarão se mover mais lentamente sobre terrenos escuros e desconhecidos.

É preciso estar muito atento nas proximidades das correias transportadoras depois do pôr do sol.

Mudanças no clima

A Martin estima que 50 por cento de todos os transportadores de correia que movimentam material a granel se encontram instalados ao ar livre. Um transportador ao ar livre está exposto ao clima prevalecente da área. Esse clima pode oferecer riscos adicionais que devem ser levados em consideração. Neve, chuva ou névoa reduzirá a visibilidade. Os trabalhadores expostos a baixas temperaturas podem sofrer hipotermia ou congelamento. Altas temperaturas podem causar desidratação e tontura. Temperaturas altas e baixas também podem alterar o comportamento dos fluidos de um sistema transportador. A presença de água, na forma de chuva, pode transformar normalmente o chão firme em uma superfície lisa com maior risco de deslizamentos. Em condições climáticas frias, a água forma gelo, o que amplifica o risco.

Gelo e neve também podem acumular em cima de estruturas e cair sobre os trabalhadores. O peso adicional da neve e do gelo também pode aumentar a carga na estrutura. O gelo pode se acumular e inibir temporariamente o funcionamento dos componentes, podendo fazer com que as estruturas soltem repentinamente, o que pode provocar ações repentinas e não esperadas.

Chuva, neve e gelo podem acumular em ambos os lados do ciclo de retorno e carregamento do transportador. Depois de iniciado o ciclo, esses acúmulos podem causar desordens significativas tanto nos pontos de transferência quanto em suas proximidades. Em alguns casos, a quantidade de neve ou gelo pode causar o desligamento do transportador para fins de limpeza, o que expõe os trabalhadores a ambos os riscos, o de limpeza do transportador e o de estar nas proximidades de superfícies escorregadias.

Transportadores portáteis

Muitas operações incorporam, além de transportadores estacionários, os transportadores móveis. (**Figura 2.19.**) Eles podem ser transportadores tipo empilhadeiras radiais, projetadas para girar e formar uma pilha, além de outros sistemas móveis. Esses transportadores móveis oferecem os mesmos riscos de segurança que seus respectivos estacionários, mas também apresentam riscos adicionais devido à sua mobilidade. Um transportador móvel tem a capacidade de levar o perigo até o trabalhador, e não o contrário.

Um movimento inesperado pode esmagar um trabalhador com toda a força do sistema transportador. Os pontos de esmagamento que foram cobertos algumas vezes podem não ser em outros momentos.

Dentre as mortes registradas pela MSHA entre 1995 e 2011, a Martin estima que quatro por cento estejam relacionadas com transportadores móveis.

Zonas de risco externas ao transportador

Embora não façam parte do transportador nem sejam diretamente causados por ele, existem condições e fatores externos que podem colocar em perigo o trabalhador de uma correia transportadora. Por exemplo: uma das saídas do transportador pode conduzir diretamente a uma área de tráfego; ou o pó soprado pelo transportador pode reduzir a visibilidade ou entrar nos olhos e vias respiratórias. Embora esses itens possam ter suas próprias questões de segurança, a sua interação com uma correia transportadora cria riscos de ferimentos ou morte.

Operações subterrâneas

Muitos transportadores estão no subsolo. A manutenção desses transportadores apresenta os riscos associados aos transportadores, bem como os riscos característicos de um ambiente subterrâneo. Esses riscos podem incluir,

entre outros, ventilação deficiente, pó e gases explosivos, gases tóxicos (como o monóxido de carbono e metano) e quedas do teto. Um recente registro de fatalidades da agência MSHA incluiu tropeços e quedas do teto do trabalhador no transportador. A queda do teto é a causa da fatalidade, mas o transportador está envolvido.

Riscos específicos dos locais

Muitos sistemas transportadores de correia estão situados em locais de minas. Além dos riscos do transportador, o trabalhador deve estar consciente sobre os riscos específicos dos ambientes de minas. O trabalhador pode ser exposto ao risco da mina pela necessidade de manutenção do transportador. Esses riscos específicos de minas podem incluir o tráfego rodoviário de mercadorias e a circulação de outros equipamentos pesados, queda de rochas, explosão e os riscos que surgem com a grande quantidade de material extraído, movimentado e armazenado em qualquer ambiente de mineração. Treinamento específico para prestadores de serviço e visitantes esporádicos são atualmente exigidos pela maioria das regulamentações.

Expectativas do trabalhador

A expectativa de um resultado seguro apesar do emprego de prática insegura pode ser identificada pela frase: "Eu sempre fiz isso assim e nunca tinha me machucado". Desse modo, a prática insegura se transforma em hábito e nem se volta a pensar nisso.

O problema com essa linha de pensamento é o trabalhador começar a confiar mais em si mesmo do que nas estatísticas. O peculiar das estatísticas é que o incidente que está sendo estudado acabará por acontecer se o ato for repetido muitas vezes. Se ocorrer um ferimento a cada um por cento do tempo em que uma prática insegura é levada a cabo, basta que esse evento ocorra 99 vezes para que se possa matematicamente esperar um ferimento. Trabalhar em condições perigosas ou em uma instalação em que a cultura de segurança é deficiente, e ainda praticar atitudes

imprudentes, faz com que um acidente seja apenas uma questão de tempo.

Incômodo atrativo

Como muitos transportadores estão localizados ao ar livre e podem ser vistos de propriedades vizinhas ou vias públicas, eles criam o que se pode chamar de um "incômodo atrativo".

No direito, a doutrina do attractive-nuisance (incômodo atrativo) indica que o dono de uma propriedade que cria ou autoriza a existência de uma condição perigosa e atraente para crianças é responsável por ferimentos resultantes, mesmo que os feridos sejam invasores. O exemplo mais comum é o de uma piscina, mas a doutrina poderia ser aplicada a virtualmente qualquer coisa que esteja na propriedade de algum proprietário de terras. Ela foi criada para responsabilizar proprietários de terras pelos danos causados por eventuais carros abandonados, pilhas de madeira ou de areia e trampolins.

No caso de transportadores, pessoas alheias aos funcionários, sejam elas crianças ou adultas, podem ser atraídas a escalar a estrutura para observar os arredores ou para andar pelas passagens. Ao fazer isso, eles podem entrar em contato com as peças em movimento e outros perigos de transportadores.

Apesar de a jurisprudência do incômodo atrativo normalmente não se aplicar a adultos, é melhor proporcionar barreiras adequadas para impedir a entrada de qualquer visitante, em vez de esperar que um visitante não convidado mova processos caso venham a sofrer algum ferimento.

Não são apenas os trabalhadores da planta que estão expostos aos riscos relacionados aos transportadores. Os transportadores apresentam riscos secundários para o meio ambiente, animais e pessoas que vivem ou passam pelas redondezas do transportador, principalmente ruído e pó.

CONCLUSÕES

Conhecimento dos riscos

Embora o sistema transportador de correia seja a artéria principal de maior parte das operações de manuseio de material a granel, o interesse real com o design e a segurança não mudou muito desde a sua criação. Há muitos acessórios para ajudar na segurança, mas uma correia transportadora ainda assim é uma máquina perigosa.

O segredo para se trabalhar com um cavalo e não se machucar é conhecer os riscos. Trabalhar com um transportador e não se ferir é muito parecido. Essa seção deve ter ajudado o leitor a se conscientizar sobre os vários riscos físicos associados especificamente a transportadores. ⚠



Capítulo 3 **Práticas inseguras ao trabalhar com transportadores**

INTRODUÇÃO	26
Atitudes dos gestores que colocam os funcionários em risco.....	27
Atitudes dos próprios funcionários que os colocam em risco	27
O poder multiplicador das práticas de trabalho inseguras	36
CONCLUSÕES.....	36

INTRODUÇÃO

Além de todas as zonas de risco físico dos transportadores, como discutido na seção anterior, os trabalhadores também podem ser feridos por suas próprias ações ou omissões. Aqui serão apresentadas as informações coletadas sobre as práticas de trabalho inseguras mais comuns. Como na seção anterior, esta lista de práticas é exibida na ordem determinada por consenso, de acordo com as opiniões dos funcionários da Martin Engineering que trabalham regularmente com correias transportadoras. As práticas consideradas mais perigosas estão listadas primeiro.

Ninguém vai para o trabalho pensando em sofrer uma lesão como resultado de um ato inseguro. Ao investigar acidentes, o caminho mais fácil é listar a causa do acidente como um ato inseguro. Na verdade, a causa do problema é muito mais complexa do que simplesmente um funcionário trabalhando sem segurança.

O entendimento de que a única causa de um acidente é um ato inseguro é obtido a partir de um ponto de vista retrospectivo, e como sabemos, a retrospectiva é perfeita. O corolário é que, nesse caso, a antecipação também deve ser perfeita. Portanto, afirmar que um ato inseguro foi a única e exclusiva causa que levou a uma lesão significaria dizer que o trabalhador sabia antecipadamente que a referida ação resultaria em ferimentos e a concluiu intencionalmente.

Geralmente, acidentes são o resultado de uma complexa combinação de probabilidades e decisões relacionadas a riscos/recompensas, e não apenas o resultado de um único ato inseguro. Alguém poderia dizer, por exemplo, que, não fosse pelo ato inseguro, a lesão poderia não ter ocorrido. Seguindo a mesma lógica, também poderíamos dizer: se o projeto fosse mais seguro; se a manutenção fosse adequada; se houvesse menos pressão para produzir; se não houvesse um limite de tempo para concluir o trabalho... O acidente não teria ocorrido. Investigações de acidentes adequadas e aprofundadas geralmente chamam a atenção para a cultura de segurança, a gestão e as normas e objetivos conflitantes da empresa. Devido à complexidade desses fatores, isso pode resultar em tomadas de decisão por parte do trabalhador que parecem lógicas no calor do momento, se levarmos em consideração todas as pressões e estímulos externos.

Atitudes dos gestores que colocam os funcionários em risco

A "gestão por decreto" é fácil, porém, ineficaz. Faz parte da natureza humana resistir à autoridade e, quando as regras atrapalham a conclusão das tarefas, elas podem se tornar "regras absurdas", que todos ignoram. Conforme os projetos e a tecnologia mudam, a gestão precisa ouvir os funcionários e atualizar as regras e práticas de segurança.

Hoje, muitos componentes podem ser projetados para que sua manutenção seja realizada de maneira segura, durante o funcionamento do transportador, ou, até

mesmo, remotamente. Porém, há regras que proíbem tal atividade.

Na verdade, muitas vezes é mais seguro realizar algumas tarefas de rotina durante a operação, em vez de realizá-las durante períodos de parada do equipamento, quando diversas atividades não rotineiras são executadas e há vários riscos temporários associados presentes. A avaliação de riscos é a forma ideal de preencher a lacuna entre os trabalhadores e os gestores quando as regras precisam ser analisadas.

Atitudes dos próprios funcionários que os colocam em risco

Desrespeito ao sistema do transportador

Um transportador de correia é uma máquina de alta potência, com milhares de peças móveis. Essas peças móveis podem ferir gravemente um trabalhador, em situações que se desenrolam muito rapidamente. Sempre há a tentação de pensar: "Eu sou mais rápido do que o transportador" ou "Eu sempre consigo evitar o perigo". Porém, na verdade, os movimentos do transportador são extremamente rápidos.

O elemento da complacência também influencia os trabalhadores. Uma prática insegura repetida várias vezes se torna um hábito perigoso. O hábito se torna tão arraigado, que o trabalhador pode nem mesmo perceber que o tem. Os seres humanos tendem a se apropriar dos hábitos, sejam eles bons ou ruins, a ponto de se sentirem ameaçados caso o hábito seja questionado.

Um transportador de correia é potente, rápido e perigoso. E pensamentos como: "Eu sou mais rápido do que o transportador" ou "Sempre fiz as coisas assim e nunca aconteceu nada" ou, ainda, "Eu nunca seria ferido ao trabalhar com um transportador, pois trabalho com eles há muito tempo", não mudarão essas características dos transportadores.

Devido ao seu movimento, o transportador pode induzir a um estado hipnótico, o que faz o trabalhador perder a concentração. Ele parece tão inofensivo quanto um gatinho ronronando, mas é tão imprevisível e perigoso

Figura 3.1.

Trabalhar com transportadores de correia em funcionamento, ou próximo a eles, pode provocar ferimentos graves e mortes.



Figura 3.2.

O levantamento inadequado apresenta riscos de lesões para os trabalhadores que trabalham com transportadores ou próximos a eles.



Figura 3.3.

Tomar "atalhos", como passar sob um transportador de correia em funcionamento, pode resultar em ferimentos.



quanto um leão. A questão não é "se" um acidente vai ocorrer, mas, "quando". E ele ocorre quando o trabalhador perde o respeito pela potência e pela constante instabilidade do transportador.

Esquecer essas simples verdades sobre os transportadores tem contribuído para muitas lesões e mortes.

O trabalho próximo a transportadores em movimento

As estimativas da Martin, obtidas a partir dos dados coletados pela MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) e registados entre 1995 e 2011, mostram que ocorreram 57 mortes envolvendo correias transportadoras em minas dos Estados Unidos. Dessas fatalidades, a Martin estima que 66% ocorreram enquanto a correia estava em movimento. Os trabalhadores envolvidos ficaram presos a um componente móvel ou foram esmagados por uma peça móvel do equipamento. A grande maioria dessas mortes foi o resultado da execução de trabalhos de manutenção ou limpeza em transportadores totalmente energizados e com capacidade de deslocamento. (Figura 3.1.)

Essas mortes foram causadas pela combinação de duas práticas. A primeira é a execução de manutenção sem que o transportador seja travado, etiquetado, bloqueado e testado devidamente. Outra prática insegura é tocar a correia do transportador em movimento usando algum tipo de ferramenta. Quando esses dois fatores são combinados, os resultados geralmente são extremos e, frequentemente, fatais. Até mesmo o trabalho em transportadores desligados, porém não travados, pode levar a uma tragédia. O que essas estatísticas não evidenciam, são fatores como a cultura da empresa, a pressão do prazo para a conclusão do trabalho, o treinamento fornecido ao trabalhador lesionado e assim por diante. Frequentemente, esses e outros fatores contribuem para o acidente tanto quanto os atos inseguros.

Levantamento inadequado

Em uma instalação industrial, há muitos itens que podem oferecer riscos quando levantados. No decorrer do processo de manutenção do transportador, o trabalhador pode precisar levantar e transportar equipamentos. (**Figura 3.2.**) Práticas inseguras incluem tentar levantar um item mais pesado do que o trabalhador é capaz de suportar e não usar as técnicas aceitas para um levantamento adequado. Não seguir algum dos dois procedimentos pode resultar em lesões para o trabalhador; não seguir ambos, só aumenta essa probabilidade.

Além disso, uma perda do equilíbrio ou uma queda próximo a um transportador em movimento, como o resultado do levantamento de um item pesado ou de maneira desajeitada, só aumenta o risco potencial.

Atravessar o transportador de maneira insegura

Correias transportadoras geralmente são muito extensas e dividem as instalações de produção. (**Figura 3.3.**) Com frequência, os trabalhadores precisam atravessar a esteira do transportador para chegar até uma área que necessite de manutenção. Para poupar tempo, é possível que o trabalhador tente atravessar o transportador, passando por cima ou por baixo da esteira.

Passar sob o transportador oferece vários riscos. Os roletes de retorno podem ser considerados protegidos devido à sua localização. Mas o que poderia ocorrer se houvesse um acúmulo de derramamento ou material de retorno na passagem? Se a cabeça do trabalhador entrar em contato com a correia do transportador em movimento, o capacete sofrerá abrasão rapidamente, resultando em ferimentos muito graves na cabeça. Se a correia prender seu capacete ou sua cabeça, o trabalhador será puxado em direção aos componentes de rolagem. Passar sob o transportador também oferece risco de queda de objetos sobre o trabalhador. O material transportado pela correia ou os componentes do transportador

podem cair sobre o trabalhador, causando ferimentos ou a morte. Há grande probabilidade de que um derramamento ou material de retorno faça o trabalhador escorregar, resultando em distensões musculares ou em lesões mais graves.

Passar sobre o transportador sem a utilização de uma estrutura de passarela projetada e designada para essa finalidade também oferece riscos. A estrutura do transportador não foi concebida para suportar o peso de uma pessoa; ela destina-se apenas à instalação dos componentes e à sustentação da carga. Há grande potencial de escorregões e quedas. Na melhor das hipóteses, o trabalhador poderá cair no chão; na pior delas, o trabalhador cairá sobre a correia do transportador. Se o transportador estiver em funcionamento, o trabalhador será carregado no sentido da correia. Isso pode resultar em contato com a estrutura do transportador e com os componentes de rolagem, ou o trabalhador pode ser lançado para fora do transportador na descarga. É muito provável que o deslocamento no transportador, juntamente com o material, resulte em ferimentos.



Figura 3.4.

O uso de vestuário impróprio é uma prática de segurança inadequada para qualquer tipo de operação industrial.

Quedas de locais altos frequentemente resultam em invalidez permanente ou morte.

Roupas largas e outros trajés inadequados

As roupas de um trabalhador podem colocá-lo em perigo. (Figura 3.4.)

Certos tipos de roupas devem ser evitados ao trabalhar próximo a correias transportadoras. Muitos desses itens de vestuário são eliminados através do uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados, porém, outros não são cobertos pelos EPIs.

- **Sandálias abertas:** um ambiente industrial oferece muitos perigos para os pés do trabalhador. Itens sobre o assoalho podem perfurar o pé. Itens pesados podem cair sobre os pés do trabalhador. Itens quentes podem queimar a pele exposta. Calçados que não protejam completamente o trabalhador constituem um perigo.
- **Bermudas:** embora em algumas empresas ou países seja permitido o uso de bermudas, elas deixam expostas uma grande porção das pernas do trabalhador. Itens quentes podem causar queimaduras. Componentes móveis podem ter efeito

Figura 3.5.

O uso de cabelos compridos e soltos próximo às peças móveis de um transportador em operação representa risco de lesões.



abrasivo sobre a pele. Se a bermuda for larga, ela pode ficar presa em um dos componentes móveis do transportador. As calças não devem ser fabricadas com materiais inflamáveis ou que não tenham propriedades de autoextinção.

- **Camisas largas:** camisas com itens pendurados podem ficar presas nos componentes do transportador. As camisas devem ser fabricadas em tecidos com propriedades retardadoras de chamas.
- **Casacos com capuz:** o cordão do capuz, ou o próprio capuz, pode ficar preso no equipamento. A peça pode ser inflamável.
- **Vestuário pouco visível:** o vestuário do trabalhador pode apresentar cor escura ou se misturar ao ambiente circundante. Isso resultará na redução da visibilidade dos operadores dos equipamentos pesados. Se eles não puderem ver o trabalhador, isso significa que o trabalhador estará em perigo.
- **Óculos escuros ou corretivos:** diversos tipos de objetos lançados podem causar danos à visão do trabalhador caso seu olho seja atingido. Óculos de grau e escuros devem ter as propriedades inquebráveis dos óculos de proteção. Sem as proteções laterais, esses óculos não protegem contra o lançamento de detritos, como é o caso dos óculos que contam com essas proteções.
Às vezes, óculos corretivos e escuros podem ter cordões. Esses cordões representam um risco caso fiquem presos nas peças móveis do transportador.
- **Chapéus e bonés:** chapéus de tecido não protegem o trabalhador contra quedas de objetos ou objetos lançados. Alguns chapéus têm cordões que podem ficar presos.
- **Cordões:** crachás de identificação geralmente ficam presos ao vestuário do trabalhador ou são pendurados por cordões em volta do pescoço. Esses cordões podem ficar presos, como

qualquer outro item pendente. Se o cordão não se partir, o trabalhador poderá ser puxado em direção aos componentes móveis do sistema do transportador. Os cordões devem ser feitos com materiais que possam ser rompidos.

- **Anéis e outras bijuterias:** as bijuterias podem representar um perigo, muitas vezes negligenciado, para o trabalhador e para todo o processo.

Se um anel ficar preso a uma ferramenta giratória ou a um componente móvel do transportador, isso poderá ocasionar a amputação de todo o dedo ou o trabalhador poderá ser puxado em direção à máquina. Brincos e colares oferecem riscos similares. Na improvável eventualidade de que um anel fosse composto por material ferroso, ele poderia ser atraído pelos fortes ímãs do sistema e poderia sofrer aquecimento, causando queimaduras.

Soluções improvisadas e atalhos

Um trabalhador inteligente e criativo vai inventar maneiras de acelerar ou facilitar o trabalho. Alguns desses atalhos ignoram os componentes de segurança e os procedimentos de trabalho adequados, colocando, assim, o trabalhador em perigo.

A mais comum dessas soluções improvisadas envolve o travamento inadequado da correia do transportador. A finalidade de um travamento é desenergizar todas as fontes de energia, sejam elas latentes ou ativas. Existem vários tipos de falhas nos procedimentos de travamento, com variações entre o desrespeito aos requisitos de travamento, passando pelo trabalho em transportadores em movimento, até a interrupção inadequada do funcionamento do transportador. Um exemplo de procedimento inadequado seria puxar o cabo de parada de emergência e supor que o transportador está desenergizado.

Outro improviso comum consiste em entrar em um espaço confinado sem seguir os procedimentos estabelecidos. Um espaço

confinado é qualquer compartimento suficientemente grande e configurado para que um funcionário possa entrar e executar os serviços atribuídos a ele; a entrada ou a saída é limitada ou restrita, e o espaço não é projetado para ser ocupado continuamente pelos funcionários. Há norma (NR33) muito específicas aplicáveis ao trabalhador durante sua permanência no espaço confinado. A não observância dessa norma pode resultar em riscos maiores ou na morte do trabalhador. Erros comuns ao trabalhar em espaços confinados incluem:

- Entrar em um espaço confinado sozinho.
- Não verificar os níveis de gases no espaço confinado.
- Falha em garantir que outros sistemas no espaço confinado estejam desenergizados.



Figura 3.6.

Pegar carona em um transportador pode ser perigoso, mesmo em locais onde a carona é uma prática aceita.



Figura 3.7.

Obstruções, como componentes descartados ou ferramentas deixadas próximas ao transportador, podem constituir risco de acidentes envolvendo quedas e escorregões.

Cabelos soltos

Entre as mudanças da moda e a presença de mais mulheres no local de trabalho, cabelos compridos têm sido cada vez mais comuns entre os trabalhadores. (Figura 3.5.) Porém, o uso de cabelos compridos e soltos próximo aos componentes do transportador representa um risco.

Se o cabelo ficar preso em uma peça móvel, ele será puxado em direção ao componente móvel. Um eixo padrão gira em 3.600 rotações por minuto. Se esse eixo tiver 75 milímetros [≈ 3 pol.] de diâmetro, o movimento de sua superfície será de 14,14 metros por segundo [$\approx 94,25$ pés/s]. Se fios de cabelo de 450 milímetros [≈ 18 pol.] de comprimento ficassem presos, eles seriam inteiramente enrolados ao redor do eixo em apenas 0,03 segundos.

Na melhor das hipóteses, os fios de cabelo seriam quebrados, e o trabalhador sofreria apenas um leve incômodo. Ou várias mechas de cabelo poderiam ficar presas, e partes do couro cabeludo seriam arrancadas. Na pior das hipóteses, o cabelo não quebraria, o couro cabeludo não seria arrancado e a cabeça do trabalhador seria puxada em direção ao eixo rotativo.

Transporte humano no transportador de correia

Em vez de caminhar, um trabalhador pode ficar tentado a pegar uma carona no

transportador, para que seja carregado para outras partes das instalações, rapidamente. Essa prática é conhecida como "pegar carona no transportador". (Figura 3.6.)

Esse transporte não conta com os benefícios de contenções, nem mesmo de assentos. O trabalhador não tem controle sobre a velocidade e não tem a capacidade de parar o transportador em caso de perigo.

O trabalhador também pode bater em algum item fixo obstruindo o caminho do transportador.

A saída do transportador é outra questão que deve ser considerada. Saltar de um transportador em movimento pode resultar em ferimentos devido à queda. O conceito de inércia indica que, quando a pessoa pular do transportador, ela aterrissará e continuará se movendo na direção do movimento do transportador, mantendo aproximadamente a mesma velocidade.

Em alguns países, incluindo Alemanha, África do Sul e Reino Unido, algumas instalações usam "transportadores para transporte humano" como um método apropriado para que os trabalhadores cheguem às suas estações de trabalho. Para garantir a segurança, essas instalações devem contar com transportadores especialmente projetados para essa finalidade ou, pelo menos, estações de embarque e desembarque especiais. Além disso, deve ser fornecido treinamento especial para orientar os trabalhadores quanto ao embarque, trajeto e desembarque seguros. (Consulte o Capítulo 22 Transportadores para transporte humano.)

Em qualquer lugar, mesmo com treinamento especial, restrições à velocidade da correia e outros recursos de segurança especiais, pegar carona em um transportador é uma prática arriscada e perigosa. A carona é uma herança de uma época em que a preocupação com a segurança do trabalhador era muito menor. A carona deve ser proibida.

Figura 3.8.

A remoção das proteções, e a não recolocação das mesmas após a conclusão dos procedimentos de manutenção, pode constituir um risco quando o transportador é reiniciado.



Obstruções

Tudo o que estiver no trajeto de deslocamento do trabalhador é uma obstrução. (Figura 3.7.) Elas podem variar entre acúmulos de derramamentos, itens sobre as passarelas ou nas áreas de trabalho, bem como itens suspensos. Obstruções podem representar diversos riscos. Elas podem apresentar uma oportunidade para escorregões e quedas. Se a obstrução estiver no meio da passagem, o trabalhador precisará desviar dela. Se o trabalhador decidir passar mais próximo do transportador, essa decisão o coloca mais próximo do perigo. Uma mesma obstrução sempre oferecerá os mesmos riscos. Uma obstrução não removida é tão perigosa quanto uma recém-descoberta.

Sonolência

Um princípio básico do setor é que um trabalhador médio tem um tempo de reação de 0,36 segundos. Se esse trabalhador ficar preso a uma correia do transportador com deslocamento de 1,5 metro por segundo [≈ 300 fpm], ele será carregado por 0,54 metro [≈ 21 pol.] antes mesmo de perceber o que aconteceu. Como já foi dito anteriormente, esse é um risco por si só.

As estimativas da Martin, obtidas a partir de um estudo sobre o assunto, concluem que a privação de sono moderada, de apenas 22 horas, pode retardar o tempo de reação em 9,3%. A privação de sono torna ainda mais arriscada uma situação que já é perigosa.

Abuso de substâncias

A pesquisa sobre sonolência indica que ficar acordado por 22 horas pode retardar o tempo de reação em 9,3%. Esse tempo de reação é praticamente idêntico ao de uma pessoa com 0,05% de álcool no sangue. O aumento no nível de álcool no sangue para 0,1% retarda o tempo de reação em 16% em comparação com um trabalhador sóbrio e alerta. Em uma correia com deslocamento de 1,5 metro por segundo [≈ 300 fpm], isso seria o equivalente a 0,08 metro [≈ 3 pol.] de percurso adicional antes que o cérebro fosse capaz de registrar o

que está acontecendo. Esses valores se somam ao 0,54 metro [≈ 21 pol.] de deslocamento do tempo de reação normal. Essa distância adicional pode significar a diferença entre ferimentos leves, ferimentos graves ou a morte.

Além do tempo de reação retardado, muitas substâncias, incluindo medicamentos legalmente prescritos, podem prejudicar o discernimento, afetar o equilíbrio e, até mesmo, alterar a percepção da realidade.



Figura 3.9.

Equipamentos de segurança negligenciados (como o cabo partido deste cabo de parada de emergência) constituem um risco.

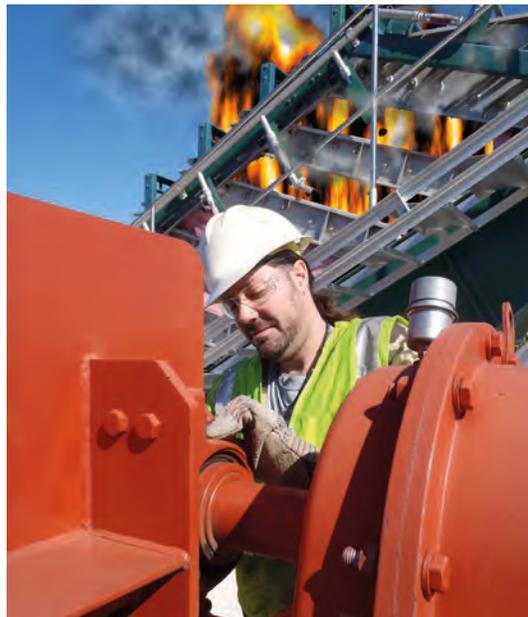


Figura 3.10.

A ocorrência de eventos incomuns em uma fábrica, ou nas proximidades, pode levar a situações inesperadas e potencialmente perigosas envolvendo os sistemas transportadores de correia.



Figura 3.11.

No "mundo real" das operações das fábricas, os trabalhadores podem ser apresentados com prioridades conflitantes, o que resulta em um desvio no desempenho e leva a incidentes relacionados à segurança.

Todos esses fatores podem ser perigosos, ou mesmo fatais, ao trabalhar com correias transportadoras.

Áreas de trabalho sem sinalizações/ proteções removidas e não reposicionadas

Quando um trabalhador realiza um reparo em um dos componentes do transportador, ele pode remover os dispositivos de proteção ou alterar alguma parte do sistema. (Figura 3.8.) Se a área de trabalho não estiver devidamente identificada, as pessoas próximas a ela não saberão sobre os perigos potenciais. As pessoas nas proximidades podem ficar expostas aos riscos presentes sem nem mesmo saberem sobre eles. Isso pode ser perigoso, e até mesmo fatal, para o trabalhador que executa a manutenção e para as pessoas próximas.

A remoção de qualquer tipo de dispositivo de proteção sem autorização também é algo arriscado. As proteções são projetadas e instaladas para proteger o trabalhador contra riscos evidentes. Se essa proteção for removida, o trabalhador fica exposto a um risco que já foi identificado. A alteração dos controles de segurança anula sua finalidade.

Transporte de materiais tóxicos sem os devidos avisos

Sistemas transportadores podem ser utilizados para transportar materiais a granel perigosos contendo componentes nocivos, como a sílica. Embora esses produtos químicos sejam perigosos por si sós, ignorar a extensão do perigo pode colocar o trabalhador em risco. Se a gestão conhece os riscos do material transportado, mas não toma as medidas adequadas para informar o trabalhador de maneira clara e concisa ou não mantém os sistemas de controle apropriados, o trabalhador pode estar exposto a uma ameaça.

Cabos de emergência partidos e outros sistemas de controle e segurança negligenciados

Os cabos de parada de emergência são o último recurso do trabalhador caso a correia precise ser parada. Se um trabalhador ficar preso ou se a paralisação da correia puder impedir a destruição de um equipamento, os cabos de emergência permitirão que um trabalhador próximo à correia interrompa o funcionamento do transportador. Como dito anteriormente, não há muito tempo para reagir, então, o trabalhador precisa de uma forma de paralisar o transportador rapidamente. Se o cabo estiver partido, a chave não estiver funcionando ou o sistema estiver desativado, isso significa que o trabalhador não terá o último recurso de proteção disponível para ele. (Figura 3.9.)

Figura 3.12.

O conhecimento do setor indica que, para cada morte, ocorrem números cada vez maiores de casos de dias de trabalho perdidos, lesões, quase acidentes e comportamentos perigosos.



Infelizmente, é uma prática comum desligar ou ignorar os dispositivos de controle e segurança, que podem causar paradas inconvenientes do transportador. Os controles mais comumente ignorados são a chave de nível de chute e a chave de desvio. Um sensor de chute obstruído ignorado é, muito provavelmente, o resultado de altos níveis frequentes de material no chute. Porém, quando o problema não é apenas a moega sobrecarregada, e o chute transborda de verdade, há muitos riscos possíveis. Esses riscos incluem o deslizamento da correia, resultando em incêndios; a ruptura da correia, resultando em paradas prolongadas do equipamento; ou, ainda, grandes quantidades de derramamentos.

Eventos incomuns que aumentam os riscos

Um trabalhador não é capaz de estar preparado para todas as emergências. (**Figura 3.10.**) Eventos imprevisíveis, como um acidente com um caminhão de mineração, um incêndio na fábrica ou uma forte tempestade elétrica, podem levar um trabalhador a buscar abrigo próximo a uma correia do transportador em movimento. Uma emergência mais grave pode fazer com que o trabalhador esqueça que o transportador está em funcionamento e é perigoso. Um evento mais perigoso do que o transportador não elimina o risco do próprio transportador.

Falta de concentração/desatenção do trabalhador

Além dos riscos físicos de um transportador e das práticas inseguras comuns ao trabalhar próximo a um deles, um trabalhador pode se colocar em perigo devido à falta de concentração. (**Figura 3.11.**)

Quando o trabalhador está concentrado exclusivamente na conclusão de uma tarefa, ele pode esquecer dos detalhes específicos do trabalho. As primeiras que acabam sendo eliminadas são as tarefas redundantes e aquelas relacionadas à segurança. Essas omissões dão origem a atalhos, e os atalhos podem levar a ferimentos ou à morte. A própria concentração que permite que o trabalhador conclua a tarefa

que precisa ser executada, pode, na verdade, ser a causa da falha de segurança do trabalhador.

O atual ambiente industrial incentiva uma mentalidade e um modelo de negócios baseados na produção. O tempo destinado à execução de tarefas básicas de manutenção e reparo está cada vez menor, e os próprios trabalhadores ainda não percebiam isso. Poucas instalações contam com equipes de manutenção adequadas: há apenas pessoal suficiente para executar reparos nos equipamentos mais importantes, deixando muitos dos componentes relacionados à segurança indefinidamente sem manutenção. Isso ocorre porque a produção é a principal preocupação, e o transportador funciona mesmo sem manutenção.

O setor e, igualmente, os trabalhadores estão se adaptando a esse ritmo acelerado, trabalhando de maneira mais inteligente e criando formas de trabalhar mais rapidamente. Fornecedores de produtos industriais também estão oferecendo soluções mecânicas para o problema do tempo reduzido.

Além da pressão do prazo sobre as tarefas de manutenção, existem também as questões relacionadas ao trabalho. Se os trabalhadores que normalmente realizariam a manutenção forem eliminados, os funcionários restantes precisarão trabalhar ainda mais rápido; caso contrário, algumas tarefas de manutenção deixarão de ser executadas.

Em um ambiente como esse, tomar atalhos para concluir o trabalho antes do prazo é uma grande tentação. Um trabalhador será analisado, recompensado ou corrigido com base na eficácia da solução e na duração do trabalho. Para cumprir essas metas, o trabalhador poderá sacrificar a segurança, o que, se nada der errado, passará despercebido.

Porém, infelizmente, pegar atalhos esporadicamente leva ao estabelecimento de hábitos perigosos. E hábitos perigosos levam a ferimentos e mortes.

O poder multiplicador das práticas de trabalho inseguras

Algumas vezes, acidentes ocorrem devido a uma combinação de várias práticas de trabalho inadequadas. Um dos relatórios sobre mortes (*Fatalgram*, em inglês) da MSHA relata uma morte ocorrida em uma mina, em 1999: um trabalhador entrou sozinho em uma área sem proteção, em um espaço confinado próximo a um transportador em funcionamento, que não havia sido travado. As roupas do trabalhador ficaram presas na polia traseira do transportador. Quatro práticas inseguras e duas áreas desprotegidas formaram a combinação que resultou em um evento catastrófico. Qualquer fator individual poderia ter levado a ferimentos ou mesmo à morte, mas a combinação certamente se revelou fatal. Se o risco foi multiplicado ou se, simplesmente, esse trabalhador em particular demonstrou falta de conhecimento em relação às práticas de trabalho adequadas ou uma tendência a ignorar as práticas recomendadas, é algo discutível. De qualquer maneira, o resultado foi a morte.

CONCLUSÕES A importância das práticas de trabalho adequadas

Em um estudo de 2003, a ConocoPhillips Marine encontrou uma correlação entre mortes e práticas inseguras. O estudo mostrou que, para cada morte, existem cerca de 300.000 comportamentos perigosos. (**Figura 3.12.**) A pesquisa também quantificou afastamentos por acidentes, incidentes reportáveis e quase acidentes. Essas são variáveis independentes. Portanto, isso não significa que o Incidente de afastamento por acidente número 31 será uma morte. Os números indicam que há uma probabilidade estatística de morte para cada 30 dias de trabalho perdidos.

Como resultado, do ponto de vista estatístico, a forma mais eficaz de reduzir as mortes é reduzir os comportamentos perigosos. ⚠

PROBLEMAS COM O TRANSPORTADOR E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS DOS COMPONENTES

Capítulo 4	
Botões e sensores.....	39
Capítulo 5	
Alarmes de inicialização	57
Capítulo 6	
Cabos de parada de emergência	71
Capítulo 7	
Batentes, freios de retorno e travas	86
Capítulo 8	
Coberturas.....	100
Capítulo 9	
Passarelas para passagem sobre e sob o transportador	108
Capítulo 10	
Proteções.....	120
Capítulo 11	
O mito da “proteção devido à localização”.....	146
Capítulo 12	
Proteções dos roletes de retorno.....	152
Capítulo 13	
Tensores.....	162
Capítulo 14	
Proteção contra a queda de materiais.....	176
Capítulo 15	
Transportadores, correias e incêndios.....	180
Capítulo 16	
Iluminação.....	226
Capítulo 17	
Pó	238
Capítulo 18	
Acesso	254
Capítulo 19	
Os riscos relacionados a ruídos.....	270
Capítulo 20	
Sinalização	284
Capítulo 21	
Segurança dos sistemas elétricos ao trabalhar com transportadores	298



Capítulo 4 **Botões e sensores**

INTRODUÇÃO	36
Sistemas de parada de emergência ...	41
Chaves de alinhamento da correia ou de desvio	41
Chaves de escorregamento da correia (velocidade zero)	44
Detectores de nível do silo e de chute obstruído	47
Aviso de ventos fortes.....	50
Sensores de calor e detecção de incêndios.....	50
Outros sensores	54
CONCLUSÕES	55

INTRODUÇÃO

A detecção de uma necessidade

Diversas opções de botões, sensores, detectores e alarmes podem ser instaladas nos transportadores. Esses controles são comumente utilizados em transportadores, e foram projetados para avisar sobre uma condição insegura, ou potencialmente insegura, ou servir como um método emergencial para desligar o transportador em pontos próximos a zonas de perigo. Eles são dispositivos de proteção encontrados dentro dos circuitos de controle, concebidos para serem acionados pelo material a granel, pelo movimento do transportador, ou pelo comando direto de um trabalhador. Muitos deles oferecem a dupla vantagem de preservar o equipamento e proteger as pessoas contra os riscos no transportador. Neste capítulo, discutimos os benefícios do equipamento, mas nossa principal preocupação é a redução dos riscos para os trabalhadores.

A seção 5.7.2.11 Detecção automática de anomalias da norma europeia *DIN EN 620*,

Continuous handling equipment and systems – Safety and EMC requirements for fixed belt conveyors for bulk materials, especifica:

Sempre que necessário, os dispositivos de detecção automática de anomalias a seguir deverão ser construídos, montados e/ou instalados de modo a minimizar o risco de uma operação inadvertida:

- dispositivos de detecção de desalinhamento da correia;
- dispositivos de bloqueio do transportador, do chute e da moega, ou de detecção de sobrecarga;
- dispositivos de detecção de rotação do eixo [velocidade zero];
- dispositivos de detecção de baixa velocidade da correia [deslizamento da correia];
- dispositivos de detecção de calor;
- dispositivos de detecção de altura e/ou largura.

Esta seção indica quais procedimentos devem ser seguidos caso ocorram problemas:

Se for detectada uma condição perigosa, um sinal de advertência claro, sonoro e/ou visual, deverá ser emitido para o operador do transportador, em

conformidade com as normas *EN 457:1992*, *EN 842:1996*, *EN 61310-1:1995*, conforme apropriado; ou, como alternativa e sob circunstâncias extremas, uma parada poderá ser iniciada automaticamente. Sob circunstâncias especiais, transportadores de fornecimento interligados podem ser automaticamente desacelerados ou parados de maneira controlada e adequada.

O item 5.7.2.2 Dispositivos de segurança da norma *EN 620* também registra a importância de utilizar botões que correspondam às condições da aplicação:

Dispositivos de segurança (por exemplo, dispositivos de acionamento, chaves de posição final, chaves de emergência,, reguladores, chaves de travamento, dispositivos de parada de emergência), devem ser concebidos, selecionados, posicionados e/ou protegidos para atender às condições do local e às diversas aplicações do equipamento.

Na norma australiana *AS 1755-2000 Conveyors – Safety requirements*, diversos sistemas de controle de parada de transportadores são identificados como obrigatórios ou recomendados. (**Figura 4.1.**)

CONTROLES DE PARADA DE PROTEÇÃO		
Obrigatório	Problema	Sugerido
	Superaquecimento do rolamento	X
X	Deslizamento da correia	
X	Alinhamento da Correia	
X	Chute bloqueado	
	Superaquecimento do freio	X
X	Liberação do freio	
	Detecção de incêndios	X
X	Superaquecimento do acoplamento hidráulico	

Figura 4.1.

Controles de parada do transportador, conforme as exigências ou recomendações da norma australiana, agora obsoleta.

Sistemas de parada de emergência

A grande maioria dos transportadores de manuseio de materiais a granel têm extensão superior a 2,5 metros [$\approx 8,5$ pés] e incorporam chaves de emergência acionadas por cabos pré-tensionados, ao longo das seções do transportador, que podem ser acionados pelos trabalhadores. (**Consulte Capítulo 6 Cabos de parada de emergência.**)

Muitos regulamentos permitam meios alternativos de proteção para paradas de emergência em transportadores particularmente curtos. Um transportador curto é definido como qualquer transportador cuja extensão integral seja visível da estação de controle.

A norma mais relevante para chaves de parada de emergência é a *NR-12*, embora muitas normas exijam paradas de emergência, porém apenas em termos gerais.

Na seção 6.1.2., a *ASME B20.1-2015* permite:

A utilização de controladores de parada de emergência portáteis, em vez de cabos de emergência, botões etc., com instalação permanente... para a equipe de manutenção que faz rondas em transportadores terrestres. Nos pontos onde normalmente a equipe fica situada, os transportadores devem ser equipados com cabos de emergência, ou controladores de parada similares, instalados de forma permanente.

REGULAMENTOS E NORMAS Sistemas de parada de emergência

Existe tecnologia aprovada para sistemas complexos, geralmente utilizada no manuseio de pacotes ou em armazéns automatizados, em que as chaves de travamento mecânico podem ser substituídas por circuitos redundantes de estado sólido ou circuitos lógicos programáveis. Além disso, o sucesso dos sensores de proximidade nas máquinas

móveis subterrâneas para reduzir acidentes por esmagamento está sendo aplicado a proteções para transportadores e a áreas perigosas. Entretanto, no manuseio de materiais a granel, as chaves de travamento mecânico ainda são, seguramente, os dispositivos de parada mais comuns.

MELHORES PRÁTICAS Sistemas de parada de emergência

Há uma variedade tão grande de combinações de transportadores, configurações de transportadores e riscos relacionados ao manuseio de materiais a granel, que torna-se impossível especificar que todos os transportadores incorporem todos os tipos de dispositivos e controles de segurança. Consequentemente, as melhores práticas são:

- Todos os transportadores exigem o uso de sistemas de parada de emergência.
- Todos os projetos e layouts de transportadores exigem uma análise de risco para identificar quais dispositivos de aviso de segurança são adequadas.

Chaves de alinhamento da correia ou de desvio

Muitas correias de transportadores perdem o alinhamento; "desvios" da correia são normais. Mas quando a correia sofre deslocamentos e fica muito distante da linha central teórica da estrutura do transportador, esse desvio resulta em danos consideráveis e problemas de segurança.

Desalinhamentos podem causar danos consideráveis às bordas da correia. Uma borda de correia danificada pode ficar presa na estrutura do transportador ou nos componentes, ocasionando rompimento no sentido longitudinal da correia. Os elementos estruturais podem rapidamente ser cortados ao meio por uma correia do transportador, levando a uma falha estrutural. Quedas de rolos de retorno já resultaram em graves acidentes.

Quando a correia fica muito desalinhada, ela pode entrar em contato com a estrutura do transportador ou com os compartimentos. Pode haver atrito entre a correia e o chute de descarga e a estrutura ao longo da extensão do transportador. Ambas as condições podem causar danos à estrutura e levar para à geração de calor devido à fricção. A fricção foi identificada como uma possível fonte de ignição em incêndios de correias. Incêndios e falhas estruturais certamente podem resultar em riscos de segurança e ferimentos. Incêndios em correias e falhas estruturais têm potencial para se tornarem eventos graves, levando a desastres para a empresa ou, até mesmo, para toda uma comunidade.

Na extremidade de carga, a correia pode escapar sob as calhas de carga. Após escapar da calha guia, a correia geralmente não retornará para uma posição estável, devido à deformação natural da correia e à pressão das tiras de vedação. Se o problema não for corrigido, esse tipo de desalinhamento pode fazer com que a correia se dobre sobre ela mesma.

O desalinhamento sob as calhas pode gerar derramamentos imediatos e significativos.

Para eliminar os possíveis danos do desalinhamento, chaves de desvio da correia são instaladas nas laterais do transportador. (**Figura 4.2.**) Sensores de alinhamento da correia normalmente ficam localizados na descarga e nas zonas de carga do transportador, mas podem ser distribuídos ao longo do equipamento em intervalos, dependendo da rota do transportador. As chaves de alinhamento da correia, ou de controle de desvios, são tipicamente instaladas em ambos os lados da correia nas extremidades de carga e descarga dos transportadores, e em outros locais ao longo do transportador, a fim de indicar o desalinhamento da correia além dos limites aceitáveis. Observe que essas chaves não eliminarão o desvio; elas apenas desligam o sistema quando o desalinhamento é tão grande que põe em risco a correia. Como a chave de desvio da correia é ativada pela borda da

correia, uma borda danificada reduz a eficácia do dispositivo de segurança.

As chaves disponíveis incluem chaves com roletes, limitadores, interruptores de lâmina, chaves de proximidade ou chaves fotoelétricas. A operação típica envolve acionamento dos contatos em duas etapas pelo movimento lateral da correia, além dos limites determinados pelo projeto e pela operação do transportador. Primeiro, uma série de contatos envia um sinal de aviso de desalinhamento da correia quando a correia apresenta movimentação lateral além de um limite predefinido, porém com um movimento menor do que aquele que poderia causar danos à correia, derramamentos ou danos estruturais. O sinal de aviso não inicia uma condição de parada de emergência. Uma segunda série de contatos envia um sinal de parada de emergência quando a correia passa dos limites aceitáveis. Como uma função de controle de parada de emergência, a redefinição da chave em si não reinicia o transportador. Os limites de deslocamento do aviso e da função de parada de emergência normalmente são ambos ajustáveis.



Figura 4.2.

Posicionada na borda do transportador, a chave de desvio desligará o sistema caso a correia apresente movimento fora do trajeto desejado.

REGULAMENTOS E NORMAS

Chaves de alinhamento da correia ou de desvio



Austrália

A recente norma da Austrália e Nova Zelândia *AS/NZS 4024.3611-2015 Conveyors – Belt conveyors for bulk materials handling* oferece instruções para controlar os desvios da correia nos sistemas, na seção 2.8.2.6. O trecho observa que os dispositivos de alinhamento são necessários para parar qualquer movimento lateral excessivo que poderia permitir carregamento irregular ou caso a correia possa entrar em contato com a estrutura de aço fixa, situações que podem, ambas, causar derramamentos, aquecimento por fricção ou danos à correia e/ou estrutura.

A norma identifica os seguintes locais para instalação de dispositivos de alinhamento: extremidade dianteira, tensor e polias traseiras e cabeça da transmissão, bem como nas correias carregadas em um ponto de transferência que não esteja próximo a uma polia traseira. De acordo com a norma, os dispositivos devem ser instalados a uma distância de até 5 metros [$\approx 16,5$ pés] dos locais onde o desalinhamento afetaria as operações do transportador, como chutes de carga e descarga ou estruturas ou componentes críticos em aço. A norma acrescenta, em seguida, que em casos com risco de movimento da estrutura (como em minas subterrâneas), a distância entre os dispositivos de alinhamento pode precisar ser reduzida.

Além disso, a norma especifica que a redefinição do dispositivo de alinhamento deve ser realizada no local onde o dispositivo estiver sido ativado, a menos que outro sistema (como de televisão em circuito fechado) confirme que é seguro retomar as operações.



Brasil

A norma *NR-22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*, seção 22.8.3.1., observa:

Os transportadores contínuos devem possuir dispositivos que interrompam seu funcionamento quando forem atingidos os limites de segurança, conforme especificado em projeto, que deve contemplar, no mínimo, as seguintes condições de: ...

c) desalinhamento anormal da correia

A norma brasileira *NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos* apresenta exigências semelhantes na seção 12.92.



Europa

Em sua discussão sobre a Detecção automática de anomalias, a norma europeia *DIN EN 620*, seção 5.7.2.11, inclui "dispositivos de detecção de desalinhamento da correia" entre os dispositivos que deverão ser instalados.



África do Sul

A seção 5.2 Estados de alinhamento da correia, das diretrizes *Safety Around Belt Conveyors* (CMA MS01 Rev04/2016) da South African Conveyor Manufacturers Association (Associação Sul-africana de Fabricantes de Transportadores), indica:

Caso a borda da correia acione a chave de alinhamento por um determinado período, a energia do transportador é interrompida e o sistema parado imediatamente. Uma adaptação dos sensores de alinhamento para correias com cabos de aço realiza medição contínua do deslocamento da borda, denominado "alinhamento da borda".

O alinhamento da borda das correias por meio de cabos de aço fornece uma indicação da distribuição da tensão na carcaça e suporte dos cabos. Após a instalação, cada correia de cabo de aço apresenta um alinhamento de borda exclusivo de acordo com a revolução da correia.

Um desvio posterior no deslocamento do alinhamento da borda sugeriria um problema na distribuição da tensão do cabo da correia. Entretanto, esses sistemas são relativamente sofisticados e, geralmente, são instalados somente em sistemas de transportadores extremamente sensíveis.



Estados Unidos

Nos regulamentos da MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) e da OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) dos Estados Unidos, os requisitos para chaves de parada são mencionadas apenas em termos gerais. As normas do American National Standards Institute (Instituto Norte-americano de Padrões)/American Society of Mechanical Engineers (Sociedade Norte-americana de Engenheiros Mecânicos) *ANSI/ASME B20.1*, não mencionam chaves de alinhamento da correia ou de desvio especificamente.

MELHORES PRÁTICAS

Chaves de alinhamento da correia ou de desvio

Chaves de desalinhamento ou de desvio da correia, que incorporam acionamento em duas etapas, fornecendo um primeiro aviso de desalinhamento da correia e, em seguida, a parada de emergência quando a correia continua desalinhada, devem ser instaladas:

- Em ambos os lados da correia, conforme o deslocamento em direção à polia de descarga.
- Em ambos os lados da correia, conforme o deslocamento em direção à polia traseira.
- Em ambos os lados da correia, conforme o deslocamento em direção às polias intermediárias de acionamento (se usadas).

Em transportadores reversíveis, chaves de desalinhamento devem ser instaladas em ambos os lados da correia em ambas as polias traseiras.

Em transportadores com centros de polias inferiores a 10 metros [≈ 33 pés], somente uma chave em cada lado do transportador é normalmente exigida.

Chaves de desalinhamento devem ser definidas para desligar a correia antes que ocorram derramamentos de material, ou antes que a correia entre em contato com a estrutura.

A equipe de manutenção deve testar as chaves mensalmente.

Chaves de escorregamento da correia (velocidade zero)

Se a correia escorregar, ou se seu movimento for interrompido, e a polia de acionamento continuar a girar, a temperatura pode aumentar o suficiente para causar a ignição da correia, do revestimento da polia ou de materiais a granel combustíveis que estiverem nela. A combinação de uma correia sem movimento e de uma polia com rotação contínua, também pode indicar uma correia partida ou emperrada. Se, por algum motivo, a tensão na correia estiver abaixo da tensão de acionamento necessária uma correia carregada pode escorregar e pode, por exemplo, derramamentos. O derramamento pode ser considerável, ao ponto de enterrar rapidamente os funcionários e o equipamento na galeria confinada de um transportador.

A maior parte das normas sobre escorregamento de correias têm como base as necessidades de minas subterrâneas de carvão, a fim de evitar incêndios gerados por atrito em situações em que a correia pára, mas a polia de acionamento continua a girar, ou em que a polia pára, mas a correia continua o deslocamento. Se a correia tiver classificação anti-chamas de acordo com a norma *DIN EN ISO 340*, isso significa que ela só é capaz de suportar uma chama ou brasas incandescentes

por até 15 segundos. Durante esse período, uma correia relativamente lenta operando a 2,5 metros por segundo [≈ 500 fpm] se deslocará por 37,5 metros [≈ 123 pés]. Se o incêndio não for detectado, a correia pode ser queimada e partir, ocasionando um evento potencialmente catastrófico na forma de um incêndio ou uma correia fora de controle. Mesmo que a correia não seja incendiada, a resistência de sua carcaça pode sofrer graves danos, criando um perigo latente caso o equipamento seja colocado de volta em serviço.

Testes de fricção do tambor, como os das normas *DIN EN 1554* sobre correias para uso geral, ou *BS EN 14973* sobre correias para uso subterrâneo, simulam o escorregamento de uma correia sobre uma polia emperrada ou a rotação de uma polia sob uma correia do transportador parada. O objetivo do teste é medir se a temperatura da superfície permanece abaixo de um valor máximo requerido após um intervalo de tempo específico e sob uma tensão específica. Há diferentes testes para correias com cabos de trama e de aço. **(Consulte o Capítulo 15 Transportadores, correias e incêndios.)**

Para determinar com eficácia se a velocidade do movimento da correia e das polias de acionamento está correta, é necessário aplicar uma combinação de métodos de controle. Existe uma grande variedade de chaves e sensores que podem executar essas tarefas.

Um tipo comum de sensor utilizado para a rotação da polia usa ímãs. Esses ímãs são integrados à polia ou fixados na estrutura. Conforme a polia gira, os ímãs são detectados por um sensor, e os impulsos gerados são proporcionais à velocidade de rotação do eixo. Quando o impulso cai abaixo de um limite de ponto de ajuste de acionamento, um relé é desenergizado e ativa um alarme. O movimento da correia é frequentemente monitorado por uma roda que fica em contato com um lado limpo da correia, o lado da correia que não fica em contato com o material a granel, e um dispositivo gerador de

signal. Quando a correia fica abaixo do ponto de ajuste, um sinal de aviso é normalmente gerado, em oposição a um sinal de parada de emergência.

Sensores de velocidade do eixo, sensores de velocidade da polia e sensores de movimento da correia podem detectar a direção do movimento ou a rotação.

Geralmente, sensores de movimento da correia consistem em rodas estreitas, pequenas em diâmetro, que são acionadas por mola para manter contato com o lado descarregado, ou "cobertura inferior", da correia, esteja ela carregada ou descarregada. Essas rodas apresentam um risco de ponto de pressão, porém, a força de contato é geralmente baixa; elas são normalmente instaladas no centro da correia, de modo que o risco de ficar preso nesse ponto de pressão é mínimo. Cada situação precisa ser avaliada, mas, em geral, é interessante proteger as chaves de velocidade zero e de movimento da correia contra danos e violação. Essa proteção pode incorporar, com facilidade e ao mesmo tempo, uma proteção para os funcionários.

A disposição de alguns sensores pode criar um risco. Teoricamente, as polias acionadas devem contar com proteções para evitar contato acidental com as projeções das polias e eixos giratórios. Na verdade, geralmente são instaladas proteções fixas, não removíveis, para proteger o sensor de impulso, mas nenhuma proteção fixa é instalada para proteger os trabalhadores contra as projeções giratórias, que se tornam lâminas giratórias. Já foram relatadas amputações devido a essa disposição.

A Figura 4.3 mostra uma chave de velocidade zero sem proteção com as projeções soldadas no cubo da polia. Essa disposição apresenta um risco de amputação, e também não possibilita necessariamente que o sensor forneça avisos de falhas da conexão do cubo ou do eixo.

REGULAMENTOS E NORMAS

Chaves de escorregamento da correia (velocidade zero)



Austrália

A norma australiana para controles de parada para escorregamento da correia é apresentada no texto da *AS/NZS 4024.3611-2015 Conveyors – Belt conveyors for bulk materials handling*. Na seção 2.8.2.2, a norma especifica que controles de parada deverão ser instalados entre a correia e todas as polias acionadas. O dispositivo de parada interromperá o transportador se o escorregamento da correia exceder 10% da velocidade do projeto do transportador por um período de tempo determinado, que não deverá exceder quatro segundos.



Brasil

A regulamentação brasileira *NR-22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*, inclui, na seção 22.8.3.1, "escorregamento anormal da correia em relação aos tambores" entre as condições que devem contar com dispositivos instalados para interromper as operações do transportador "quando forem atingidos os limites de segurança".



Canadá

A norma Occupational Health and Safety Act, de acordo com a publicação *Revised Regulations of Ontario (R.R.O.) 1990, Regulation 854 Mines and Mining Plants*, seção 196, subseção (5), especifica:

Transportadores em minas subterrâneas deverão ter,

- a) dispositivos que protejam contra escorregamentos excessivos entre a correia e a polia de acionamento.

A cláusula *CSA Clause M421-11 (R2016) Use of electricity in mines* especifica, no item 4.4.3.6, que:



Figura 4.3.

As projeções soldadas nessa polia do transportador giram e passam pelo sensor de velocidade zero para indicar o movimento da polia (e da correia). Como não há proteções nas projeções, sua rotação cria um risco de segurança.

Um transportador de correia utilizado em aplicações subterrâneas, ou com extensão superior a 15 m [≈50 pés], e instalado em edifícios ou outras estruturas fechadas deve contar com um dispositivo de detecção de escorregamento da correia para parar o motor de acionamento em caso de bloqueio ou escorregamento da correia.



Europa

Em sua lista de dispositivos de segurança obrigatórios e recomendados, a norma europeia *EN 620* especifica que as chaves de deslizamento da correia são obrigatórias em minas de carvão subterrâneas e outros locais perigosos, e recomendáveis em transportadores de superfície.



Estados Unidos

Os regulamentos da MSHA na norma *30 CFR 56/57.4503* indicam:

Transportadores de correia de superfície dentro de áreas confinadas, onde a evacuação seria restrita em caso de incêndio resultante de escorregamento da correia, deverão ser equipados com um sistema de detecção capaz de parar automaticamente a polia de acionamento.

MELHORES PRÁTICAS

Chaves de escorregamento da correia (velocidade zero)

- Instalar sensores de rotação em todas as polias principais e polias côncavas.
- Não permitir que os geradores de impulso do sensor giratório criem um risco.
- Instalar pelo menos um sensor de movimento em cada correia.
- Definir o dispositivo para enviar um comando de parada de emergência sem atraso, quando a velocidade de rotação ou a velocidade da correia for superior a $\pm 10\%$ da velocidade de projeto ou da faixa de velocidade do ponto de ajuste de controle.
- Proteger os dispositivos giratórios e móveis da correia contra danos ou falhas decorrentes de materiais a granel fugitivos e violação.
- Proteger a equipe contra os pontos de pressão e cisalhamento criados pela instalação dos sensores de rotação e movimento.
- Testar os sensores de rotação mensalmente e manter um registro do teste. Reparar ou substituir imediatamente os dispositivos avariados.

Figura 4.4.

Um detector de chute obstruído poderia ter evitado o derramamento que ocorreu quando o transportador continuou em funcionamento, apesar de um bloqueio no chute de descarga.



Detectores de nível do silo e de chute obstruído

Como os transportadores estão cada vez mais velozes, o potencial de ocorrências de chutes obstruídos, que ocasionam importantes incidentes, aumenta drasticamente. Um transportador de alta velocidade típico, isto é, com deslocamento superior a 5 metros por segundo [≈ 1.000 fpm], leva de 10 a 30 segundos para parar. Com transportadores com capacidades de, e superiores a, 3.000 toneladas por hora [≈ 2.700 mtph], isso significa que de 4 a 12 toneladas de materiais a granel devem ser acomodados como material de pico no sistema, para cada transportador na sequência de desligamento. Devido a limitações de espaço e custos, poucos silos são projetados para lidar com esses volumes de material sob condições de parada de emergência.

Quando uma moega de saída fica bloqueada, e o fluxo de materiais a granel continua, o transportador age como uma bomba, em que a pressão é limitada apenas pela sobrecarga do motor de acionamento principal. Assim, os silos continuam a ser preenchidos e transbordam. Potencialmente, isso causa danos à moega, correia e qualquer equipamento acessório, e representa uma ameaça de lesões a qualquer trabalhador no caminho do material transbordante.

Geralmente, martelos são usados para bater nas moegas e chutes bloqueados, em uma tentativa de criar o fluxo. Toda vez que a parede de uma moega é deformada pela ação do martelo, o ângulo efetivo da moega é reduzido na área, criando um ponto de partida potencial para um acúmulo rápido de material na moega. Entupimentos mais frequentes são mais prováveis no futuro. Martelar excessivamente pode danificar a moega a ponto de separar as junções soldadas, criando as condições para uma falha estrutural potencial.

Uma situação típica é mostrada na **Figura 4.4**. Essa moega de descarga obviamente está cheia além do limite, as rochas na parte superior do chute dianteiro indicam o transbordo do

material, e é possível presumir que o chute só foi suficientemente desobstruído para permitir a retomada da produção. É muito provável que a plataforma de trabalho esteja sobrecarregada muito além da capacidade de carga típica do projeto de uma plataforma, de 1 a 1,5 toneladas por metro quadrado [≈ 100 a 150 lb/pés²].

O colapso dessa plataforma é um risco potencial para os trabalhadores sobre ou sob a plataforma. Os grandes fragmentos vistos aqui podem cair devido à vibração normal da máquina, resultando em um risco de queda de materiais.

Muitas vezes, os chutes precisam ser limpos manualmente para que a operação seja retomada. Isso geralmente requer procedimentos para espaços confinados. Muitos acidentes fatais já ocorreram durante a limpeza da parte interna de chutes, durante a remoção de grandes fragmentos, ou da liberação de quantidades consideráveis de materiais a granel, que podem cair sobre os trabalhadores.

Na tentativa de evitar esses problemas, muitos chutes contam com um sensor de nível do silo, agindo como um detector de chute obstruído. Quando o chute é preenchido até um nível especificado, o sensor reage, desligando o transportador para interromper o fluxo do material para que o chute possa ser esvaziado, seja pelo movimento normal do fluxo ou por limpeza manual.

As medições de nível no manuseio de materiais a granel podem ser divididas em dois tipos: medição contínua e medição de ponto. A medição de nível contínua é comumente usada para moegas ou silos maiores para fornecer uma indicação do nível de material no armazenamento, para controle do inventário ou do processo. Dispositivos de medição de ponto fornecem um sinal quando o nível de material na chute de descarga atinge um nível predefinido. Sensores de medição de ponto são o tipo de sensor geralmente utilizado para chutes de transferência de transportadores, ou

em uma sequência de transportadores com processos intermediários, ou requisitos de armazenamento de pico.

As tecnologias comuns utilizadas na detecção de nível do chute para sistemas de transportadores são as de pá giratória,

Proteção contra relâmpagos

Semelhante à necessidade de proteger os trabalhadores e transportadores contra ventos fortes, é a necessidade de reduzir os riscos associados aos relâmpagos.

Transportadores, por serem grandes estruturas metálicas (geralmente elevadas) expostas à atmosfera externa, são suscetíveis a serem atingidos por raios e requerem proteções contra danos, e para todas as equipes operacionais e de manutenção. Até mesmo transportadores subterrâneos podem ser afetados por relâmpagos, pois frequentemente eles são alimentados com eletricidade, fornecida através de cabos direcionados pelo eixo ou da superfície, através de poços perfurados.

Assim, os transportadores representam uma poderosa atração para raios e deve contar com precauções para proteger os trabalhadores e os equipamentos contra essas enormes descargas de corrente elétrica.

Embora a edição de 2016 da publicação *Safety Around Belt Conveyors*, da South African Conveyor Manufacturers Association (Associação Sul-africana de Fabricantes de Transportadores), tenha eliminado estes trechos, a edição de 2013 ofereceu as seguintes recomendações na seção 4.11 Proteção contra raios:

Aterramento e medidas indicadas em outras normas de proteção aplicáveis precisam ser implementadas e respeitadas. O sistema de proteção da correia do transportador deve ser eletricamente isolado do sistema de controle e de todas as outras redes de controle, em conformidade com os requisitos da norma *SANS 10313* ou *BS 6651*. Qualquer equipamento ou dispositivo que precise ser conectado diretamente ao sistema de controle deve contar com aterramento de acordo com um padrão mínimo aceitável.

Ambas as normas citadas no trecho das diretrizes da CMA agora foram atualizados. A norma *SANS 10313* foi complementada pela série *IEC 62305 Protection against lightning*. A norma *BS 6651* foi substituída pela série *BS EN 62305*.

É uma boa prática monitorar as condições climáticas na área geográfica, para que os sistemas de transportadores possam ser desligados caso os níveis de perigo de relâmpagos atinjam limites predeterminados.

Em geral, as ligações do terra e a continuidade devem ser testados anualmente, e os resultados do teste devem ser registrados. Corrija qualquer problema de aterramento imediatamente.

chave de inclinação, radiofrequência, placa amortecedora, nuclear e de dispositivos com elemento vibratório. A seleção do tipo de sensor de nível é afetada por vários fatores, incluindo as propriedades do material a granel e as necessidades do processo.

Como um controle de segurança, esses switches são utilizados para a detecção de uma condição de transbordamento iminente do chute, indicando uma provável obstrução. Como ocorre com os detectores de desvio da correia, detectores de nível do silo podem ter mais de um ponto de ajuste, fornecendo um aviso e, então, um sinal de parada de emergência.

Dispositivos de medição de nível também podem ser usados para indicar a alimentação na correia ou em uma moega, para evitar uma condição de "falta de estoque", como ocorre quando a ausência de material acima de um triturador ou fornalha pode gerar um problema com a segurança, poeira ou processo.

Dispositivos de indicação de nível do silo são conhecidos por provocarem falsos acionamentos e desligamentos desnecessários do transportador. Como resultado, esses dispositivos são frequentemente ignorados ou mesmo desconectados.

Parte da dificuldade está em selecionar um dispositivo que trabalhe com a grande variedade de propriedades dos materiais a granel manipulados. É normal que um material a granel tenha estado seco e escoamento livre. No entanto, quando uma propriedade, como o teor de umidade ou o tamanho das partículas, é alterada, o material deixará de fluir como esperado ou planejado pelo chute de descarga do transportador. Isso provoca a obstrução do chute ou o bloqueio da descarga.

Se o próprio projeto do silo não contar com um local com proteção adequada para o dispositivo, obstruções dos chutes também poderão ocorrer.

REGULAMENTOS E NORMAS

Detectores de nível do silo e de chute obstruído

Com poucas exceções, os regulamentos existentes não exigem a instalação de detectores de nível da moega ou do silo como dispositivos de controle de segurança, sendo seu uso opcional com base nas necessidades operacionais ou na análise de risco.



Austrália

A seção 2.8.2.9 da norma *AS/NZS 4024.3611* da Austrália/Nova Zelândia exige a integração de detectores de obstrução do chute em transportadores de correia que manipulam materiais a granel.



Europa

Em sua lista de dispositivos automáticos de detecção de anomalias que devem ser instalados, a norma europeia *EN 620*, seção 5.7.2.11, inclui "dispositivos de detecção de bloqueio/sobrecarga do transportador, chute e moega".



Índia

A norma indiana *IS 11592*, seção 8.14.2.4 Cargas especiais, estabelece:

Inclui cargas que não devem ocorrer em nenhum momento da operação do equipamento, mas cuja ocorrência não deve ser excluída. Os principais componentes das cargas especiais são:

- a) Obstrução dos chutes: o peso da obstrução deve ser calculado utilizando uma carga equivalente à capacidade do chute em questão, com a devida referência ao ângulo de inclinação. O material normalmente dentro do chute pode ser desconsiderado. O peso a granel real deve ser medido para o cálculo.

MELHORES PRÁTICAS

Detectores de nível do silo e de chute obstruído

- Instalar dispositivos de detecção de nível em todos os chutes de descarga ativos e/ou moega ativas no sistema, com acionamento em duas etapas, com o primeiro aviso quando o nível do silo estiver acima de 50% do nível do projeto e, em seguida, com a parada de emergência quando o nível for igual a 100% do nível do projeto de acordo com o funcionamento normal.
- Instalar dispositivos de auxílio ao fluxo (por exemplo, canhão de ar ou vibrador) para ajudar na evacuação da moega e no movimento do material quando acúmulos ou bloqueios do silo forem esperados.
- Projetar uma capacidade de aumento de volume no sistema suficiente para permitir uma parada controlada, sem o preenchimento do silo acima do nível operacional 100%.
- Testar os dispositivos de detecção de nível mensalmente e registrar os resultados. Reparar ou substituir imediatamente os dispositivos avariados.

Aviso de ventos fortes

Ventos fortes podem causar instabilidade nas estruturas do transportador, especialmente com transportadores móveis, como empilhadeiras, retornadores e carregadores de navios. Esses transportadores portáteis e estruturas relacionadas geralmente se movimentam sobre trilhos; com o calibre padrão dos trilhos em uso, é difícil garantir a estabilidade em condições com ventos fortes. Quando essas máquinas falham ou são empurradas para fora dos trilhos por ventos fortes, danos materiais consideráveis podem ocorrer, com potencial de ferimentos graves ou fatais para os trabalhadores e operadores.

Em casos como os dos transportadores terrestres, ventos fortes podem gerar poeira ou derramamentos excessivos. Correias vazias são

suscetíveis a serem soprados e levantados dos roletes por ventos fortes.

Um sensor de velocidade de vento é comumente usado para medir a velocidade do vento nesse tipo de transportador. Normalmente, ventos fortes são definidos como aqueles com velocidades constantes ou rajadas momentâneas superiores a 72 quilômetros por hora [≈45 mph]. Quando a velocidade do vento excede o nível admissível de acordo com o projeto, um sinal de limite atingido é enviado e a máquina é desligada de forma controlada, evitando uma parada de emergência.

MELHORES PRÁTICAS

Aviso de ventos fortes

A aplicação de normas especializadas envolve os detalhes da máquina, e, portanto, é difícil fazer declarações sobre melhores práticas gerais.

- Na fase de avaliação de riscos do projeto, identificar os perigos que podem estar relacionados a altas velocidades do vento.
- Quando for esperado que ventos fortes possam criar situações perigosas, instalar indicadores de velocidade do vento, que enviarão sinais de comando quando a velocidade máxima do vento predefinida for atingida.
- Quando dispositivos de velocidade do vento forem utilizados, testar mensalmente e registrar os resultados. Reparar ou substituir imediatamente os dispositivos avariados.

Sensores de calor e detecção de incêndios

Incêndios e explosões de correias de transportadores têm o potencial de resultar em acidentes fatais, e podem ter consequências desastrosas para toda a empresa.

Diversas fontes de ignição podem resultar em incêndios envolvendo transportadores; elas incluem materiais a granel quentes, combustão

Sistemas de alerta de proximidade

Sistemas de alerta de proximidade se tornaram comuns e, até mesmo, obrigatórios, para máquinas móveis em aplicações de mineração subterrânea. O sucesso desses sistemas levou ao interesse por usos adicionais, incluindo aplicações de segurança de transportadores.

Tecnologias

Não existe nenhuma tecnologia única que seja capaz de se adaptar a todas as condições e circunstâncias. Para a segurança das correias de transportadores existem duas tecnologias de alerta de proximidade que podem ser utilizadas como dispositivos de acionamento de parada de emergência: a de capacitância e a de radiofrequência.

Sensores de capacitância detectam alterações na capacitância, que é a capacidade de armazenamento de eletricidade, das áreas próximas. O alcance dos sensores de capacitância é afetado pelo ambiente ao redor do transportador, portanto, geralmente a pessoa deve estar a até 1 metro [≈40 pol.] do sensor para gerar um sinal. Dispositivos baseados em capacitância podem ser usados como uma trava em um painel de proteção, pois o trabalhador precisaria estar próximo à proteção para abri-la ou removê-la.

A tecnologia de radiofrequência é mais flexível em sua aplicação à segurança dos transportadores. Sistemas de RFID (Radio frequency identification, Identificação por radiofrequência) podem detectar um número de identificação exclusivo, legível remotamente, e outros dados, usando tecnologia de rádio sem fio. Um sistema de segurança RFID típico utiliza três componentes: uma etiqueta ou transponder, um leitor e um controlador. Quando um trabalhador usando uma etiqueta RFID entra na área de alcance, o sinal ativa a etiqueta RFID, que envia um sinal de rádio fraco, e, assim, o trabalhador é "detectado" como estando dentro da área controlada.

Esses dispositivos foram adaptados para aplicações de mineração de diversas maneiras, incluindo rastreamento de veículos, rastreamento de pessoal e controle de estoque.

As etiquetas RFID podem ser personalizadas para impedir acesso não autorizado à uma área protegida ou mesmo para rastrear a localização de um trabalhador específico. Uma das desvantagens é que o trabalhador precisa usar uma etiqueta RFID. As etiquetas geralmente são incorporadas a uma peça de equipamento de proteção individual (EPI), como um colete de segurança, que o trabalhador sempre estará usando.

Fatores essenciais para o sucesso dos sistemas de detecção

de proximidade incluem: eles devem impedir o movimento perigoso rapidamente; eles devem ser precisos a curtas distâncias; e eles devem funcionar com vários trabalhadores e máquinas, sob condições industriais desafiadoras e em ambientes com elevados níveis de "ruídos elétricos".

Aplicação como trava do transportador

Travas em equipamentos potencialmente perigosos são projetadas para desligar a máquina caso o acesso seja necessário ou se um trabalhador violar a barreira de segurança. Assim, travas parecem ser uma aplicação útil para os sensores de proximidade.

Talvez a primeira aplicação dessa tecnologia aos transportadores seja em minas, onde os trabalhadores já usam etiquetas de proximidade RFID, o que a MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) denominou "componentes que podem ser vestidos pelos mineradores". O uso mais óbvio seria instalar sensores RFID em sistemas de transportadores nos pontos de pressão, como pontos de transferência, de maneira que a presença de um trabalhador violando a zona de segurança desligaria o sistema.

O NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional) sugeriu o desenvolvimento de sistemas de proteção em dois níveis, onde haveria uma trava em um portão de acesso, bem como um sensor de proximidade para detectar se o funcionário está dentro do perímetro da área protegida.



Um trabalhador utiliza a etiqueta RFID em seu cartão de identificação para ter acesso ao transportador.



O portão para a passarela do transportador é controlado por um sensor de RFID.

espontânea (autoaquecimento) do material a granel, aquecimento por atrito devido a escorregamentos da correia do transportador ou a falhas dos rolamentos e ainda faíscas de lixo metálico nos equipamentos do processo, como trituradores.

Transportadores são usados em processos em que etapas intermitentes produzem altas temperaturas, como escória de cimento e coque. Os processos são projetados para limitar a temperatura do produto para que fique abaixo da classificação da correia, geralmente incorporando algum tipo de resfriador ou banhos com água. Normalmente, correias para aplicações de altas temperaturas podem manipular materiais a granel a 200° Celsius [$\approx 400^\circ\text{F}$]. Se houver fragmentos incandescentes ou todo o lote estiver acima da temperatura, mesmo uma correia resistente ao fogo pode ser queimada.

O pó de muitos materiais a granel, como açúcar, carvão e grãos podem provocar explosões sob determinadas condições. Infelizmente, os próprios sistemas de transportadores podem criar essas condições. Os sistemas de transportadores contam com os cinco requisitos de explosão pela presença de fontes de ignição (calor ou faísca), combustível (concentração explosiva de pó), oxigênio (ar do ambiente), confinamento e dispersão. (**Consulte o Capítulo 17 Pó em transportadores.**)

"Trabalho a quente", procedimentos de manutenção como os de corte e soldagem, podem causar incêndios quando os materiais aquecidos entram em contato com a correia ou com um material a granel combustível. Muitas vezes, a escória quente dessas operações pode cair em locais de difícil detecção e queimar lentamente por algum tempo antes de produzir um incandescência visível, chama ou um nível detectável de calor.

Um sistema de detecção de incêndios bem projetado deve abranger todas as fontes de ignição potenciais. Sensores de calor são usados como proteção para detectar possíveis falhas

dos componentes, como rolamentos, motores e caixas de transmissão. Os sensores de calor também são usados para detectar incêndios na correia do transportador. (**Consulte o Capítulo 15 Transportadores, correias e incêndios.**) Um relatório da Comissão Europeia sobre a detecção de incêndios em transportadores de correia, intitulado *Early Detection And Fighting Of Fires In Belt Conveyors (Edaffic)*, identifica os seguintes componentes que devem ser monitorados por detectores de pontos de calor:

- (i) polias traseiras,
- (ii) polias de cabeça,
- (iii) polias do contrapeso ou côncavas,
- (iv) pontos de transferência
- (v) pontos de carga e descarga e
- (vi) dispositivos hidráulicos e elétricos.

Existem duas categorias de sensores de detecção de calor comumente utilizados em transportadores: de temperatura fixa e de velocidade de elevação. Sistemas de temperatura fixa são projetados para operar quando o ar ao redor do sensor atinge uma temperatura definida, normalmente 57°C [$\approx 135^\circ\text{F}$] ou mais. Sistemas de velocidade de elevação monitoram a taxa de aumento da temperatura por unidade de tempo, normalmente um aumento de 5°C a 8°C [$\approx 10^\circ\text{F}$ a 15°F] por minuto. Em geral, ambos os tipos de sistemas são utilizados em áreas confinadas, onde incêndios com evolução rápida são esperados e a velocidade da detecção não é considerada relevante.

Há várias tecnologias aplicadas a sensores de calor. Sensores de ponto de calor utilizam detecção por infravermelho ou luz ultravioleta. Normalmente, sistemas de detecção de pontos são instalados acima do transportador, com a cobertura de detecção dentro de um raio de visibilidade, e responde a alterações no espectro da luz emitida pelo material aquecido ou incandescente. Sistemas de detecção de pontos podem ser dos tipos com ou sem fio. Esses sensores frequentemente são integrados

a dispositivos para remover os pontos de calor por rejeição mecânica ou aplicação local de água.

Sistemas lineares de detecção de calor com base em fibra óptica são instalados ao longo dos transportadores bem próximos à fontes de calor potenciais, principalmente na polia principal e os rolamentos do rolete. O calor afeta a capacidade de transmissão da fibra óptica e permite a detecção precisa da temperatura e das fontes de calor ao longo do transportador.

Aspersores são compostos por sistemas de detecção e de extinção combinados em um único dispositivo. Normalmente, o bico do aspersor é fechado por um disco ou válvula, que é mantida no lugar por uma liga metálica fusível ou por uma ampola sensível ao calor com capacidade de suportar uma temperatura específica, normalmente 57°C [≈135°F]. Como ocorre com os detectores de calor, o fogo eleva a temperatura ambiente, fazendo a liga derreter ou a ampola quebrar, liberando, assim, água sobre a correia do transportador. Sistemas de aspersão para transportadores são tipicamente do tipo dilúvio, que inundam a correia do transportador e a carga quando ativados. Entretanto, outros tipos de sistemas de combate a incêndios podem ser usados, como espuma e pó seco.

Os sensores de detecção de calor podem ser integrados ao sistema de controle como dispositivos de aviso e/ou de parada de emergência. A detecção de incêndios em transportadores em movimento pode ser difícil. Após a correia do transportador ou a carga entrar em combustão, o transportador deve ser desligado e o dano deve ser isolado, ou todo o sistema do transportador, equipamentos próximos e instalações poderão ser destruídos. Embora os sensores de ponto de calor possam ser usados para a detecção antecipada de um incêndio, a experiência demonstra que outros tipos de sensores, como detectores de fumaça e monóxido de carbono, podem fornecer melhores resultados.

REGULAMENTOS E NORMAS

Sensores de calor e detecção de incêndios



Austrália

Quando a operação de um transportador tiver o potencial de criar um risco de incêndio, o transportador deve ser projetado para minimizar, detectar e, por fim, combater o incêndio, como explicitamente indicado na norma *AS/NZS 4024.3610: Conveyors – General requirements*.

Em relação às informações sobre aplicações de mineração, a norma *AS/NZS 4024.3610* faz referência às diretrizes *Mine Design Guideline (MDG) 1032 Guideline for the prevention, early detection, and suppression of fires in coal mines*, publicadas em 2010 pela divisão de Operações Seguras em Minas do Department of Industry & Investment (Departamento da Indústria e Investimentos) de New South Wales.

A norma para o manuseio de materiais a granel em transportadores de correia, *AS/NZS 4024.3611*, também fornece requisitos de detecção de incêndios, na seção 2.8.2.7. Nela, é indicado que sistemas de detecção de incêndios devem ser instalados nos acionamentos do transportador de correia e em outras áreas com risco de incêndio. Os dispositivos devem fornecer um alarme como um alerta para o risco de incêndio.

Na tabela onde são listados os Controles de parada de proteção para transportadores de correia para manuseio de materiais a granel, a norma *AS/NZS 4024.3611* indica que os controles de parada de proteção com detecção de incêndios são obrigatórios em minas subterrâneas de carvão, oferecendo apenas uma recomendação de uso em outras aplicações de transportadores.



Europa

Na seção 5.7.2.11, a norma europeia *EN 620 5.7.2.11* inclui "dispositivos de detecção de calor" entre os dispositivos de detecção automática de falhas que devem ser instalados.



Estados Unidos

A norma *30 C.F.R.*, Subparte L Proteção contra incêndios, seções 75.1100 a .1103, da MSHA, oferece requisitos detalhados para tecnologias de detecção de calor e incêndios e sistemas de combate a incêndios.

MELHORES PRÁTICAS

Sensores de calor e detecção de incêndios

- Instalar sensores de calor com detecção de pontos nos rolamentos principais das polias traseiras, polias de cabeça, polias do contrapeso ou côncavas, bem como nas caixas de transmissão, freios e nos dispositivos hidráulicos e elétricos.
- Instalar detectores lineares de calor nos rolamentos dos roletes do transportador ou próximos a eles.
- Instalar detectores de monóxido de carbono nos pontos de carga e nos pontos de descarga caso o material a granel seja combustível.

Outros sensores

Outros sistemas de detecção eletrônica têm aplicações na melhoria da segurança do transportador ou na redução da recorrência ou da urgência das atividades de manutenção, o que, em muitos aspectos, é o mesmo que aprimorar a segurança. Estes sensores incluem:

- *Sensores de capacitância/proximidade*
Sensores de capacitância são usados para detectar a presença de um trabalhador em uma zona de perigo. Eles vêm se tornando equipamentos padrão utilizados para reduzir o risco de esmagamento de funcionários que trabalham próximos a equipamentos móveis.

Nos Estados Unidos, o NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional) também recomendou o uso dessa tecnologia com proteções de área para reduzir a chance de um trabalhador estar em uma zona de perigo quando no momento da inicialização de um transportador.

- *Sensores de vibração*
Sensores de vibração são comumente usados nos rolamentos principais e em equipamentos vitais, como redutores, para fornecer uma indicação proativa de possíveis falhas. Falhas dos rolamentos que provocaram incêndios já foram registradas e podem resultar em falhas desastrosas dos eixos, polias e redutores, com graves consequências para a segurança.
- *Sensores de poeira*
São frequentemente instalados em transferências em que os níveis excessivos de pó representam um risco de explosão ou à saúde. (**Consulte o Capítulo 17 Pó em transportadores.**)
- *Sensores de gás*
São sensores instalados para detectar gases tóxicos ou explosivos, como metano, monóxido de carbono e níveis excessivos de oxigênio. Uma aplicação comum é na mineração subterrânea de carvão; esses sensores são usados em outras aplicações em que o acúmulo de gases perigosos representa um risco para a segurança e a saúde.

CONCLUSÕES

Além do exposto anteriormente, muitos transportadores são equipados com dispositivos para a detecção de lixo metálico e materiais estranhos, para detectar rompimentos na correia, para monitorar a integridade das emendas ou para medir o peso carregado do transportador. Embora possa parecer que esses sistemas não têm nenhuma ligação óbvia com a segurança do trabalhador, todos eles servem para garantir que o sistema do transportador continue em funcionamento e produtivo, reduzindo, assim, a necessidade da presença dos trabalhadores nas proximidades do transportador para executar atividades de manutenção, o que, muitas vezes, coloca os trabalhadores em perigo. ⚠



Capítulo 5 **Alarmes de inicialização**

INTRODUÇÃO	57
O travamento é essencial.....	58
A necessidade dos sinais de aviso..	59
REGULAMENTOS E NORMAS.....	61
Alarmes	65
MELHORES PRÁTICAS	69
CONCLUSÕES.....	70

INTRODUÇÃO Segurança na inicialização

Normalmente, transportadores têm grandes extensões de correias e estruturas com diversas polias, roletes e outros componentes fixos e móveis que ficam fora do campo de visão do operador.

Assim, operadores de transportadores devem seguir procedimentos específicos antes de iniciar o transportador, para garantir que não haja nenhum objeto estranho ou pessoas sobre ele. Entretanto, ainda existem riscos de que um operador não veja trabalhadores ou objetos sobre ou próximos ao transportador. Esses trabalhadores serão colocados em perigo pelo movimento do transportador.

As consequências podem ser graves caso um transportador que não tenha sido travado seja ligado e comece a se movimentar na presença de funcionários nas proximidades, trabalhando no transportador ou próximos a ele. Portanto, muitas jurisdições exigem a emissão de avisos. Porém, as particularidades desse tipo de

aviso, como o tipo e a duração do som, o uso de luzes, o intervalo de tempo entre o aviso e a inicialização efetiva do transportador, normalmente não são especificadas.

As regras de segurança exigem que qualquer transportador só seja iniciado caso a pessoa executando essa tarefa tenha a certeza de que todos estejam afastados. Para garantir isso, as normas exigem um sistema de aviso direto sonoro ou visual para acomodar diferentes condições de mineração e moagem.

O travamento é essencial

Em 2012, a MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) dos Estados Unidos emitiu um alerta sobre as melhores práticas de travamento de transportadores de correia. De acordo com o documento *MSHA Hazard Alert – Conveyor Startup Fatalities*, três mineiros em diferentes operações haviam morrido no período de 20 meses, quando os transportadores de correia nos quais cada um deles estava trabalhando foram iniciados inesperadamente.

O *MSHA Hazard Alert* afirma que "Em cada um desses casos, o motor de acionamento do transportador não estava desenergizado, travado e etiquetado. Em um dos acidentes, um dos colegas sabia que a vítima não havia realizado o travamento".

Para aprimorar a segurança no trabalho com transportadores, o documento *MSHA Hazard Alert* listou os itens a seguir como as melhores práticas para evitar mortes relacionadas à inicialização de transportadores:

- Desenergize, trave e etiquete o motor de acionamento
- Estabeleça e siga procedimentos de trabalho seguro
- Treine os mineiros em relação à segurança geral e às tarefas atribuídas a eles
- Mantenha comunicação com todos os mineiros

Trabalhador morre em pedreira durante a limpeza de um transportador parado

Um funcionário de uma cascalheira, de 41 anos, morreu enquanto limpava os materiais da correia de um transportador de transferência. O trabalhador limpava material das laterais de um transportador de 30 polegadas [≈ 762 mm], que estava parado e desligado.

Quando o supervisor reiniciou o transportador, o trabalhador percebeu que o chute de descarga estava obstruído. Embora tenha sido instruído a manter-se afastado, o funcionário instintivamente subiu na correia para limpar o chute. De onde estava posicionado - no painel elétrico localizado próximo a uma estação de lavagem de rochas, o supervisor não tinha uma boa visão da correia do transportador. O supervisor acionou a chave do freio; não havia nenhum sistema de alarme de inicialização instalado.

Quando o movimento do transportador foi iniciado, o funcionário caiu sobre a correia. Ele foi arrastado pela correia durante 30 segundos, cobrindo toda a extensão de 225 pés [≈ 69 m] do transportador, antes de ficar preso em um suporte do motor com cantoneira, o que resultou em lesões fatais.

Devido ao acidente, os controles do transportador foram reposicionados. A reinicialização, agora, é realizada com as correias no campo de visão do operador. Além disso, todas as correias ao longo do trajeto desse transportador, da cascalheira até a estação de lavagem de rochas, são travadas pela mesma chave. A parada de uma delas vai parar todas as outras, evitando sobrecarga de material. Isso garantirá que as circunstâncias que levaram a essa fatalidade não sejam repetidas nesse local.

Também foram instalados alarmes de segurança de reinicialização das correias. Um alarme alto, com duração de 20 segundos, soa antes da inicialização das correias e é seguido por um intervalo de 30 segundos antes do início efetivo do movimento da correia.

A primeira recomendação do relatório *Fatality Assessment and Control Evaluation (FACE) Report*, do NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional), inclui:

... A inicialização também deve incluir um alarme de aviso... A adição de alarmes de aviso e dispositivos de retardo é uma proteção extra necessária para resguardar os funcionários que trabalham com correias de transportadores ou máquinas móveis.

- Verifique visualmente os transportadores antes da inicialização
- Tenha um registro numérico de todos os mineiros em uma equipe de trabalho
- Forneça um alarme de pré-inicialização suficientemente alto
- Soe o alarme antes da inicialização do transportador
- Utilize proteção contra quedas quando houver risco de quedas
- Forneça e mantenha um meio seguro para acessar todos os locais de trabalho

Apesar da ênfase dada e das exigências relacionadas às atividades de travamento/etiquetagem, é razoável presumir que ainda haverá trabalhadores trabalhando com transportadores que estejam desligados, porém não travados.

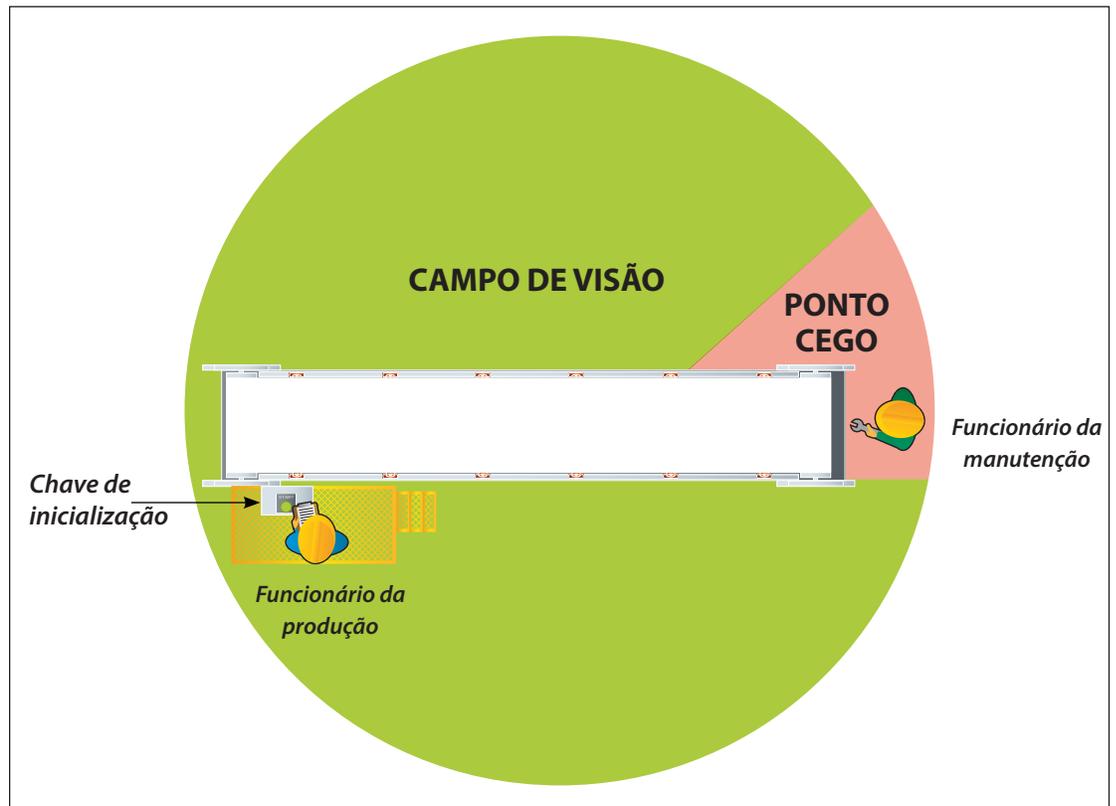
A necessidade dos sinais de aviso

Atualmente, fornecer um aviso sobre a inicialização iminente do equipamento é uma prática reconhecida. A maior parte dos equipamentos móveis conta com algum tipo de alarme sonoro/visual. Podem haver muitas partes móveis na máquina, e o operador não será capaz de verificar se todas elas estão liberadas. (Figura 5.1.)

Muitos transportadores fazem parte de uma sequência de transportadores e de outros equipamentos no processo, que são iniciados por meio automático ou manual, porém, remotamente. Isso introduz o risco de que o transportador seja iniciado sem que um aviso seja emitido para os trabalhadores nas proximidades imediatas do equipamento. Os riscos podem estar relacionados ao movimento do transportador ou à criação de uma atmosfera em uma área fechada que exija que os trabalhadores saiam da área ou vistam equipamentos de proteção contra poeiras nocivas, lançamento de materiais ou temperaturas elevadas. Os riscos associados

Figura 5.1.

Os alarmes são necessários quando há obstruções, como o próprio sistema de transporte, que impeçam a equipe que inicia o transportador de visualizar um trabalhador em uma zona de perigo.



aos avisos de inicialização estão vinculados ao funcionamento do dispositivo de aviso, à capacidade de ver ou ouvir o aviso e a um tempo de duração adequado para que uma pessoa se distancie do transportador ou do recinto do transportador.

Avisos de inicialização podem ser sonoros, visuais ou ambos, dependendo dos níveis de ruído, luminosidade ou poeira, e também da complexidade do percurso do transportador.

A sétima edição do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials*, publicado em 2014 pela CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores), observa:

Todos os transportadores sem proteção devem ser equipados com um sistema sonoro ou visual que forneça avisos antes da inicialização e ao longo de

toda a extensão do transportador.

Normalmente, esses avisos consistem em buzinas, sirenes, luzes intermitentes ou luzes estroboscópicas. Eles são ativados por um determinado período, após a solicitação da inicialização, e antes do início do movimento do transportador.

Na verdade, a CEMA reforçou ainda mais as recomendações de sua publicação ao longo dos últimos nove anos. A recomendação "**Alguns** transportadores sem proteção devem...", como apresentada na quinta edição publicada em 1997, foi reforçada na sexta edição de 2005: "**Todos** os transportadores sem proteção devem..." [ênfase adicionada - ed.].

A publicação *Best Practices on Conveyor Safety* da legislação Workplace Safety and Health, Policy and Legislation do governo de Alberta, fornece a seguinte orientação:

Operador de moinho fica preso em moega de descarga de transportador e morre asfixiado por compressão mecânica

Em sua análise de uma fatalidade ocorrida em maio de 1996, em que um operador de uma fábrica de painéis e gesso ficou preso em uma moega de alimentação do transportador, o relatório *FACE Case Report*, da *Maryland Division of Labor and Industry* (Departamento de Trabalho e Indústria de Maryland), declarou:

É desconhecida a razão pela qual a vítima se aproximou do transportador enquanto ele estava em funcionamento, e ninguém testemunhou o incidente. No entanto, verificou-se que a vítima poderia estar tentando ajustar o raspador da correia pela parte superior da extremidade de alimentação do transportador, sem bloquear a fonte de alimentação, quando perdeu o equilíbrio e caiu sobre a correia do transportador em movimento.

É possível que a vítima tenha parado a correia, mas não tenha bloqueado a alimentação, e tenha permanecido sentada ou ajoelhada sobre a correia, usando uma chave de fenda para ajustar o raspador da correia. O transportador pode ter sido iniciado da sala de

controle, fazendo com que a vítima fosse puxada para o chute de descarga antes de ter tempo para reagir.

A fábrica tinha um programa de segurança em vigor e a vítima havia recebido treinamento em travamento/etiquetagem apenas dois meses antes.

Isso levou à inclusão do item a seguir como uma das quatro recomendações do relatório *FACE Report*:

Recomendação nº. 4:

Os funcionários devem instalar um alarme de inicialização que será acionado por um período de tempo predeterminado antes da inicialização da correia do transportador.

A discussão desta recomendação também inclui:

A instalação de um dispositivo de sinalização sonoro, visual ou ambos, forneceria um aviso aos funcionários. Um aviso com um tempo de duração predeterminado garantiria que os trabalhadores pudessem deixar a área antes de iniciar o sistema do transportador. Entretanto, isso não substituiu um procedimento de travamento/etiquetagem eficaz.

Para transportadores com inicialização com controle automático ou remoto, bem como para transportadores em que o trabalhador não seja capaz de visualizar toda a extensão dos mesmos, um dispositivo de aviso visual ou sonoro deverá anunciar a inicialização do transportador.

Embora a presença dos alarmes de inicialização seja, de maneira geral, aceita e considerada necessária, existem poucas especificações no que diz respeito à natureza desses indicadores. Não podemos julgar se a ausência de especificações se deve às características diversas dos sistemas de transportadores e ambientes industriais em geral, ou à alguma falha em termos de informações ou interesse por parte dos reguladores.

O aviso de pré-inicialização permite que qualquer pessoa nas proximidades de equipamentos móveis saiba que o equipamento está prestes a ser iniciado. Se o trabalhador não for o funcionário responsável por acionar a inicialização, ele não terá como saber quando a ação está prestes a começar. Se nenhum aviso for fornecido, é possível que haja pessoas em risco quando a correia iniciar o movimento.

REGULAMENTOS E NORMAS

A maioria das jurisdições fornece regulamentos que abrangem a inicialização de transportadores; esses regulamentos preveem variados graus de especificidade em relação à natureza dos avisos.



Austrália

Na Austrália, os avisos sonoros são obrigatórios, porém, poucas orientações são fornecidas no que diz respeito à natureza específica desses avisos.

A norma *AS/NZS 4024.3610* da Austrália/ Nova Zelândia observa, na cláusula 2.10.4, que:

Quando houver riscos que não possam ser controlados no processo

de inicialização de um transportador ou sistema transportador, um sistema de aviso de pré-inicialização operado automaticamente deverá alertar para o início da operação do transportador e para a existência de um risco potencial. O sistema deverá ser apresentado como um aviso sonoro, com um tempo de duração adequado, e soará antes da inicialização do transportador. O aviso sonoro poderá ser complementado por um dispositivo de aviso visual. Esses dispositivos devem continuar a indicação até que o transportador seja iniciado.

Caso avisos sonoros, visuais ou ambos, sejam fornecidos, eles não deverão substituir proteções físicas.

Avisos sonoros ou visuais deverão ser monitorados ou inspecionados periodicamente para garantir níveis adequados de segurança e de funcionalidade.

A cláusula observa, em seguida, que as orientações sobre sinais e dispositivos de aviso são fornecidas na norma *AS 4024.1202*, enquanto que as orientações sobre sinais visuais e sonoros são fornecidas na norma *AS 4024.1904*.

Os trechos das regulamentações *Western Australia's Mines Safety and Inspection Regulations 1995* a seguir, como estabelecidas em 12 de janeiro de 2013, reiteram os requisitos.

4.6 Segurança no transporte em transportadores de correia

(3) Gestores de minas subterrâneas devem garantir que, na medida do possível, um dispositivo de aviso, que possa ser ouvido em todos os locais ao longo, sempre soe antes da inicialização de qualquer correia do transportador na mina, para avisar aos funcionários sobre a inicialização iminente do transportador.

(4) O gestor da mina subterrânea deve garantir que se houver transportadores projetados na mina para inicialização automática ou por controle remoto, seu projeto deverá incluir um alarme, que possa ser ouvido em todos os locais ao longo do transportador, que soe por um período de tempo adequado antes da inicialização da correia do transportador.

Na seção 5, o documento permite algumas variações:

(5) A sub-regulamentação (3) não se aplica a transportes mais curtos nas estações de carga ou nos pontos de transferência se sinais de aviso sobre a operação de inicialização automática ou remota (conforme o caso) forem exibidos de maneira visível em cada entrada e nas proximidades do sistema do transportador.

Um item especificado pelas normas *Mines Safety and Inspection Regulations 1995*, em 17.1 Penalidades gerais, é a multa por violações dessa regulamentação (e de outras regulamentação apresentadas no documento). Há multas, com valores em dólares australianos, para diversas categorias de infratores: de AUD\$ 5.000, para a primeira infração de um funcionário, a AUD\$ 50.000, para a primeira infração de uma empresa.



Brasil

A norma brasileira sobre transportadores, a *NR-22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*, de acordo com a atualização de 2011, estabelece o seguinte:

22.8.6 – A partida dos transportadores contínuos só será permitida decorridos vinte segundos após sinal audível ou outro sistema de comunicação que indique o seu acionamento.

As exigências de alarmes sonoros são igualmente indicadas nas diretrizes da norma *NR-22* para máquinas:

22.11.4 – As máquinas e sistemas de comando automático, uma vez paralisados, somente podem voltar a funcionar com prévia sinalização sonora de advertência.

22.11.5 – As máquinas e equipamentos de grande porte devem possuir sinal sonoro que indique o início de sua operação e inversão de seu sentido de deslocamento.



Canadá

O código Occupational Health and Safety Code 2009 da província de Alberta, na Parte 25, subseção 365, especifica:

365(1) – O empregador deve garantir a instalação de um sistema de alarme se:

- (a) o operador não tiver uma visão clara da máquina, ou de partes dela, do painel de controle ou da estação do operador onde estiver posicionado e
- (b) as peças móveis da máquina colocarem os trabalhadores em risco.

365(2) – O sistema de alarme deve alertar os trabalhadores de forma eficaz sobre a inicialização iminente da máquina.

O guia *OHS Safety Code's Explanation Guide 2009* da província de Alberta oferece as seguintes informações:

Parte 25, subseção 365(1)

Esta subseção aborda a utilização de sistemas de alarme na inicialização de máquinas. A inicialização de máquinas pode causar lesões aos trabalhadores próximos a elas caso os trabalhadores não estejam cientes da inicialização, e se a máquina não estiver adequadamente protegida. Se o operador não for capaz de ver a máquina, ou partes da máquina operada, do painel de controle ou da estação do operador, e se as peças móveis da máquina puderem colocar os trabalhadores em risco, um sistema de alarme deverá ser instalado.

O sistema de alarme poderá incluir sirenes, campainhas, buzinas, luzes intermitentes ou uma combinação desses alarmes. A combinação de sistemas de alarme visuais (luzes intermitentes) e sonoros (sirene, campainha ou buzina) oferece a melhor proteção.

Os sistemas de alarme devem ser automáticos. Eles devem ser construídos e devem estar localizados de forma que forneçam ao trabalhador um sinal sonoro ou visual identificável. Os dispositivos sonoros devem ter um som característico e devem ser mais altos do que os ruídos do ambiente, incluindo o ruído da máquina operada.

Não é necessário utilizar um sistema de alarme se as peças móveis da máquina que possam colocar os trabalhadores em risco estiverem protegidas.

Uma norma semelhante, *Ontario Occupational Health and Safety Act, R.R.O. 1990, Regulamentação 851 Estabelecimentos industriais*, remove a opção de controle manual, exigindo avisos automáticos:

33. Partes dos transportadores ou outras máquinas móveis que não sejam visíveis da estação de controle, e sempre que a inicialização colocar em risco os trabalhadores, devem ser equipadas com dispositivos de aviso de inicialização automáticos.

O código *The Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia* é ainda mais específico com suas exigências do item *Correias de transportadores 4.4.16*:

- (5) Em todos os transportadores que possam ser iniciados automaticamente por controle remoto, ou caso o operador tenha visibilidade limitada de todo o transportador, um dispositivo de aviso sonoro de inicialização deverá ser instalado e deverá haver um atraso de, pelo menos, 10 segundos entre o final do aviso, que deve ter

duração mínima de 10 segundos, e a inicialização do transportador.

Outras províncias canadenses fornecem instruções similares através de suas próprias agências reguladoras.

A regulamentação *Regulation respecting occupational health and safety in mines*, do Quebec, seção 3 Transportadores, subseção 373, observa que todos os transportadores devem:

- (6) ser equipados com um dispositivo luminoso ou sonoro, que sinalize a inicialização do transportador para os trabalhadores, sempre que houver inicialização automática ou remota, ou quando a visibilidade do transportador do centro de controle do operador for parcial, e houver acesso às peças móveis;



Europa

A norma europeia *EN 620*, seção 5.7.2.6 Função de inicialização, indica:

Se a inicialização do equipamento de manuseio mecânico puder resultar em uma condição perigosa, então um aviso sonoro claro, com duração de 3 segundos, deverá ser soado 10 segundos antes da inicialização e/ou um sinal de aviso visual, como uma luz intermitente, deverá ser fornecido, de acordo com as normas *EN 457:1992*, *EN 842:1996* e *EN 61310-1:1995*, conforme apropriado.

As normas adicionais mencionadas são:

- *EN 457:1992 Safety of machinery. Auditory danger signals. General requirements, design and testing.*
- *EN 842:1996 Safety of machinery. Visual danger signals. General requirements, design and testing.*
- *EN 61310-1:1995 Safety of machinery. Indication, marking and actuation. Requirements for visual, auditory and tactile signal.*

A norma *EN 620* continua, na seção 5.7.2.6:

Tais sinais devem ser fornecidos, por exemplo, em situações em que o equipamento de manuseio mecânico esteja fora do campo de visão do operador, ou caso seja necessário alertar pessoas que possam estar nas áreas de trabalho ou de trânsito, sobre a inicialização iminente de um determinado transportador ou mecanismo.

Caso o transportador tenha sido equipado para alimentar outros transportadores, a inicialização deve ser coordenada por meio da utilização de interligamentos adequados. Esses interligamentos devem garantir a inicialização sequencial correta e evitar a alimentação de transportadores que não estejam em funcionamento ou que já estejam operando com carga total.

No catálogo do fornecedor [The Complete Spectrum of Signaling Technology (Edition 14)], da PfannenberG GmbH Electro-Technology for Industry, há uma observação sobre a norma *EN 54-23 Fire alarm devices – Visual alarm devices*, que exige as seguintes especificações para dispositivos de sinalização visual:

- É exigida uma intensidade de iluminação mínima de 0,4 lux (lm/m^2) ao longo de todo o volume coberto, ou seja, todo o espaço em que o sinal de alarme deverá atuar (por exemplo, instalações de produção).
- O dispositivo de sinalização visual deve emitir luz intermitente branca ou vermelha.
- A taxa de intermitência deve ficar entre 0,5 Hz e 2 Hz.



A Rússia/Comunidade dos Estados Independentes (CEI)

Na Rússia e nos outros membros da Comunidade dos Estados Independentes (CEI), a norma *GOST 12.2.022 Occupational Safety Standards System. Conveyors. General*

Safety Requirements permite que o aviso de inicialização seja um sinal, um som ou uma luz. A regulamentação não indica uma duração específica para o sinal de aviso, porém exige que o sistema incorpore comunicação bidirecional, permitindo uma resposta de confirmação antes da inicialização.

3.10 Nas partes de uma linha de transportadores que estejam fora da zona de visibilidade do operador, posicionado no painel de controle, um sinal, som ou luz de aviso de pré-inicialização bidirecional deverá ser instalado e deverá ser ligado automaticamente antes que o acionamento do transportador seja ligado.

O sistema de sinalização bidirecional não apenas garantirá que as pessoas fora do campo de visão do painel de controle sejam notificadas sobre a inicialização iminente do transportador, como também garantirá o envio de um sinal de resposta das partes da linha que não são visíveis para o operador no painel de controle, informando que o transportador está pronto para ser iniciado.



África do Sul

Nas diretrizes contidas na publicação *Safety Around Belt Conveyors*, a associação Conveyor Manufacturers Association of SA Limited (Associação Sul-africana de Fabricantes de Transportadores Limitada) especifica que não deve haver movimento até que o sinal de aviso seja acionado, mas não oferece nenhuma orientação sobre a natureza específica dos sinais sonoros ou visuais.

A lei *Mine Health and Safety Act 1996*, seção 8.9(1), afirma, de acordo com a revisão do ano de 2011:

- (f) um ou mais dispositivos devem ser instalados e utilizados para fornecer aviso antecipado suficiente, a todas as pessoas e em todos os pontos onde seja possível acessar as instalações

da correia do transportador, por um período determinado pela avaliação de risco da mina, respeitando o período mínimo de 10 segundos, sobre a movimentação iminente de qualquer parte das instalações da correia do transportador;



Estados Unidos

Nos Estados Unidos, a OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) exige a emissão de um sinal sonoro antes da inicialização de qualquer transportador. Na norma *29 CFR 1926.555(a)(1)*, a OSHA observa que "... Sistemas de transportadores devem estar equipados com sinais de aviso sonoros, que devem soar imediatamente antes da inicialização do transportador".

Em instalações de manuseio de produtos metálicos e não metálicos (acima e abaixo do nível solo), nas regiões dos Estados Unidos regidas pela MSHA, as seções (30 CFR) *56.14201* e *57.14201* Avisos de inicialização de transportadores listam as seguintes exigências:

- (a) Caso seja possível visualizar toda a extensão do transportador do local onde a chave de inicialização está posicionada, o operador do transportador deverá verificar visualmente para confirmar se todas as pessoas estão seguras, antes de iniciar o transportador.
- (b) Caso não seja possível visualizar toda a extensão do transportador do ponto de localização da chave de inicialização, um sistema que forneça aviso visual ou sonoro deverá estar instalado e em funcionamento para alertar sobre a inicialização do transportador. Trinta segundos após o aviso, o transportador deverá ser iniciado ou um segundo aviso será dado.

Nos Estados Unidos não existem regulamentos sobre o tempo de duração do alarme; o requisito indica apenas que deve haver um aviso de pré-inicialização. Como observou um participante do fórum *Conveyor User Forum* do *cr4.globalspec.com*, "o aviso não precisa ser uma buzina; se a operação for pequena, alguém pode apenas gritar para dar o alerta".

Figura 5.2.

Existem vários estilos disponíveis de alarmes de inicialização.



Figura 5.3.

Não importa qual é o tipo de alarme usado, o principal critério é que ele seja suficientemente alto para que seja ouvido além do ruído geral da operação.



Alarmes

Alarme manual ou automático

As normas para avisos de inicialização têm sido interpretadas de maneira uniforme pela MSHA, assim como por suas organizações antecessoras nos Estados Unidos, e por grupos regulatórios semelhantes no sentido de incluir nos transportadores sistemas de alarme manuais e automáticos, desde que esses sistemas sejam usados em cada transportador ou série de transportadores em um determinado sistema.

A MSHA e muitos operadores de minas acreditam que um sistema automático de aviso e partida é mais eficaz do que um manual, e deve ser o sistema preferencial. Primeiro, o sistema de alarme automático soa

a buzina de inicialização, antes de movimentar efetivamente o transportador. Uma sequência automatizada garante que a buzina forneça o aviso antes que a energia seja transmitida para o motor do transportador, eliminando a possibilidade de que um trabalhador negligencie a ativação do alarme antes de iniciar o transportador.

Um sistema de alarme manual para transportadores aciona um alarme sonoro por meio de um botão independente e, então, usa um botão separado para iniciar o transportador. Ele pode ser considerado "direto" e em conformidade com a norma, desde que o sistema seja, de fato, capaz de avisar às pessoas antecipadamente sobre a inicialização do transportador. Os operadores devem ser instruídos a soar o alarme e, em seguida, confirmar se todos estão em

segurança, antes de ativar o botão separado que inicia o sistema do transportador.

Na norma *CFR 30 56.14201(a)*, a MSHA dispensa os sistemas de transportadores que sejam integralmente visíveis do ponto onde a chave de inicialização está localizada, dos requisitos de um sistema de aviso de inicialização direto. Entretanto, a MSHA recomenda que todos os sistemas de transportadores possuam um aviso de inicialização sonoro ou visual direto, mesmo quando são visíveis integralmente do local onde a chave de inicialização está posicionada. Isso elimina o risco de erro humano, caso um trabalhador inicie o transportador sem verificar os outros trabalhadores.

Em algumas operações, a buzina é soada manualmente, e o transportador é iniciado

Práticas anedóticas relativas a avisos de inicialização descritas em fóruns on-line

Em fóruns on-line, equipes de fábricas de todo o mundo comparam os avisos de inicialização de suas fábricas. Veja a seguir trechos das discussões.

"... alarme de pré-inicialização sonoro e visual com duração de 30 segundos e, em seguida, início imediato."

"O alarme tem duração de 10 segundos e, depois, o início é imediato. Em nossas instalações, 10 segundos são tempo suficiente para que os funcionários se afastem do equipamento."

"Na maior parte do tempo, temos um aviso de dez segundos antes da inicialização efetiva da correia."

"Já vi alguns em que o operador deve manter o botão de inicialização pressionado até que o movimento comece."

"... o alarme é acionado sempre que o sistema do transportador é colocado em modo automático, e o botão ligar/desligar é pressionado. Um alarme geral muito alto, com luz intermitente, é acionado no painel de controle e, geralmente, em algum lugar na outra extremidade remota. Após 5 segundos de alarme, o transportador é iniciado. Estou pensando em mudar um pouco o sistema. Com a mudança, o alarme seria ativado a primeira vez que o botão fosse pressionado. Então, o operador precisaria manter o botão pressionado durante 5 segundos ou precisaria pressionar o botão novamente em até 8 segundos (dessa maneira, se houvesse um aviso sobre algum problema, o sistema não seria iniciado)."

em seguida, sob o comando do operador. A buzina é um processo manual; o operador deve apertar fisicamente o botão da buzina e, então, liberá-lo para ativar o botão de inicialização do transportador. Geralmente, os dois controles são interligados, para que não possam ser pressionados simultaneamente.

É importante prestar atenção especial à eficácia geral do sistema de aviso sonoro, para ter a certeza de que o aviso foi acionado em todos os transportadores do sistema. Isso não significa que uma buzina ou dispositivo similar deva ser instalado em cada transportador, mas sim, que o aviso deve ser direto e efetivo para cada transportador ou série de transportadores que possam ser desligados ou iniciados de forma independente no sistema.

Alarmes para transportadores com ciclo automático de ligação e desligamento

Em um esclarecimento publicado chamado *Program Information Bulletin*, em março de 2012, a MSHA fez a seguinte observação sobre as regulamentações de inicialização de transportadores 30 CFR 56.14201 e 57.14201:

... aplicável à transportadores operados manual ou automaticamente, incluindo sistemas automáticos controlados por computador, como controladores lógicos programáveis.

Na aplicação das normas à transportadores que sejam automaticamente parados e iniciados como parte de um ciclo regular de produção, a equipe da MSHA responsável pela aplicação foi instruída a considerar o período de tempo durante o qual o transportador permanece parado. Se a parada for suficientemente longa para que os trabalhadores acreditem que o transportador foi desligado "intencionalmente e antecipem que um aviso será fornecido" antes que o transportador seja reiniciado, haverá a exigência de fornecimento de avisos adequados.

Tipos de alarmes sonoros

As normas da OSHA nos Estados Unidos, entre outras normas, exigem um sinal sonoro, mas poucas orientações ou especificações são fornecidas na regulamentação. (**Figura 5.2.**)

Com base em uma revisão da literatura, as considerações sobre alarmes sonoros de inicialização incluem:

- Certifique-se de que o som do alarme do transportador seja mais alto do que o ruído ambiente da fábrica (os ruídos dos equipamentos/processos próximos, incluindo a presença ocasional de equipamentos pesados na área).
- Certifique-se de que o alarme seja um som único, para que os trabalhadores e visitantes saibam que há algum equipamento sendo iniciado, e não a mesma campainha ou sirene usada para indicar um intervalo ou o almoço.
- O transportador (ou qualquer equipamento da fábrica que utilize um alarme de pré-inicialização) deve ser iniciado ao final do aviso.

A duração do sinal de aviso deve ser determinada de acordo com o tempo que uma pessoa em perigo - devido ao sistema de um transportador ativado - levaria para ficar em segurança.

Em regiões onde a duração e a intensidade do som dos alarmes de inicialização não forem especificadas, o ideal seria considerar esses alarmes de forma semelhante, ainda que distinta, aos sinais utilizados na inicialização de outros equipamentos fixos e na circulação de equipamentos motorizados na fábrica.

Como um responsável de uma fábrica observou:

Todos os nossos alarmes de inicialização são iguais, porém, únicos em relação a outros alarmes, como os alarmes [de perturbação] de processos. Quando os trabalhadores ouvem esse som, eles sabem que algum equipamento está

prestes a ser iniciado, o que os fazem pensar sua localização na fábrica.

Em relação à duração do alarme, as opiniões variam consideravelmente. Evidências como aquelas observadas em fóruns na Internet registram que a duração dos avisos varia entre 5 e 30 segundos. (**Consulte as práticas relativas a avisos de inicialização descritas em fóruns on-line.**)

Talvez a regra mais segura seja orientar a duração do aviso de acordo com o tempo que uma pessoa ciente da situação levaria para reagir e deixar a área de risco. A consideração mais importante é o fornecimento de um período de tempo suficiente para que um funcionário ocupado ou próximo a um perigo interrompa seu trabalho, deixe a área de risco, estabeleça comunicação com a sala de controle ou puxe o cabo de parada de emergência para indicar a presença de uma condição insegura para a inicialização.

Parece óbvio que o alarme deva completar o ciclo sonoro antes do início do movimento do transportador, porque, caso contrário, "o alarme não poderia ser considerado um ALARME DE PRÉ-INICIALIZAÇÃO", como observou um dos usuários do fórum *Conveyor User Forum*, em cr4.globalspec.com.

Qual é a altura ideal do som do alarme?

Quando perguntado sobre qual seria o tamanho ideal das pernas de um homem, atribui-se a Abraham Lincoln a seguinte resposta: "Elas devem ser suficientemente longas para alcançar o chão". Ao considerar a altura do volume de um alarme de inicialização, a mesma abordagem deve ser utilizada: o alarme deve ser suficientemente alto para que seja ouvido. (**Figura 5.3.**)

O documento *MSHA Hazard Alert on Conveyor Startup Fatalities* combina a recomendação de que uma fábrica deve "fornecer um alarme de pré-inicialização" e o item adicional que indica que o alarme deve

ser "suficientemente alto para que seja ouvido". O documento também observa: "Soe o alarme antes da inicialização do transportador".

O catálogo do fornecedor [The Complete Spectrum of Signaling Technology (Edition 14)] da Pfannenberg GmbH Electro-Technology for Industry sugere:

- De acordo com a norma *EN ISO 7731* (substituta da *EN 457*), uma sirene deve ter um nível de som mínimo de 65 dB (A).
- De acordo com a norma *DIN VDE 0833/EN 60849*, um alarme de evacuação deve ser, pelo menos, 10 dB(A) mais alto do que o nível de ruído ambiente.

O alarme deve ser posicionado de maneira que, em situações normais, as pessoas não trabalhem ou se desloquem diretamente de frente para ele.

Pode ser complicado calcular o nível de pressão sonora a uma distância específica de um alarme em espaços fechados onde haja muitas fontes de ruído, como geralmente é o caso de operações de manuseio de materiais a granel.

Como a previsão dos níveis de som em ambientes de mineração e industriais é algo difícil, um engenheiro de som deve ser solicitado a determinar o número e a localização dos alarmes. Atualmente, muitos alarmes sonoros no mercado são programáveis, para permitir ajustes dos níveis de dBA e oferecer diversos padrões de sinalização.

Adição de luzes ao som

Embora muitas normas permitam sistemas de aviso sonoros ou visuais, avisos visuais sob a luz do sol ou em outros locais bem iluminados são ineficazes. Por essa razão, é recomendável que um sistema de aviso sonoro seja utilizado em sistemas de transportadores instalados em ambientes externos ou em outros locais bem iluminados. A utilização de luzes intermitentes pode aprimorar o efeito do alarme.

Alguns usuários de transportadores e equipes de segurança defendem que um alarme sonoro,

por si só, não é suficiente. A buzina de alarme deve ser acompanhada por luzes de aviso ao longo da unidade que está sendo ativada. O ciclo de "FUNCIONAMENTO" das luzes deve ser idêntico ao tempo de duração do aviso sonoro.

Depois que a sirene pára

Qualquer equipamento que requeira um alarme de aviso de movimento não deve iniciar o movimento enquanto o alarme estiver soando. Também deve haver um atraso para que a equipe possa buscar a segurança após o alarme soar. A duração do alarme pode variar de acordo com os diferentes ambientes.

O regulamento *30 CFR, seções 56/57.14201*, da MSHA, observa que, se a correia não for iniciada no período de 30 segundos após o final do alarme, o alarme deverá ser soado novamente antes do início efetivo do movimento.

MELHORES PRÁTICAS

Avisos de inicialização

Muitas vezes, os avisos de inicialização são ineficazes devido à localização da instalação, ao tipo de aviso ou à falhas de inspeção e de manutenção. Em outros casos, é necessário mais tempo do que o exigido nos regulamentos para evacuar um espaço confinado antes da inicialização do transportador. A prática de depender unicamente da confirmação visual para garantir que o transportador esteja liberado é problemática. Mesmo em transportadores curtos, é difícil confirmar se há ou não pessoas presentes. A confirmação visual é altamente dependente da devida diligência e da visão do operador, que, muitas vezes, são afetadas por distrações, problemas com a iluminação e níveis de poeira na galeria do transportador. Por essa razão, a prática da verificação visual deve ser descontinuada como o principal ou único nível de proteção dos avisos de inicialização. Siga estas etapas para ajudar a proteger aqueles que trabalham

próximos a transportadores:

- Instale um número suficiente de avisos visuais e sonoros para a indicação de inicialização e desligamento, adequados ao maquinário e ao ambiente natural, de modo que pelo menos um dispositivo de aviso possa ser visto ou ouvido em qualquer local próximo ao transportador e aos equipamentos associados.
- Antes da inicialização, confirme verbalmente com os trabalhadores na área se eles estão afastados do transportador.
- Certifique-se de que o volume do alarme de inicialização sonoro seja pelo menos 10 dBA mais alto do que o som ambiente.
- Ative os avisos de inicialização por um período mínimo de 20 segundos antes de iniciar o transportador. Ajuste a duração do aviso de inicialização para mais de 20 segundos para áreas e disposições de equipamentos que exijam mais de 20 segundos para serem liberados.
- Inspeção e teste os avisos de inicialização mensalmente, e registre os resultados. Repare os avisos de inicialização inoperantes ou inativos imediatamente e antes de reiniciar o transportador.

CONCLUSÕES

A segurança é brilhante (e soa bem)

A adição de alarmes de aviso sonoros e/ou visuais e de atrasos devidamente sequenciados consistem em uma ferramenta de segurança adequada e necessária à proteção dos funcionários que trabalham com, ou próximos à correias de transportadores ou máquinas móveis. (**Figura 5.4.**) Em ambientes industriais, se o trabalhador não é o funcionário que aperta o botão de inicialização, ele provavelmente não saberá quando a inicialização está prestes a começar. Os alarmes são essenciais para permitir que qualquer pessoa nas proximidades dos equipamentos saiba que ele está prestes a ser iniciado. ⚠



Figura 5.4.

Alarme de inicialização alimentado pela caixa de conexões do transportador.



Capítulo 6 Cabos de parada de emergência

Introdução	71
Noções básicas de controles de parada do transportador	74
Como funcionam os cabos de parada de emergência	75
Sistemas de cabos de parada	76
A necessidade da realização de testes	77
Entretanto, na Austrália	78
Cabos de parada de emergência e o tempo de reação humano.....	78
E então, para que servem os cabos de parada de emergência?	80
Problemas na instalação	81
REGULAMENTOS E NORMAS.....	82
MELHORES PRÁTICAS	91
CONCLUSÕES	92

Introdução

A necessidade dos controles de parada de emergência

Como definido na norma *ISO 13850 Safety of Machinery – Emergency Stop – Principles for Design*, a função de qualquer cabo de parada de emergência é:

[...] evitar o surgimento de riscos para às pessoas, ou reduzir os riscos existentes, danos ao maquinário ou ao trabalho em andamento, e possibilitar [...] sua inicialização pela ação de um único indivíduo caso a função normal de parada seja inadequada para esse fim.

Se um trabalhador puder acessar um transportador em funcionamento, ele deverá ser equipado com um dispositivo de desligamento de emergência ao longo de toda a extensão do transportador. Se ambos os lados forem acessíveis, tanto no nível do solo ou por meio de passarelas, ambos os lados devem ser equipados com o mecanismo de desligamento.

A maior parte dos dispositivos de parada de emergência para controle industrial, denominação frequentemente abreviada como "parada de emergência", tem a aparência de um botão que pode ser pressionado com a palma da mão ou "botão do pânico", ativado por um simples movimento da mão para parar o equipamento ou processo em questão. Em ambientes de sala de controle, o dispositivo de parada de emergência terá a aparência de um botão. Porém, ao longo da extensão do transportador de correia, a função de parada de emergência é realizada por cabos de parada de emergência.

Cabos de parada de emergência são um mecanismo de segurança que permitem que um trabalhador em qualquer ponto ao longo das laterais do transportador puxe um cabo para desligar a alimentação do transportador e parar o movimento da correia. (**Figura 6.1.**) Os cabos são iguais aos cabos para dar o sinal de parada em um ônibus, exceto pelo fato de que não é preciso esperar que "o motorista" desligue a alimentação, pois isso ocorre automaticamente. Puxando o cabo em qualquer direção e em qualquer ponto ao longo do transportador, o cabo interrompe o circuito elétrico e desliga o sistema de acionamento do transportador.

Puxar o cabo interrompe o funcionamento da correia do transportador, por meio da aplicação de força (puxando) para ativar um braço mecanicamente ligado a chaves elétricas normalmente fechadas. (**Figura 6.2.**) As chaves estão interligadas ao circuito de controle de acionamento do transportador. Quando força suficiente é aplicada ao cabo de emergência, a chave é desativada, fazendo com que o acionamento principal do transportador seja desenergizado, permitindo, assim, que a correia do transportador derrape até parar. O braço mecânico geralmente serve também como um sinal visual de que a chave foi acionada; por vezes, os cabos contam com mecanismos "indicadores" adicionais. Os cabos de segurança frequentemente contam com contatos auxiliares para fazer interface com outras lógicas do sistema ou necessidades

de comunicação, como a localização de um cabo específico em um transportador extenso.

Cabos de parada de emergência são acionados em duas situações ou condições básicas. A primeira situação é quando um trabalhador, suas roupas ou suas ferramentas ficam presas no transportador. Infelizmente, essa situação tem causado um número considerável de acidentes graves e fatais com transportadores. A utilização de um cabo de parada de



Figura 6.1.

Instalados ao lado do transportador, os cabos de parada de emergência permitem que os trabalhadores parem a correia a partir de qualquer ponto ao longo da extensão do transportador.



Figura 6.2.

Puxar o cabo de parada move um braço que abre uma chave elétrica normalmente fechada, cortando a alimentação do transportador. Além disso, a presilha do cabo à esquerda não está instalada corretamente.

Uma observação sobre nomenclaturas

Para a finalidade deste livro, consideramos estes termos sinônimos: cabo de parada de emergência, parada de emergência, e cabo de segurança). Também consideramos estes termos sinônimos entre si: cabo, fio, corda e chave.

Um cabo de emergência é um tipo de chave de parada de emergência; uma chave de parada de emergência pode ser, mas não é necessariamente um cabo de emergência.

emergência sob essas circunstâncias pode reduzir a gravidade de uma lesão, mas, geralmente, não impede a condição insegura e a ocorrência de ferimentos em algum grau.

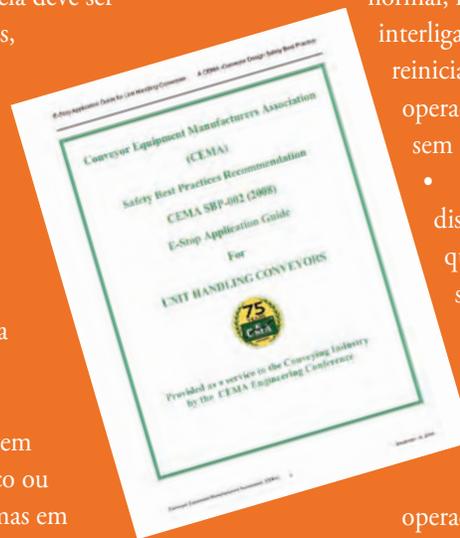
A segunda situação é quando um trabalhador nota algum problema com o transportador e para o equipamento para inspecionar ou evitar danos ao transportador ou a seus componentes. O uso do cabo de parada de

emergência dessa maneira, como um meio conveniente de desligar o transportador ao fazer inspeções, ajustes ou pequenos reparos, é uma prática comum, porém lamentável. Esse não é necessariamente um uso adequado ou seguro do cabo, mas é uma realidade. Um cabo de emergência nunca deve substituir práticas adequadas de parada do transportador (não emergenciais), incluindo procedimentos de bloqueio/etiquetagem.

Guia de aplicações de paradas de emergência da CEMA

Em 2008, a Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) publicou o guia *Safety Best Practices Recommendation E-Stop Application Guide for Unit Handling Conveyors*. Embora essa publicação não tenha como foco os cabos de parada de emergência, ela lista algumas regras de aplicação gerais para todas as paradas de emergência, como a seguir:

- Um dispositivo de parada de emergência deve ser disponibilizado em intervalos razoáveis, compatíveis com o tipo e a massa do equipamento, parâmetros operacionais esperados, possível mau uso e os níveis de treinamento da equipe que deverá atuar na área.
- Dispositivos de parada de emergência não são configurados para funcionar como dispositivos de bloqueio e nunca devem ser usados para essa finalidade.
- Os circuitos de parada de emergência devem ter ligação por fiação e não devem depender de nenhum dispositivo lógico ou de estado sólido para funcionar. Sistemas em rede aprovados podem ser utilizados, desde que qualquer alteração da programação seja registrada de maneira indelével.
- Circuitos de parada de emergência, quando ativados, devem extrair energia elétrica diretamente da fonte de alimentação ou do dispositivo de comutação da fonte de alimentação.
- Os circuitos de parada de emergência devem parar os dispositivos pneumáticos ou hidráulicos, interrompendo a fonte de alimentação, de maneira que os movimentos subsequentes devido, por exemplo, à energia cinética não ocorram.
- Dispositivos elétricos de parada de emergência devem ser concebidos de tal maneira que requeiram redefinição manual no ponto do acionamento elétrico antes que uma sequência de reinicialização possa ser iniciada.
- A redefinição do dispositivo de parada de emergência



acionado não deve reiniciar o equipamento automaticamente. A reinicialização do equipamento deve ser iniciada pelos controles de inicialização do painel de controle associado apenas após o dispositivo de parada de emergência acionado ser redefinido manualmente, e deve começar somente após a sequência de inicialização normal, incluindo atrasos e avisos. Os equipamentos interligados ao painel associado também será reiniciados (ou não), de acordo com a sequência de operação. Nenhum equipamento será reiniciado sem avisos e atrasos adequados.

- Apenas devem ser instalados os dispositivos e sistemas de parada de emergência que atendam às normas aceitas pela empresa, setor, concepção e governo em relação ao desempenho, aparência e projeto elétrico.
 - Os cabos de parada de emergência devem ser identificáveis e distintos de qualquer controle:
 - O atuador de um dispositivo operado por botão deve ser do tipo acionado manualmente por pressão ou botão de pânico.
 - Os acionadores dos botões de parada de emergência devem ter a cor vermelha.
 - Os cabo de emergência para os dispositivos de parada de emergência devem ser fornecidos em cores altamente visíveis, que permitam identificação rápida.
- Dispositivos e sistemas de parada de emergência, independentemente do tipo, interromperão efetivamente todos os movimentos na zona parada de emergência controlada.

No momento da elaboração desta publicação, a CEMA está atualizando seu guia E-Stop Application Guide (CEMA SBP-002). A previsão é que a edição de 2016, que incluirá "Orientações específicas para transportadores para o manuseio de materiais a granel", estará disponível para download gratuito em cemanet.org.

Noções básicas de controles de parada do transportador

Dispositivos de parada de emergência, incluindo cabos de parada de emergência, devem ser instalados em cada estação de controle do operador e em outros locais, como ao longo do transportador. Eles devem ser posicionados para facilitar o acesso e possibilitar uma operação sem riscos para o operador e outras pessoas que possam precisar para operá-los. Medidas contra acionamentos acidentais não devem comprometer a acessibilidade.

O dispositivo deve ser capaz de iniciar a parada das máquinas e equipamentos de forma controlada, sem criar novos riscos.

Muitos transportadores menores presentes em fábricas terão cabos de parada de emergência instalados na estação de controle do motor. Os botões de parada de emergência têm cor vermelha com fundo na cor amarela, de acordo com a NFPA (National Fire Protection Agency, Agência Nacional Norte-americana de Proteção contra Incêndios), e podem ser do tipo botão de pressão ou botão do pânico. O botão de parada de emergência tem a mesma função do cabo de parada de emergência, que é a de desligar a alimentação do acionamento do transportador; após a redefinição, um comando secundário para iniciar o transportador é obrigatório.

Botões de parada de emergência, ou qualquer componente desse tipo, devem ser seguros e fáceis de acessar para os operadores e trabalhadores no local.

Botões, alavancas ou qualquer componente utilizado como acionador de um dispositivo de parada de emergência deve ser projetado e instalado para que possa ser identificado visualmente, de maneira clara, e operado com facilidade. (**Figura 6.3.**)

Qualquer ação sobre um acionador que resulte em um comando de parada de emergência deverá também resultar no travamento do

dispositivo de controle. O comando de parada de emergência deve ser mantido até que o dispositivo de comando seja redefinido.

A execução da operação de redefinição de uma parada de emergência só deve ser possível no local onde a parada de emergência tiver sido iniciada. A redefinição de uma parada de emergência não deve provocar o reinício imediato das máquinas ou equipamentos.

É importante que cabos de parada de emergência e outros sistemas de parada de emergência sejam reservados para utilização em situações de emergência; eles não devem ser empregado para bloqueios do sistema ou inicializações e paradas de "rotina" do sistema



Figura 6.3.

Esse botão vermelho tipo botão do pânico permite fácil identificação e operação da chave de parada de emergência.

Os avanços do controle em rede

Conforme os sistemas de controle avançam, a utilização de componentes de software para monitorar o status dos dispositivos de segurança, como os cabos de emergência, estão se tornando cada vez mais comuns. As tecnologias de rede avançaram e passaram a ser tão confiáveis quanto os circuitos de parada de emergência com fios e, na verdade, proporcionam uma variedade maior de funcionalidades em termos de flexibilidade, diagnósticos e relatórios de falhas e registros históricos de erros. Essas tecnologias em rede agora são amplamente utilizadas em aplicações de transportadores para manuseio de unidades, e espera-se que elas sejam aplicadas também a transportadores para o manuseio de materiais a granel. Para obter mais informações, consulte a norma *IEC 61508*, que estipula os requisitos gerais para dispositivos de segurança elétricos, eletrônicos e programáveis.

Figura 6.4.

O cabo de parada de emergência é instalado ao longo do transportador. Observe que o cabo escapou dos anéis de suporte no primeiro plano, à direita; isso deve ser corrigido.



do transportador. Também é importante lembrar que a função de parada de emergência não deve ser usada em substituição a medidas de proteção e a outras funções críticas de segurança; em vez disso, ela deve ser destinada apenas ao uso como medida auxiliar.

Como funcionam os cabos de parada de emergência

O cabo de parada de emergência é acionado pelo movimento de um cabo instalado ao longo da extensão do transportador e conectado ao dispositivo de acionamento. (Figura 6.4.) Esse cabo, normalmente um cabo de fios metálicos revestidos, é direcionado através de anéis de fixação conectados à estrutura do transportador.

Um movimento de tração em qualquer direção ativará o cabo de parada de emergência. Uma falha do sistema de tensionamento da mola ou uma ruptura do próprio cabo também ativará o dispositivo para desligar a alimentação do transportador e acionar a parada de emergência. O cabo deve ser capaz de suportar uma força de tensão 10 vezes maior do que

a tensão necessária para ativar o cabo de desligamento de emergência, sem ruptura.

Com o sistema do cabo alinhado, o sinal de parada de emergência pode ser acionado em qualquer ponto ao longo da extensão do cabo. Esses pontos podem ter distâncias de até 50 metros [≈165 pés], aproximadamente, em cada lado da chave, de acordo com as recomendações do fabricante, especificações da instalação e regulamentos locais.

O cabo parada de emergência deve estar facilmente acessível durante operações de trabalho normais ao longo do transportador, a fim de permitir que o cabo seja puxado em qualquer direção para parar a correia.

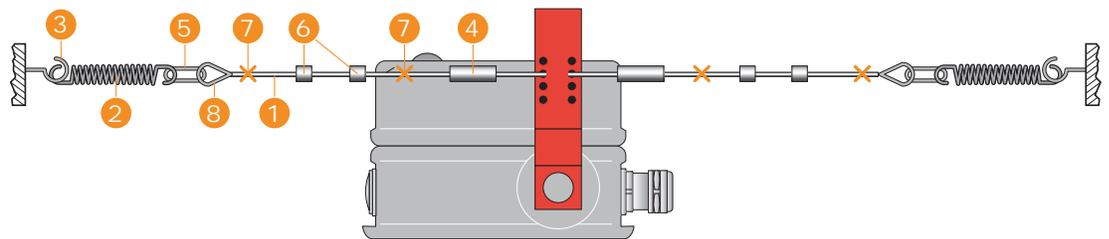
Uma força horizontal inferior a 125 newtons [≈13 Kgf], aplicada a um ponto intermediário entre dois anéis de suporte e perpendicular ao cabo, deve ser suficiente para ativar a parada de emergência. O movimento necessário do cabo entre a posição de "repouso" e o ponto de ativação normalmente não deve exceder 300 milímetros [≈12 pol.].

Existem cabos unidirecionais, que permitem o direcionamento em apenas uma direção, e cabos bidirecionais, em que o cabo é simetricamente esticado e tensionado em duas direções.

O cabo conta com uma articulação mecânica ativa entre os contatos da chave e o cabo metálico. Isso significa que, ao puxar ou romper o cabo (ocasionando perda de tensão), os contatos de segurança são positivamente abertos. Quando o cabo é puxado por uma distância suficiente, ele gira

Figura 6.5.

Os componentes de um sistema de cabo de parada de emergência típico mantêm o cabo tensionado e suspenso entre ambas as extremidades do sistema, além de conectarem as chaves ao longo da extensão do transportador.



- | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1. Cabo de emergência | 3. Gancho de ancoragem | 5. Mosquetão | 7. Grampos do cabo |
| 2. Mola tensora | 4. Elemento de tensionamento | 6. Suporte do cabo | 8. Laço |

um braço de acionamento dentro da chave, longe o suficiente para quebrar o circuito de alimentação, abrindo os contatos normalmente fechados. A abertura dos contatos geralmente requer um movimento da ordem de 25 milímetros [≈ 1 pol.] ou de 20 a 25 graus de rotação do braço de acionamento.

Após o acionamento, as chaves são mecanicamente travadas e só podem voltar às condições operacionais pressionando o botão de redefinição ou acionando uma alavanca. A alavanca de redefinição mantém a chave travada em uma condição de alarme, até que ela seja redefinida manualmente por um operador. Pressionar a alavanca de redefinição para baixo fará com que ela volte para a posição vertical e liberará o travamento.

Para reiniciar o transportador, duas ações precisam ser concluídas. Primeiro, o cabo ou botão de parada de emergência no transportador precisa ser redefinido; em seguida, o botão de inicialização no painel de controle precisa ser ativado. Após o sistema ser redefinido, as sequências normais de inicialização devem ocorrer. Isso inclui o acionamento das buzinas de aviso antes do início do movimento da correia.

O cabo de parada pode ser conectado a um sinal ou alarme sonoro ou visual para indicar a ativação do cabo e consequente desligamento do transportador. Um "indicador" ou lâmpada também pode ser incluída na parte externa da chave, para fornecer uma indicação do cabo acionado.

Além do cabo, alguns dispositivos de parada de emergência também apresentam um botão de parada externo adicional.

Sistemas de cabos de parada

Como ocorre com todos os sistemas elétricos e controles, a instalação correta é necessária para o funcionamento adequado dos cabos de parada de emergência. Botões e cabos de parada de emergência devem estar em conformidade com os códigos elétricos locais

e regionais, que podem impor requisitos adicionais para os circuitos do sistema de parada de emergência.

Em casos de uma queda de energia para a alimentação do circuito de parada de emergência, todos os circuitos do sistema falharão, desligando o transportador.

Além das questões relacionadas à fiação e ao funcionamento correto da chave elétrica, cabos de parada de emergência têm um fator complicador da instalação e da manutenção dos cabos.

O cabo é conectado às chaves e pode empregar molas ou esticadores para manter a tensão adequada ao longo do cabo. (**Figura 6.5.**) Alguns dispositivos contam com um indicador de tensão na caixa da chave. O cabo deve ter movimento livre entre os respectivos suportes, especialmente nas curvas. Os cabos não devem apresentar torções nem correr o risco de apresentar torções durante o uso.

O cabo deve ser instalado sem excesso de folga, pois a folga extra aumentará a distância da "ação de puxar" necessária para ativar a chave e desligar o transportador. (**Figura 6.6.**)

O comprimento total do cabo de um dispositivo bidirecional simples geralmente não deve exceder 100 metros [≈ 330 pés], com 50 metros [≈ 165 pés] em cada lado da chave. A distância entre os anéis de suporte do cabo normalmente é de 2 a 3 metros [≈ 6 a 10 pés].

Um dos motivos para centralizar o cabo entre os pontos de extremidade, isto é, com



Figura 6.6.

Se o cabo tiver folga excessiva, os trabalhadores não conseguirão puxar o cabo o suficiente para parar a correia e salvarem a si mesmos ou a um colega.

comprimentos de cabo iguais em ambos os lados da chave, é a variação na expansão térmica, para que ela não tenha efeitos adversos sobre a extensão do movimento necessário para parar o transportador quando o cabo for puxado. Uma variação de até 3% no comprimento do cabo normalmente é permitida.

O cabo pode ser instalado de modo que passe ao redor da parte traseira do transportador, usando uma polia de canto, desde que de acordo com as instruções de instalação do fabricante.

As especificações relativas ao número de chaves necessárias, comprimento máximo do cabo, número e espaçamento dos anéis de suporte e outras características devem estar em conformidade com as recomendações do fabricante do dispositivo.

A necessidade da realização de testes

Um artigo da revista *Rock Products* de agosto de 1995, intitulado *Rock Newscope*, por Bob Drake, relatou que a MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) dos Estados Unidos alertou os operadores de minas sobre falhas potenciais dos sistemas de parada de emergência ao longo dos transportadores. Após a realização de testes em mais de 1.100 sistemas, a MSHA registrou uma taxa de falha de 2%. A MSHA atribuiu esses problemas a diversos fatores:

- Derramamentos ao redor do dispositivo, que impediram a desativação do transportador
- Cabos partidos ou com folga excessiva
- Rolamentos articulados "paralisados" onde há a inserção da haste da chave na caixa
- Falha das chaves elétricas dentro da caixa
- Cabeamento incorreto da chave ou dos circuitos de controle

Essa porcentagem de 2% de falhas nos sistemas pode não parecer muito alta, até que a vida de um trabalhador dependa de um desses sistemas defeituosos. Se um grupo de 50 paraquedistas saltar de uma aeronave, uma taxa de falha de 2% significa que um soldado terá um paraquedas que não abrirá. Isso obviamente é uma tragédia para esse soldado, e pode interferir muito no sucesso da missão de maneira geral. Um dispositivo de parada de emergência é como um paraquedas; ele precisa funcionar no primeiro acionamento, sempre.

A solução para o problema das falhas no desempenho dos dispositivos de parada de emergência consiste na realização de manutenção adequada e na implementação de programas de testes dos equipamentos, que verificam o funcionamento dos equipamentos de segurança do transportador. Esses testes devem ser realizados mensalmente.

A MSHA reafirma a necessidade de inspeções e testes mensais dos dispositivos de segurança no documento *Program Policy Letter No. P12-V-02*, publicado em abril de 2012. O documento confirma que a MSHA considera os dispositivos ou cabos de parada de emergência como equipamentos elétricos, de acordo com a norma *30 CFR, seção 77.502*, e, assim, eles "devem ser examinados, testados e mantidos por um funcionário qualificado para garantir condições operacionais seguras".

A publicação observa que, no dia 3 de fevereiro de 2009:

... Um juiz de direito administrativo aceitou a interpretação do Ministro de que um dispositivo de parada de emergência, composto por um cabo de parada de emergência e o respectivo braço mecânico de ativação, está incluído na definição de equipamento elétrico... O juiz também considerou que os testes devem incluir um teste funcional, e não pode ser limitado à observação visual.

O documento acrescenta que a norma *30 CFR, seção 77.502-2*

"... exige que as análises e testes sejam realizados pelo menos uma vez por mês".

A publicação Program Policy Letter observa que

... Embora as análises dos cabos de parada de emergência e braços mecânicos não precisem ser registradas durante as análises mensais dos equipamentos elétricos, os dispositivos e cabos defeituosos devem ser registrados.

Consequentemente, nas áreas de trabalho nos Estados Unidos sob jurisdição da MSHA, é obrigatória a realização de "teste de funcionamento" mensal de todos os sistemas de cabos de parada de emergência do transportador. Devem ser mantidos registros dos resultados. Embora outros locais de trabalho, nos Estados Unidos e em outras regiões do mundo, não adotem as diretrizes da MSHA como um requisito formal, é certo que essa é uma boa prática.

Entretanto, na Austrália

Um problema semelhante foi observado pelo Queensland (Australia) Department of Natural Resources and Mines (Departamento de Recursos Naturais e Minas de Queensland, Austrália) em seu boletim *Safety Bulletin No. 40, Testing Of Conveyor Pull Wire Activated Emergency Stops*, publicado em 25 de março de 2003.

O boletim observou:

... Diversas inspeções esquematizadas recentes determinaram que os testes das paradas de emergência acionadas por cabos não foram suficientes ou não foram executados corretamente. A maior parte dos testes envolveu simplesmente puxar o cabo em um sentido e de acordo com a tração necessária para acionar a parada de emergência. Esse teste básico não avalia diversos requisitos importantes para as paradas de emergência acionadas por cabos.

O boletim *Safety Bulletin* afirma que os "testes realizados em dispositivos do transportador acionados por cabos devem garantir que todos os requisitos" da norma Australiana sejam levados em conta. [A norma citada no boletim publicado, *AS 1755*, foi substituída pela norma *AS/NZS 4024.3610*, que aborda paradas de emergência acionadas por cabos na seção 2.10.6. – ed.]

O *Safety Bulletin* conclui:

Os resultados de qualquer serviço, manutenção e teste dos dispositivos de parada de emergência acionados por cabos do transportador devem ser registrados, não apenas para verificar os testes, mas para monitorar qualquer deterioração que possa resultar em um nível inaceitável de risco.

Cabos de parada de emergência e o tempo de reação humano

Supondo que os cabos de parada de emergência do transportador tenham sido adequadamente especificados, posicionados, instalados, mantidos e estejam operacionais, isso significa que eles serão suficientes para proporcionar condições seguras de trabalho para os trabalhadores, certo?

Bem, não é bem assim.

Mesmo com instalação, inspeção e operação adequadas, um cabo de parada de emergência em um transportador de correia pode não parar a correia suficientemente rápido para salvar uma vida.

O problema advém das velocidades relativamente elevadas dos transportadores de correia modernos. Muitos transportadores são projetados para paradas controladas, sob condições normais, para limitar as forças dinâmicas e para paradas em situações de emergência. O tempo de parada de um transportador sob condições de parada controladas pode ser de 10 a 60 segundos. Em uma configuração de parada de

emergência, o transportador pode ser parado mais rapidamente, mas ainda leva tempo. Quando comparado ao tempo de reação humana, especificamente, o tempo de reação de um trabalhador que fica preso em um ponto de esmagamento ou envolvido em outros riscos, a correia pode percorrer uma distância considerável antes que o trabalhador esboce uma reação. O trabalhador provavelmente não terá tempo e capacidade suficiente de puxar a corda para ativar a função de parada e evitar lesões ou a morte.

Este é um cenário de acidente típico:

Um trabalhador está usando uma ferramenta manual com cabo longo (uma vassoura ou pá) para limpar próximo aos rolos de retorno de um transportador de correia. A correia tem velocidade de deslocamento de 1,5 metro por segundo [≈ 300 fpm].

O trabalhador empurra a ponta da ferramenta contra a correia em movimento, que prende e puxa a pá e o trabalhador que a segura em direção ao ponto de pressão entre o rolo e a correia em movimento.

Será que o trabalhador conseguirá se salvar? Será que o trabalhador conseguiria simplesmente soltar a ferramenta?

Será que o trabalhador conseguiria acionar o cabo de parada de emergência para interromper o movimento da correia e fazer com que a ferramenta caísse?

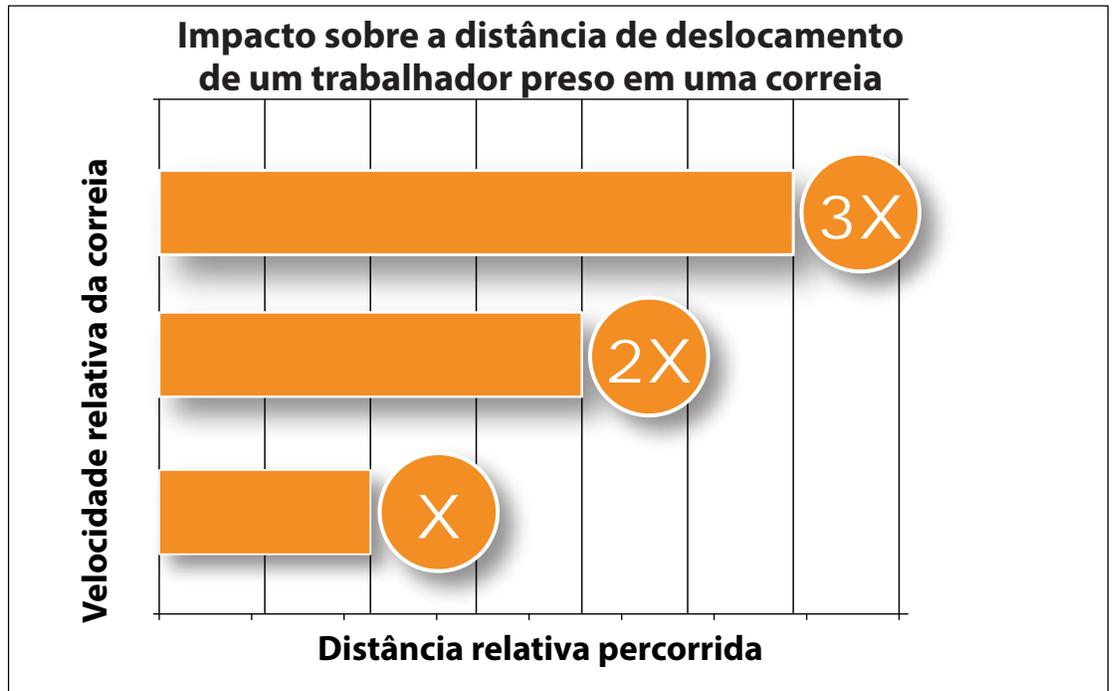
A resposta para todas as três perguntas é um sonoro "não".

Mesmo com a velocidade relativamente modesta de 1,5 metro por segundo [≈ 300 fpm] do transportador, a correia e e os outros componentes giratórios do equipamento apresentam movimento demasiadamente rápido para que o trabalhador solte a pá a tempo de escapar sem ficar preso e sofrer ferimentos graves.

Uma pesquisa publicada em um artigo do ano de 2012, *Start Reaction Time and Performance at the Sprint Events in the Olympic Games*, indica que o tempo médio de reação de um velocista Olímpico ao sinal de largada é de 0,146 a 0,18 segundos, até que o atleta inicie o movimento. Isso é muito rápido. Porém, mesmo com a velocidade relativamente modesta de 1,5 metro por segundo [≈ 300 fpm] do transportador, a correia em movimento terá puxado a ferramenta 0,219 a 0,27 metro [$\approx 8,6$ a 10,6 pol.] antes que o velocista internacional altamente alerta e treinado possa reagir para soltar a ferramenta.

Figura 6.7.

Conforme a velocidade da correia aumenta, aumenta a distância que um trabalhador preso será puxado em direção ao sistema do transportador, também aumentando significativamente a possibilidade de lesões graves.



Um trabalhador "comum", que não é um atleta de nível internacional, precisaria de mais tempo para reagir e, assim, seria puxado por uma distância maior pelo equipamento giratório antes de ser capaz de se soltar.

O problema é o mesmo da condução de veículos. A questão não é apenas quando o condutor vê um problema, mas o nível de rapidez do indivíduo para reconhecer a situação como um problema e, depois, quanto tempo ele leva para iniciar uma reação adequada para corrigir o problema.

O "tempo de percepção" é o tempo que o condutor leva a reconhecer o perigo, de modo que o cérebro perceba que uma reação imediata é necessária. Isso pode levar de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de segundo. Após o cérebro perceber o "perigo", o "tempo de ação" é o tempo que o corpo demora para executar a ação corretiva. No caso da condução, esse é o tempo que leva para mover o pé do acelerador para o pedal do freio. Esse tempo de reação pode variar de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ de segundo. O tempo total para que uma pessoa consiga se salvar após um estímulo inesperado é a soma das duas partes: o tempo de percepção e o tempo de reação. O tempo total geralmente soma aproximadamente um segundo.

Se continuarmos a presumir a velocidade "relativamente lenta" da correia de 1,5 metro por segundo [≈ 300 pés por minuto] citada anteriormente, a correia tem deslocamento de 1,5 metro [≈ 5 pés] por segundo. Se um trabalhador ficar preso, durante um segundo, que é o tempo que leva para o funcionário comum "perceber" e "reagir" ao que está acontecendo, a correia o terá puxado por 1,5 metro ou 5 pés. Essa distância é suficiente para puxar a ferramenta do trabalhador, seu braço ou o corpo em direção ao ponto de esmagamento antes que o trabalhador possa reagir.

Se a velocidade da correia for maior, e as correias de transportadores em muitas operações funcionam a velocidades duas ou três vezes maiores do que a velocidade de

1,5 metro por segundo [≈ 300 fpm] selecionada para o exemplo, a distância que o trabalhador preso percorrerá sendo puxado em direção ao risco será multiplicada pelo mesmo fator. (Figura 6.7.)

De qualquer modo, o trabalhador provavelmente já terá ido longe demais em direção ao transportador para alcançar e acionar o cabo de parada de emergência.

Se o trabalhador estiver desatento ou distraído, o tempo de reação será mais lento e a distância percorrida ao ser "puxado" será ainda maior. Outros fatores que podem afetar o tempo de reação médio de um indivíduo incluem idade, preparo físico, fadiga, visão limitada, problemas de audição, álcool e medicamentos.

Mesmo que o trabalhador preso ou exposto ao risco esteja trabalhando com um parceiro, esse parceiro levará o mesmo tempo, se não mais, para perceber o que aconteceu e localizar e puxar o cabo para acionar a função de parada do transportador.

E mais um problema: a localização do cabo de parada de emergência na lateral do transportador pode significar que um trabalhador preso não será capaz de alcançar o cabo. Embora os cabos de emergência devam ser práticos e acessíveis para os trabalhadores em segurança na passagem, a posição poderá ser complicada, se não inalcançável, caso um trabalhador esteja sendo puxado em direção à correia ou aos componentes.

E então, para que servem os cabos de parada de emergência?

Se eles normalmente não são instalados de modo que um trabalhador preso ou em perigo possa alcançá-los, e o tempo necessário para acioná-los não é suficiente para impedir ferimentos ocasionados pelo transportador em movimento, para que servem os cabos de parada de emergência? Veja a seguir algumas respostas a essa pergunta.

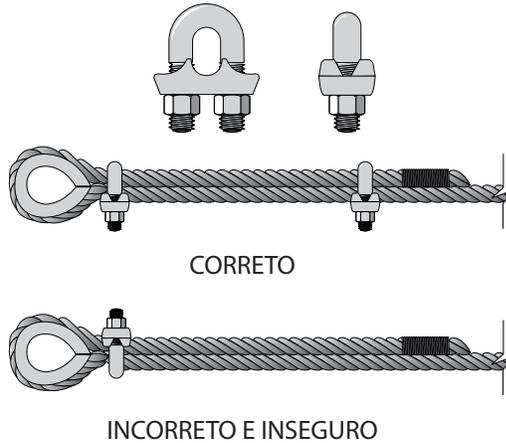
Figura 6.8.

Os cabos de parada de emergência não devem terminar antes de uma polia, mas sim, passar ao redor da extremidade do transportador.



Figura 6.9.

Ao instalar presilhas no cabo de parada de emergência, o lado plano da presilha deve ser inserido na extremidade energizada (conectada) do cabo.



Em instalações onde o "sistema de parceria" ou "regra das duplas" permite ou exige que dois funcionários trabalhem em estreita colaboração para que possam ser monitorar e ajudar entre si, o segundo trabalhador pode reagir a uma emergência puxando o cabo para desligar o transportador e salvar uma vida (ou o braço) do "parceiro".

Outro possível benefício dos cabos de parada de emergência consiste em seu uso caso um trabalhador esteja em uma zona de perigo próxima a um transportador no momento do acionamento de uma buzina de aviso anunciando a inicialização iminente do equipamento. Considerando a duração comum de 10 a 30 segundos do alarme, o sinal fornece tempo suficiente para que um trabalhador alcance e puxe o cabo de emergência, desenergizando o acionamento antes que o transportador seja iniciado e crie uma situação perigosa.

É possível que a melhor função do cabos de emergência seja a preservação do sistema do transportador. Se um trabalhador fazendo a ronda pela correia em uma inspeção observar um grave problema imediato, que ponha em risco a equipe ou o equipamento, o cabo pode ser puxado para parar o transportador sem que o trabalhador precise voltar à sala de controle. Dessa maneira, os danos podem ser minimizados e os reparos, realizados, sem o prosseguimento da operação que representa um risco para o equipamento transportador.

Em algumas situações, os cabos de parada de emergência tratam mais da preservação do equipamento do que da redução de riscos para os trabalhadores.

Problemas na instalação

Problemas com os cabos de parada de emergência geralmente começam com instalações defeituosas da chave ou do respectivo subsistema vital, os cabos.

Um problema de instalação comum consiste na supressão dos cabos antes que eles cheguem às polias de cabeça e traseira da estrutura do transportador. (**Figura 6.8.**) Isso reduz o benefício da proteção do cabo de parada de emergência, pois as estatísticas mostram que um número considerável de acidentes ocorre durante a limpeza e a manutenção das polias de cabeça e traseira. Os cabos devem ser instalados ao redor de todas as áreas acessíveis das polias.

Os cabos normalmente são fixados na chave usando um laço protegido por presilhas para cabos com "parafusos em U". É bastante comum observar instalações incorretas das presilhas. Cuidados devem ser tomados na instalação das presilhas para cabos a fim de evitar fixação inadequada. A parte em "U" da presilha pode esmagar os fios no lado que suporta a carga, fragilizando o cabo. A instalação das presilhas para cabos é adequada quando a "base" (lado plano) da presilha é inserida na extremidade energizada (a parte que contém a carga) do cabo e o "U"

fica apoiado contra a extremidade "inoperante" do cabo. Há uma expressão em inglês que diz "Never saddle a dead horse" (Nunca sele um cavalo morto, um jogo com as palavras "sadle" = base e "dead" = inoperante), utilizada como um auxílio para memorizar a técnica de instalação adequada. (**Figura 6.9.**)

Detalhes sobre o número e o posicionamento adequados das presilhas para cabos são especificados para os Estados Unidos nos regulamentos *29 CFR 1926.251(c)5* e OSHA *1926.251(c)5i* da OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional). Consulte também a norma *ASME B30.26 Rigging Hardware 26 – 3.1.3 Assembly Wire Rope Clips*. Cabos mal esticados também podem ocasionar problemas. O cabo deve ter movimento livre entre os respectivos suportes, especialmente nas curvas. Os cabos não devem apresentar torções nem correr o risco de apresentar torções durante o uso.

Embora a vida útil mecânica de um cabo de parada de emergência seja normalmente fixado em 100.000 operações por seus fornecedores, a norma *IS/EC 60947 Low-Voltage Switchgear and Controlgear, Parte 5*, especifica que o mecanismo de travamento de um cabo está sujeito a um durabilidade operacional de 6.050 operações. Isso enfatiza o fato de que os cabos de parada de emergência são destinados à utilização apenas em situações de emergência, em oposição ao desligamento comum (não emergencial) dos sistemas de correias de transportadores.

Cabos de parada de emergência tendem a ocasionar falsos acionamentos, devido a quedas de material da correia, acúmulo de gelo e outros problemas. Na **Figura 6.10**, o cabo foi propositalmente desativado devido a diversos paradas do transportador acionadas por cabras selvagens, que mordiam o cabo. A instalação mostrada tem outros problemas, incluindo a ausência de um cabo e a fixação incorreta do cabo existente.

Ao selecionar um sistema de cabo de emergência, é importante considerar as

condições de estabelecimento do sistema. O sistema muitas vezes precisa suportar ambientes industriais desafiadores, incluindo a presença de vibração, impacto, temperaturas extremas, pó, corpos estranhos, umidade, materiais corrosivos e fluidos. Em aplicações de exploração de carvão, petroquímicas e alimentícias, que podem contar com a presença de atmosferas explosivas, um sistema para trabalhos perigosos pode ser necessário.

Para a maioria das aplicações, a classificação IP-66, isto é, "Proteção contra entrada" à prova de poeiras e proteção contra mares agitados ou jatos de água potentes, é a adequada. Isso é (aproximadamente) equivalente à classificação 4 ou 4X para compartimentos da NEMA (National Electrical Manufacturers Association, Associação Nacional dos Fabricantes de Material Elétrico) dos EUA.

As características da instalação, incluindo o comprimento máximo do cabo, número e espaçamento dos anéis de suporte e polias, variação no comprimento do cabo devido a mudanças de temperatura e outros critérios, devem estar em conformidade com as recomendações dos fabricantes.

REGULAMENTOS E NORMAS

Todos os países exigem algum tipo de parada de emergência transportadores para o manuseio de materiais a granel, e o cabo de parada de emergência é o método mais utilizado. Os requisitos variam muito em termos de detalhes, como o espaçamento das chaves e a tensão ou folga do cabo.



Figura 6.10.

Esse cabo de parada de emergência foi desativado para evitar desligamentos do transportador causados por animais selvagens, que mastigavam os cabos.

Todos os regulamentos exigem que o comando de parada de emergência tenha prioridade sobre a função de sustentação ou funcionamento. Assim, os regulamentos exigem que os cabos de parada de emergência sejam redefinidos manualmente antes do reinício do transportador. A própria redefinição não deve reiniciar o transportador, mas exigir um comando de inicialização separado. Há exceções nos Estados Unidos e na Austrália para algumas minas, onde há autorização para que a redefinição da chave reinicie o transportador.

Todos os regulamentos e normas têm o cuidado de salientar que os cabos de parada de emergência não substituem as proteções.

Uma comparação dos requisitos de três jurisdições é mostrada na tabela da

Figura 6.11.



Austrália

A norma australiana *AS/NZS 4024.3610 Safety of machinery – Conveyors – General Requirements*, seção 2.10.3, oferece detalhes sobre os requisitos para diversos tipos de dispositivos de parada, ao mesmo tempo

Figura 6.11.

Comparação dos requisitos para dispositivos de cabos de parada de emergência

Comparação dos requisitos para dispositivos de cabos de parada de emergência

Requisito	Estados Unidos	Europa	Austrália
	MSHA 30 CFR OSHA 29 CFR	EU 620	AS/NZS 4024.3610
Força de acionamento	Não especificado	125 N [≈13Kgf]	70 N [≈7Kgf] em um ângulo reto a 230 N [≈ 23,4Kgf] ao longo do eixo do cabo
Movimento do cabo	Não especificado	Máximo de 300 mm [≈12 pol.] no ponto intermediário	Máximo de 300 mm [≈12 pol.]
Espaçamento do suporte	Não especificado	Não especificado	Máximo de 6 m [≈19,5 pés]
Altura do cabo acima da superfície de trabalho	Não especificado	0,6 a 1,7 m [≈23,6 a 67 pol.]	0,9 a 1,5 m [≈35,4 a 59 pol.]
Isenção de parada de emergência para transportadores curtos?	Sim	Sim < 10 m [≈32,8 pés]	Sim Controle de parada simples (se "facilmente acessível") para transportadores com menos de 4 m [≈8 pés] de comprimento
Redefinição manual com ação de reinicialização secundária obrigatória?	Superfície – Sim Subterrâneo – Nenhuma	Superfície – Sim Subterrâneo – Nenhuma	Sim (exceto em minas em que avisos de pré-inicialização sejam fornecidos)
Comprovação visual de acionamento obrigatória?	Sim	Sim	Sim, se houver mais de 1 chave
Distância mínima entre o cabo e o risco especificada?	Não especificado	Não especificado, mas ao alcance do operador	Sim, a menos de 1 m [≈39 pol.]

As conversões do sistema métrico para o imperial ou do sistema imperial para o métrico foram arredondadas com o objetivo de oferecer maior segurança.

em que a seção 2.10.6 abrange os requisitos para os cabos de parada de emergência.

A seção 2.10.6.1 registra o comentário universal sobre a instalação dos cabos de emergência, que não deve substituir as proteções físicas. A nota imediatamente após esse trecho indica que a exigência de cabos de parada de emergência pode ser suplantada pela presença de controles de parada adequados, se eles fornecerem um nível semelhante de segurança.

A seção continua com a exigência de que os cabos de parada de emergência deverão ser instalados nos mesmos locais de instalação de proteções removíveis que não sejam interligadas ao acionamento do transportador, isto é, cuja remoção não desligue automaticamente o transportador.

Na seção 2.10.6.1 a norma especifica que os cabos de um sistema de parada devem ter a cor vermelha. Há ainda uma observação adicional indicando que, em situações em que a cor vermelha do cabo possa dificultar a visualização devido às condições ambientais, por exemplo, etiquetas refletoras deverão ser instaladas em intervalos não superiores a 30 metros [≈ 100 pés], bem como na parte dianteira, na parte traseira e nos pontos de transferência do transportador, para identificar o cabo de emergência.

A seção 2.10.6.2 aborda a concepção dos sistemas de cabos de parada de emergência. Ela observa que qualquer ruptura, folga ou remoção do cabo deve iniciar o comando de parada do transportador.

A subseção (f) orienta que o cabo deve ser acionado (desligando o transportador) caso o cabo seja puxado em qualquer direção. A força necessária para acionar o dispositivo do cabo não deve exceder 70 newtons [≈ 7 Kgf] quando a força for aplicada em ângulo reto em relação ao direcionamento do cabo. O movimento do cabo para acionar a chave não deve exceder 300 milímetros [≈ 12 pol.]

Outros requisitos observam que o material usado nos cabos deverá ser suficientemente resistente e adequado às condições, e que os operadores não necessitarão de proteção adicional para manusear os cabos.

Os suportes dos cabos devem ter espaçamento máximo de 6 metros [$\approx 19,5$ pés] e devem ser concebidos de modo que os cabos tenham movimento livre, sem, contudo, permitir que o cabo seja retirado do suporte.

Além disso, caso o sistema de parada com cabos tenha mais de uma chave, um sinal visual deverá ser fornecido para indicar qual chave foi utilizada para parar o transportador.

A seção 2.10.6.3 da norma *AS/NZA 4024.3610* aborda a localização dos cabos. Os requisitos especificam que os cabos de emergência devem ser instalados de modo a estarem:

1. Visíveis;
2. Prontamente acessíveis para um indivíduo preso e também para um indivíduo que esteja nas proximidades;
3. Fora de qualquer proteção removível;
4. Fora da linha vertical de qualquer ponto pressão ou cisalhamento e a 1 metro [≈ 39 pol.] ou menos dos pontos pressão e cisalhamento;
5. A uma distância de 900 mm [$\approx 35,5$ pol.] ou mais acima do solo;
6. Normalmente, a uma distância de 1.500 mm [≈ 59 pol.] ou menos acima do piso de acesso; em situações em que seja necessário que a chave esteja a mais de 1.500 milímetros [≈ 59 pol.] acima do piso, o cabo deverá ser posicionado abaixo de todos os pontos de pressão e cisalhamento.

A norma *AS/NZA 4024.3610* inclui desenhos para mostrar os locais preferenciais para os cabos de parada de emergência. Adicionalmente, a norma orienta que um procedimento de avaliação de riscos deve ser aplicado para determinar a localização dos cabos.



Canadá

De acordo com a publicação de 2003 do laboratório de segurança canadense, Occupational Health and Safety Research Institute (IRSST), *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*, a seção 373.5 do regulamento Regulation Respecting Occupational Health and Safety in Mines estabelece:

Todos os transportadores devem ser equipados, caso os trabalhadores possam acessar um transportador durante sua operação, com um dispositivo de desligamento de emergência ao longo de toda a extensão do transportador, entre a polia de cabeça e a polia de retorno (polia traseira).

De acordo com a cláusula 4.4.3 Sistemas de transportadores, a norma *CAN/CSA M421 (R2016) - Use of electricity in mines* especifica:

Cláusula 4.4.3.1

Um transportador acionado eletricamente deve contar com os seguintes dispositivos:

- (a) cabos de emergência (consulte a Cláusula 4.4.3.2) para parar o transportador, em local acessível ao longo do transportador. Os cabos de emergência deverão ser de fácil acesso para as pessoas nesses locais.

Cláusula 4.4.3.2

O cabo de emergência exigido pela Cláusula 4.4.3.1 deverá:

- (a) acionar uma chave com redefinição manual para parar o transportador;
- (b) ser concebido e disposto de modo que acione o dispositivo de comutação associado e gere o sinal de parada de emergência quando
 - (i) o cabo de emergência for puxado em qualquer direção;
 - (ii) uma força de tração perpendicular inferior a 200 N [$\approx 20,4\text{Kgf}$] for aplicada ao cabo de emergência; e

- (iii) um desvio perpendicular do cabo de emergência inferior a 400 mm [$\approx 15,75$ pol.] ocorrer;

- (c) ser capaz de suportar, sem ruptura, uma força de tensão dez vezes maior do que a necessária para gerar o sinal de parada de emergência; e
- (d) integrar um indicador visual para mostrar qual dispositivo foi acionado quando mais de um dispositivo de comutação for necessário.

O Canadá é um exemplo de país que fornece diretrizes gerais de segurança em nível nacional, ao mesmo tempo em que as províncias podem adotar regulamentações mais severas. Por exemplo, a legislação de Alberta, Alberta Occupational Health and Safety (OH&S), de 2009, reflete a legislação nacional. Porém, o governo da província patrocinou um grupo, o Workplace Health & Safety Policy and Legislation, Alberta Employment and Immigration, para elaborar um guia com contribuições do setor, o guia *Best Practices on Conveyor Safety*, de 2003, que se tornou, de fato, uma norma de segurança para transportadores.

Na seção 4.4 *Emergency stop pull-cords*, a publicação observa:

Se um trabalhador puder acessar um transportador em funcionamento, ele deverá ser equipado com um dispositivo de desligamento de emergência ao longo de toda a extensão do transportador.

Um dispositivo de desligamento composto por um cabo com fios metálicos revestidos (cabo de emergência) deverá funcionar como um cabo de parada de emergência, independentemente da direção em que o cabo for puxado, ou caso o cabo de parada de emergência seja rompido. Uma falha da mola também deverá acionar uma parada de emergência.

Uma força horizontal inferior a 125 N [$\approx 13\text{Kgf}$], aplicada a um ponto intermediário entre dois anéis

de suporte e perpendicular ao cabo, deve ser suficiente para ativar o cabo de emergência. O movimento lateral do cabo (entre a posição de repouso e o ponto de acionamento) não deve exceder 300 mm [≈12 pol.]. O cabo deve ser capaz de suportar uma força de tensão 10 vezes maior do que a tensão necessária para acionar o cabo de parada de emergência, quando tal força for aplicada perpendicularmente ao cabo.

O cabo deve ter movimento livre entre os respectivos suportes, especialmente nas curvas. Os cabos não devem apresentar torções nem correr o risco de apresentar torções durante o uso. Se a largura da correia for igual ou inferior a 800 mm [≈31,5 pol.], um único cabo central poderá ser usado acima do correia.

O comprimento máximo do cabo e outras características devem estar de acordo com as recomendações dos fabricantes (para os anéis de suporte e proteções das polias, prevenção contra paralisações, variação no comprimento devido a mudanças de temperatura etc.).

A norma *CSA Z432-04 (R2014) Safeguarding of machinery* oferece as seguintes orientações na seção 7.17.3 Cabos de parada de emergência:

7.17.3.1

Os cabos de parada de emergência deverão estar localizados de modo que estejam claramente visíveis, sejam facilmente acessíveis e estejam posicionados de forma que possam ser utilizados não apenas próximos à estação de controle normal do acionador, mas também em outros pontos apropriados.

7.17.3.2

O sistema de cabos de emergência deverá ser concebido e disposto de modo que acione o dispositivo de comutação associado e gere o sinal de parada de emergência quando

(a) o cabo de emergência for puxado

em qualquer direção, uma força de tração perpendicular inferior a 200 N [≈20,4Kgf] for aplicada ao cabo e um desvio perpendicular do cabo de emergência inferior a 400 mm [≈15,75 pol.] ocorrer;

(b) o cabo de emergência for rompido; ou

(c) ocorrer falha de uma única mola.

7.17.3.3

Além disso, o cabo de emergência deve ser capaz de suportar, sem ruptura, uma força de tensão 10 vezes maior do que a necessária para gerar o sinal de parada de emergência.

7.17.3.4

No caso de cabos de emergência longos, que requerem a instalação de mais de um dispositivo de comutação, um indicador visual deverá ser integrado, para mostrar qual dispositivo foi acionado.



Europa

A norma europeia *EN*

13850:2006 Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design descreve as ações necessárias para uma parada de emergência (e portanto, para o uso dos cabos de emergência):

- acionamento humano direto intencional (por meio de força) para acionar;
- abertura mecânica direta (travamento) sem o uso de molas ou de outro auxílio de armazenamento de energia;
- redefinição [apenas redefinição manual no local em que a chave foi acionada]; e
- permissão de reinicialização, mas sem reinicialização automática.

A norma europeia *EN 620 Continuous handling equipment and systems – Safety and EMC requirements for fixed belt conveyors for bulk materials* requer que uma parada de emergência "seja acompanhada de um aviso visual e/ou sonoro claro".

Na seção 5.7.2.8 Sistema de parada de emergência, a norma *EN 620* especifica:

Dispositivos de parada de emergência devem ter funcionamento ativo, contar com autotravamento e deverão:

- a) contar com uma ou mais chaves acionadas por botão de pressão, que devem ser instaladas de maneira que pelo menos uma delas possa ser alcançada dentro de um raio de 10 m [$\approx 32,8$ pés] a partir de qualquer ponto acessível do equipamento; e/ou
- b) contar com um ou mais cabos de emergência dispostos ao longo de toda a extensão da instalação; ou
- c) contar com dispositivo de desligamento da alimentação do transportador se a distância entre qualquer ponto acessível do equipamento e o dispositivo de desligamento for de 10 m [$\approx 32,8$ pés] ou menos.

Dispositivos de parada de emergência deverão estar presentes em todas as estações de controle, posições de trabalho e em peças acessíveis do maquinário, incluindo pontos de carga, descarga, passarelas e pontos de transferência.

Caso um dispositivo de parada de emergência seja acionado e o transportador seja parado, o transportador deverá permanecer em uma condição estacionária até que o dispositivo seja redefinido e o dispositivo de inicialização seja posteriormente acionado. Caso haja mais de um dispositivo de parada de emergência instalado, métodos para indicar qual dispositivo foi acionado deverão ser incorporados.

O início da função de parada de emergência não deve criar uma condição perigosa, por exemplo, descargas perigosas do material transportado.

A altura do dispositivo de parada de emergência deve estar entre 0,6 m e 1,7 m [≈ 24 e 67 pol.] da superfície sobre a qual o operador trabalha.

Em uma seção posterior, 5.7.2.9 Chave de parada de emergência acionada por cabo, a norma *EN 620* especifica:

A disposição das chaves de parada de emergência acionadas por cabos deverá ser tal que os dispositivos de comutação associados funcionarão se o cabo de acionamento for puxado em qualquer direção ou se o cabo for rompido. Os cabos de parada de emergência também deverão ser concebidos de maneira que qualquer falha na operação de uma mola faça com que o dispositivo de comutação associado seja acionado (isto é, não ocasione uma falha perigosa).

O cabo de parada de emergência deverá ser acionado pela aplicação de uma força horizontal no cabo, inferior a 125 N [$\approx 13\text{Kgf}$], em um ponto intermediário entre dois anéis de suporte e perpendicular ao cabo. O movimento lateral do cabo (entre a posição de repouso e a posição de acionamento) deve ser inferior a 300 mm [≈ 12 pol.].

O movimento do cabo de acionamento e a força para operar o cabo podem ser afetados pelo projeto dos suportes do cabo e pela distância entre os suportes. Portanto, deverá ser assegurado que o cabo tenha movimento livre entre os suportes, especialmente no que diz respeito a mudanças de direção, sem que seja desengatado dos suportes.

Apenas cabos livres de dobras e de tipos pouco suscetíveis a dobras durante o serviço deverão ser selecionados para uso. O comprimento máximo e outros detalhes devem estar de acordo com as recomendações do fornecedor do cabo de parada de emergência (por exemplo, proteções dos anéis de suporte e das polias, prevenção contra paralisações, variação no comprimento devido a mudanças de temperatura etc.).

Requisitos para cabos de segurança para transportadores também são encontrados nas seguintes normas da União Europeia:

ISO 13849

Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design

DIN EN ISO 13850

Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design

DIN EN 60204-1

Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements

DIN 60947-5-1

Control-Circuit Devices and Switching Elements, Electromechanical Control Circuit Devices



Índia

A norma Indiana *IS 7155 (-2,1986) Code of recommended practice for conveyor safety, Parte 2: General safety requirements* oferece as seguintes instruções no item 3.2.12.2 Cabos de emergências:

O sistema do transportador deve contar com cabos de emergência com posicionamento fixo e em intervalos adequados ao longo do transportador, de modo que qualquer transportador específico possa ser parado a partir de qualquer local, e, caso haja qualquer operação sequencial, o transportador em sequência também possa ser parado automaticamente.



Japão

A associação Japanese Standards Association (JSA) oferece a norma *JIS B9703 (2011) Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*. Essa norma inclui:

4.4.3 O dispositivo de parada de emergência deverá aplicar o princípio da ação de abertura direta com travamento mecânico. Dispositivos elétricos de

parada de emergência devem estar em conformidade com a norma *JIS C 8201-5-5*.

4.4.4 Em caso de falha do dispositivo de parada de emergência (incluindo a função de sustentação), a geração do comando de parada deverá ter prioridade sobre a função de sustentação. A redefinição (por exemplo, o desligamento) da parada de emergência só deverá ser possível como resultado de uma ação manual no local onde a parada de emergência tiver sido ativada.

A Seção 4.5 Utilização de cabos ou cordas como atuadores inclui as seguintes instruções:

4.5.1 Caso cabos ou cordas sejam usados como atuadores dos dispositivos de parada de emergência, eles deverão ser projetados e posicionados para facilitar o uso. Para esse efeito, os seguintes itens deverão ser considerados

- o desvio necessário para gerar o comando de parada de emergência,
- o desvio máximo possível,
- a folga mínima entre o cabo ou corda e o objeto mais próximo,
- a visibilidade dos cabos ou cordas para os operadores (por exemplo, pela utilização de sinalizadores) e
- a força que deve ser aplicada e sua direção em relação ao cabo ou corda, para acionar o dispositivo de parada de emergência.

OBSERVAÇÃO: Caso haja a possibilidade de ocorrência de tentativas de acionamento puxando o cabo ao longo do próprio eixo, é necessário garantir que puxar o cabo em qualquer direção vai gerar o comando de parada de emergência.

4.5.2 Medidas deverão ser implementadas para evitar os perigos causados pela ruptura ou desengate do cabo ou corda (consulte o item 4.4.4).



África do Sul

A lei *Mine Health and Safety Act* 29 de 1996, indica, na seção 8.9(1)(c), que o empregador deve garantir que:

As máquinas de acionamento da instalação da correia do transportador possam ser paradas por qualquer pessoa em qualquer ponto ao longo da extensão do transportador onde seja possível acessar a correia.

Embora não sejam especificamente identificados, como o alarme de aviso de inicialização no *Regulamento 8.9(1)(f)* e o método para prevenção de movimento de tensão durante manutenção ou limpeza no *Regulamento 8.9(1)(g)*, parece óbvio que os dispositivos de cabos de segurança estariam incluídos no requisito do *Regulamento 8.9(9)* que exige que "qualquer dispositivo de segurança relacionado à instalação da correia do transportador" seja submetido a testes semanais.

A edição de 2016 da *Safety Around Belt Conveyors* da Conveyor Manufacturers Association of SA Limited (CMA) oferece as seguintes recomendações:

5.8 Estações de cabos de emergência

Estações de cabos de emergência consistem em dispositivos de parada distribuídos com fixações de travamento. Cabos de emergência são obrigatórios em todos os transportadores.

Caso os transportadores possam ser acessados de ambos os lados, os cabos de emergência deverão estar posicionados em ambos os lados do transportador. Inovadores sistemas foram desenvolvidos para permitir o uso de cabos de emergência em ambos os lados do transportador utilizando apenas um sistema de controle.

Os cabos de emergência deverão estar localizados ao longo do transportador, em intervalos que não excedam as

dimensões especificadas pelo fabricante do dispositivo em conjunto com as conclusões das análises de risco previstas na lei. As unidades serão interligadas com um cabo de emergência e os cabos de emergência deverão terminar em uma extremidade energizada.

O operador ativa o dispositivo puxando o cabo de emergência até que ocorra o acionamento, interrompendo a alimentação do transportador e, geralmente, acionando um indicador visual. O dispositivo permanece acionado até que seja redefinido manualmente no local do acionamento. A correia não deverá ser reiniciada após a redefinição do cabo de emergência por motivos de segurança.

O acionamento do cabo de emergência é uma parada controlada e não deverá ser considerado como um bloqueio da fonte de alimentação do transportador, a menos que as unidades sejam especificamente projetadas para tal. É importante observar que os cabos de emergência não substituem as proteções.

Os cabos de emergência deverão de maneira que estejam claramente visíveis e sejam facilmente acessíveis de todas as áreas que fornecem acesso ao transportador.

[O termo em inglês "pull key" (chave de emergência) é, por vezes, utilizado na África do Sul para denominar o que em outros locais (e neste volume) é conhecido como "pull-rope emergency stop switch" (cabo de parada de emergência). – ed.]

Versões anteriores das diretrizes da CMA continham especificações mais precisas para os sistemas cabo de emergência. A edição de 2013 incluía o seguinte:

A força necessária para acionar o dispositivo do cabo não deve exceder 70 N [$\approx 7\text{Kg}$] quando aplicada em ponto intermediário entre os suportes,

com movimento não superior a 300 mm [≈12 pol.] quando aplicado em ângulo reto em relação ao cabo, e não deverá exceder 270 N [≈627,5Kgf] quando o movimento estiver alinhado.

Os suportes dos cabos de emergência não deverão exceder 6,0 metros [≈19,5 pés] (norma australiana *AS1755* de 2000) independentemente da distância entre as instalações das chaves.

[Embora a norma *AS1755* tenha sido substituída pela *AS/NZS 4024.3610*, o requisito de espaçamento de "6,0 metros [≈19,5 pés]" permanece o mesmo - ed.]



Estados Unidos

Uma norma frequentemente mencionada sobre paradas de emergência para transportadores nos Estados Unidos é a *American Society of Mechanical Engineers (ASME) B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*, que contém os seguintes requisitos:

Seção 5.11.2 Estação de controle

(c) Transportadores controlados remota e automaticamente e transportadores cujas estações de controle não sejam assistidas por operadores ou que estejam fora de contato visual ou por voz a partir das áreas de acionamento, áreas de carga, pontos de transferência e outros locais potencialmente perigosos no caminho do transportador, que não sejam protegidos devido à localização, posição ou por proteções, deverão ser equipados com botões de parada de emergência, cabos de emergência, limitadores ou dispositivos de parada de emergência similares.

(1) Todos esses dispositivos de parada de emergência deverão ser facilmente identificáveis nas imediações desses locais, a menos que sejam protegidos devido à localização, posição

ou proteções. Caso o projeto, a função e o funcionamento de tais transportadores claramente não sejam perigosos para os funcionários, um dispositivo de parada de emergência não será necessário.

(2) O dispositivo de parada de emergência deverá atuar diretamente sobre o controle do transportador em questão e não dependerá da parada de nenhum outro equipamento. Os dispositivos de parada de emergência deverão ser instalados de modo que não possam ser anulados de outros locais.

Seção 5.11.3 Dispositivos de segurança

Todos os dispositivos de segurança, incluindo o cabeamento dos dispositivos elétricos de segurança, deverão ser dispostos para operar de maneira que uma falha da alimentação ou uma falha do próprio dispositivo não resulte em uma condição perigosa.

Seção 5.11.4 Paradas de emergência e reinicializações

Os controles do transportador devem ser dispostos de modo que, no caso de uma parada de emergência, seja necessária a redefinição ou inicialização manual no local onde a parada de emergência foi iniciada para que o transportador e os equipamentos associados retomem a operação.

Antes de reiniciar um transportador parado devido a uma emergência, uma inspeção do transportador deverá ser realizada e a causa da parada, determinada.

Seção 5.12 Operação

(b) Caso a segurança dependa de dispositivos de parada, inicialização ou ambos, eles deverão ser mantidos livres de obstruções para permitir pronto acesso.

Os regulamentos da Occupational Safety and Health Administration (OSHA), apresentados

na norma 29 CFR 1926.555 (a), exigem:

- (1) Meios para parar o motor deverão estar disponíveis na estação do operador. Sistemas de transportadores deverão ser equipados com sinais de aviso sonoros, que deverão soar imediatamente antes da inicialização do transportador.
- (2) Se a estação do operador estiver localizada em um ponto remoto, itens semelhantes para parar o motor deverão ser instalados no local de instalação do motor.
- (3) As chaves de parada de emergência deverão estar dispostas de modo que o transportador não possa ser iniciado novamente até que a chave de parada de acionada seja redefinida para a posição de funcionamento ou "ligada".

O regulamento 30 CFR 56/57.14109 *Unguarded conveyors with adjacent travelways* da MSHA indica que esses transportadores devem contar com:

... Dispositivos de parada de emergência localizados para que uma pessoa que caia sobre o transportador possa facilmente desativar o motor de acionamento do transportador; ou corrimões posicionados para impedir que uma pessoa caia sobre o transportador.

Obviamente, a MSHA espera que o dispositivo esteja localizado ao longo da parte sem proteções do transportador, adjacente a uma passagem, e que uma pessoa seja capaz de alcançar facilmente o dispositivo de parada de emergência para ativá-lo.

Orientações adicionais da MSHA, apresentadas no guia de conformidade *Guarding Conveyor Belts at Metal & Nonmetal Mines*, de 2010, ofereceram o seguinte:

O posicionamento de um cabo de parada de emergência é baseado no desempenho. Dispositivos de parada de

emergência não precisam acompanhar toda a extensão da passagem, apenas a parte desprotegida do transportador. A disposição fundamental é que as pessoas possam utilizar o dispositivo para DESATIVAR FACILMENTE o transportador.

O dispositivo de parada de emergência não precisa estar posicionado de forma que a queda de uma pessoa desative automaticamente o transportador.

A MSHA considera as chaves ou dispositivos de controle como equipamentos elétricos, de acordo com a norma 30 CFR, seção 77.502, e, assim, eles devem ser "frequentemente examinados, testados e mantidos por um funcionário qualificado, para garantir condições operacionais seguras". Essa inspeção deve ser conduzida mensalmente, como estabelecido pelo documento *Program Policy Letter P12-V-02 da MSHA*. Embora a MSHA não exija que as inspeções e testes sejam registrados durante a análise mensal dos equipamentos elétricos, um registro sobre as chaves e braços defeituosos deve ser mantido.

MELHORES PRÁTICAS

- Se um trabalhador puder acessar um transportador em funcionamento, ele deverá ser equipado com um dispositivo de desligamento de emergência ao longo de toda a extensão do transportador, incluindo ao redor de polias terminais, tensores e qualquer equipamento auxiliar, como balanças detectores de metais, amostradores, e ímãs.
- Os contatos usados para a parada de emergência devem ser normalmente fechados e diretamente acionados por algum tipo de travamento mecânico.
- Se ocorrer ruptura do cabo ou da mola tensora, a chave deverá abrir.
- Uma força horizontal inferior a 125 N [$\approx 13\text{Kgf}$], aplicada a um ponto intermediário entre dois anéis de suporte e perpendicular ao cabo, deve

ser suficiente para ativar a chave de emergência.

- Os cabos devem ser tensionados por molas para reduzir a queda da correia, e o movimento lateral necessário para acionar o dispositivo não deve ser superior a 300 milímetros [≈12 pol.].
- A distância entre as chaves não deve exceder 50 metros [≈164 pés] e a distância entre os anéis de suporte, polias ou guias não deve ser superior a 6 metros [≈19,5 pés] ou devem estar de acordo com as recomendações do fabricante.
- O cabo deve ser direcionado a pelo menos 1 metro [≈39 pol.] dos pontos de pressão ou de outros perigos acessíveis aos trabalhadores a partir de passarelas, plataformas ou superfícies onde os funcionários normalmente caminham ou trabalham.
- Os cabos de emergência devem ser instalados na altura correta. As instruções mais detalhadas são fornecidas na norma *AS/NZS 4024.3610:2015*, que especifica que os cabos devem ser instalados entre 900 milímetros [≈35,5 pol.] e 1.500 milímetros [≈60 pol.] acima do piso.

(**Figura 6.12.**) Se os pontos de pressão do transportador estiverem localizados a mais de 1.500 milímetros [≈60 pol.] acima do nível de trabalho ou passagem, o cabo de emergência deve ser instalado abaixo do pontos de pressão.

- O cabo de emergência deve ser direcionado de maneira que tenha a folga adequada ao longo de sua extensão. Isso permitirá que um trabalhador segure e puxe o cabo mesmo que haja pontos de pressão, proteções e outras obstruções próximas. Recomenda-se pelo menos 50 milímetros [≈2 pol.] de folga ao redor de todo o cabo.
- O compartimento da chave deve ter classificação IP 66 (NEMA 4 ou 4X) ou superior, com base nas condições ambientais e nos riscos do material a granel.
- O corpo do dispositivo deve ter a cor amarela; a alavanca de acionamento, a haste ou o indicador de sinalização deve ter a cor vermelha.
- O cabo deve ser composto por fios metálicos com resistência de pelo menos 1.250 Newtons [≈127,5Kgf].

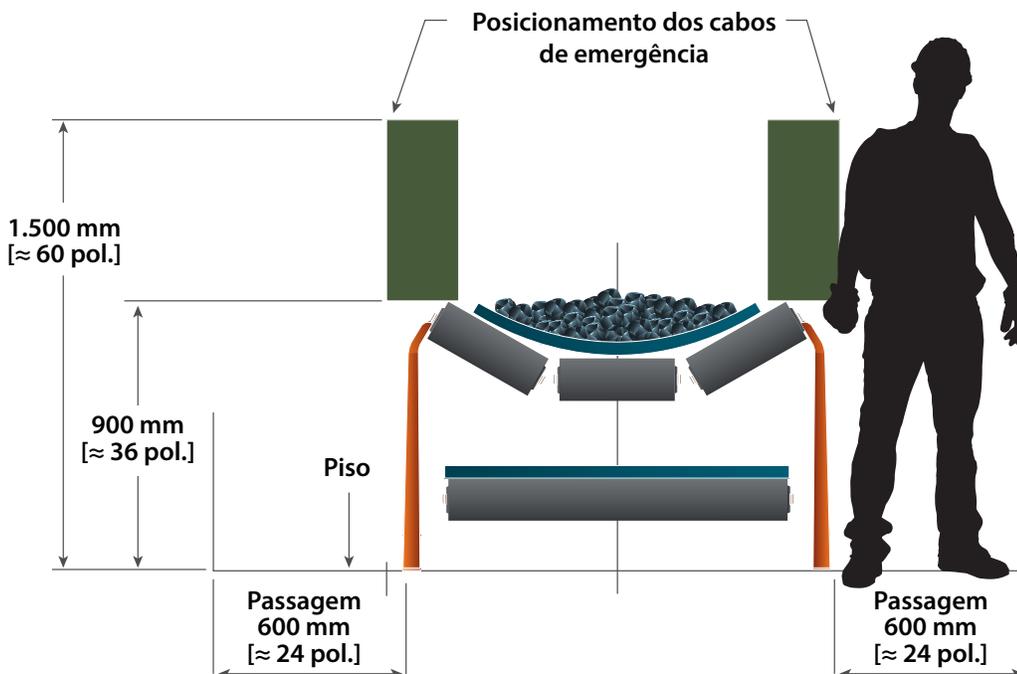


Figura 6.12.

As melhores práticas para cabos de parada de emergência incluem a instalação dos cabos a uma altura adequada.

- As extremidades do cabo devem contar com fixação dupla, com grampos adequadamente instalados e compatíveis em termos de dimensões e classificação, de acordo com a aplicação.
- O cabo deve ser revestido para evitar lesões devido a protuberâncias.
- O revestimento deve ter uma cor de segurança distintiva, diferente da cor do transportador e das proteções. A cor vermelha é a recomendada.
- Cada dispositivo deve passar por teste de acionamento, com o transportador em funcionamento, pelo menos mensalmente. Os cabos, grampos e guias associados devem ser examinados mensalmente e mantidos por um funcionário qualificado, para garantir condições operacionais seguras. Os resultados dos testes, sejam eles a aprovação ou reprovação, devem ser documentados.

CONCLUSÕES

A função dos cabos de parada de emergência

Embora os cabos de parada de emergência sejam obrigatórios e um item importante em um programa de segurança no trabalho com transportadores nas fábricas, é preciso observar que eles não são uma solução milagrosa ou o fim de todos os problemas de segurança. Funcionários que trabalham com transportadores de correia ou próximos a eles não podem depender dos cabos de parada de emergência como um meio de preservação da vida. Outras táticas devem ser empregadas para melhorar a segurança transportador de correia.

Os cabos de emergência têm certas limitações, que, pela natureza de seu projeto e aplicação, não podem ser superadas. Embora ninguém defenda a remoção desses sistemas, é um erro depender deles para salvar a vida, ou mesmo os membros, de um trabalhador.

Também é importante lembrar que a função de parada de emergência não deve ser usada em substituição a medidas de proteção, mas apenas como medida auxiliar. Todos os regulamentos e normas apontam que os cabos de parada de emergência não substituem as proteções. ⚠



Capítulo 7 **Batentes, freios contra recuo e travas**

INTRODUÇÃO	95
A importância, e os riscos, da tensão	96
Armazenamento de energia	97
Os riscos da energia armazenada ..	98
Mais do que travamento/ etiquetagem	100
Batentes ou freios?.....	100
Prevenção da reversão e do descontrole	101
REGULAMENTOS E NORMAS.....	103
Outros métodos de parada	
Reversão da correia	105
MELHORES PRÁTICAS	106
CONCLUSÕES.....	107

INTRODUÇÃO

Uma correia de transportador é muito semelhante a um grande elástico esticado entre as polias, e essa tensão pode ser substancial. Correias diferentes têm taxas de alongamento diferentes, com especificações que permitem até 4% de alongamento durante o funcionamento. A maior parte das correias de trama atualmente operam com uma taxa de alongamento de 1%.

Similar a um elástico esticado, uma correia do transportador tem potencial de energia que, se subitamente liberada por uma ruptura da correia ou apenas por uma alteração das forças que a mantêm na posição correta, também pode liberar forças violentas. Essas forças podem ferir os trabalhadores, puxando-os em direção aos componentes estruturais ou liberando grandes quantidades de carga. Essas forças precisam ser controladas para reduzir os riscos associados a elas.

A importância, e os riscos, da tensão

Mesmo quando o acionamento de um transportador está devidamente travado e etiquetado, a correia do transportador está sujeita a forças significativas aplicadas como resultado da tensão armazenada na correia. A quantidade de tensão é baseada no comprimento, na largura e na inclinação da correia; no peso da carga material; e na potência de acionamento aplicada à correia. Grande parte da tensão da correia advém do mecanismo de acionamento do transportador, que move a correia, e do sistema tensor, usado para tensionar a correia de modo que o mecanismo de acionamento possa movê-la sem deslizamento.

A maior parte dos transportadores de correia tem o acionamento localizado na extremidade de descarga ou dianteira do transportador. Nesses sistemas, a maior tensão está localizada no ponto onde a correia fica contra a polia de acionamento. Diretamente depois da polia de acionamento, a tensão da correia é consideravelmente menor. Basicamente, isso ocorre porque a correia e a carga são puxadas em direção ao acionamento, enquanto que após o acionamento, a correia vazia é empurrada.

Em um transportador acionado pela extremidade dianteira, a tensão da correia é maior imediatamente antes do ponto onde a correia sai da polia de acionamento, que, nesse caso, é a extremidade dianteira.

As áreas de tensão menor da correia estão localizadas no lado do retorno da correia. (Figura 7.1.)

Quando a polia acionada está localizada na extremidade traseira do transportador, as áreas de menor tensão da correia são encontradas na parte superior do sistema, com o menor ponto de tensão localizado imediatamente depois do ponto onde a correia sai da polia. A área de maior tensão da correia ainda é imediatamente antes do ponto onde a correia sai da polia de acionamento.

Os mesmos princípios se aplicam a uma correia na qual o acionamento está localizado no centro da correia. Novamente, a maior tensão está localizada imediatamente antes do ponto onde a correia sai da polia de acionamento. Depois do ponto onde a correia sai da polia de acionamento, a tensão cai drasticamente. Conforme a correia se desloca em direção à polia de acionamento novamente, a tensão aumenta, até que ela passe pela polia de acionamento e a tensão seja reduzida.

A localização do mecanismo tensor e os pontos onde a correia recebe a carga também afetam as áreas onde a correia está sob maior tensão.

É importante lembrar que "baixa tensão" não significa "nenhuma tensão". Uma energia armazenada considerável pode estar presente mesmo em áreas de tensão mais baixa da correia.

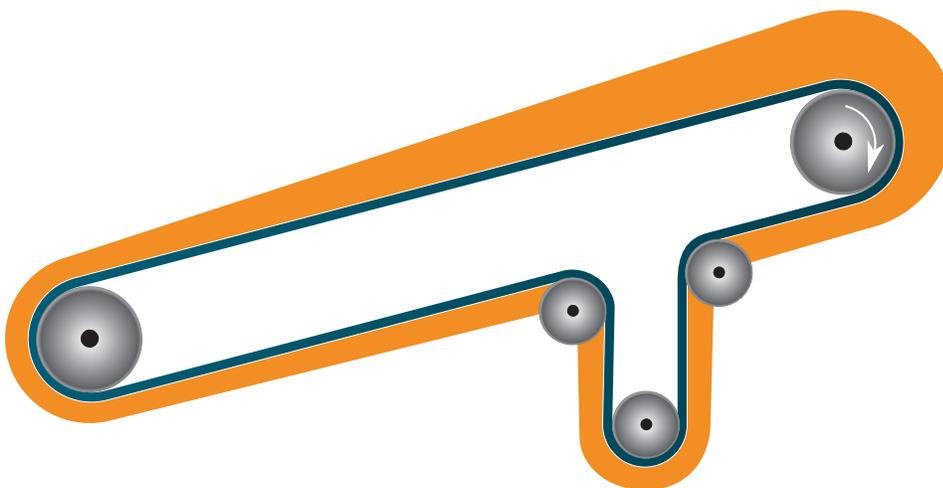


Figura 7.1.

A espessura da porção na cor laranja nesse desenho indica a quantidade de tensão proporcional na correia em vários pontos de um transportador acionado por uma polia de cabeça.

Armazenamento de energia

Transportadores são máquinas de alta inércia (têm um volume considerável de massa em rotação e em movimento), com grandes quantidades de energia cinética (energia de movimento) quando em movimento, e podem conter grandes quantidades de energia potencial (energia armazenada) quando parados. Ambos os conceitos são fundamentais para a compreensão da concepção e do funcionamento de um transportador.

A energia cinética é a energia do movimento, que é definido pela Segunda lei de Newton: $F = m \times a$ (força = massa \times aceleração). Outra forma da equação é $F = \frac{1}{2} m \times v^2$ (força = $\frac{1}{2}$ massa \times velocidade ao quadrado). O perigo da energia do movimento (energia cinética) é mais óbvio do que aquele da energia armazenada em um sistema parado.

Energia potencial é a energia mecânica que um corpo tem em razão de sua posição e massa. [Neste livro, utilizamos os termos peso e massa de forma indistinta.] Energia potencial é definida como $F = m \times h$ (força = massa \times altura de queda). Um caso especial de energia potencial é a energia elástica, como a energia armazenada quando a correia é tensionada ou quando uma mola é comprimida. A energia elástica pode ser definida como $F = \frac{1}{2} k \times x^2$ (força = $\frac{1}{2}$ constante da mola \times deformação ao quadrado).

A energia armazenada e a energia elástica apresentam riscos diferentes no que diz respeito aos transportadores de correia. Ambas representam formas de energia potencial em um sistema de transportador; no entanto, elas têm origens diferentes, com probabilidades e níveis de severidade diferentes de causar ferimentos e danos materiais.

Em transportadores de correia, a energia potencial representa as forças que podem ser originadas por uma das seguintes situações (ou todas):

- Peso da correia e da carga em um acrive/ declive e a distância efetiva de seu deslocamento.

- Peso do contrapeso e a distância potencial de sua queda.
- Peso de um fragmento ou componente quebrado e a distância potencial de queda a partir de uma correia ou para dentro de um chute.
- Tensionamento das correias.

Geralmente, fontes de energia potencial são fáceis de identificar. A mais óbvia é o contra peso. Entretanto, simplesmente levantar o peso do tensor não é suficiente para colocar um sistema de transportador que está emperrado em um estado de energia zero. Uma fonte de energia potencial menos óbvia é o acúmulo dentro dos chutes, que podem cair subitamente, danificando o transportador receptor ou ferindo um trabalhador que poderia estar limpando a parte interna do chute. Menos frequentes, mas oferecendo os mesmos riscos, são os componentes danificados ou desgastados, como chapas de desgaste e roletes de retorno, que podem ficar soltos e cair.

Uma correia horizontal, carregada ou descarregada, terá menos potencial de liberação de energia armazenada, pois há pouca ou nenhuma altura de queda disponível para a carga ou para a correia vazia. Correias vazias inclinadas também têm muito pouco potencial de liberação de energia armazenada, a menos que sejam cortadas ao meio ou em caso de falha da transmissão. Isso ocorre porque os comprimentos dos ciclos de carga e de retorno são mais ou menos equivalentes, cancelando a energia potencial entre si, e a resistência de rolagem dos rolamentos do rolete e da polia geralmente são suficientes para parar o movimento da correia na descida.

Uma correia inclinada carregada é muito mais preocupante, devido à liberação da energia armazenada. Geralmente, a área de maior tensão da correia está na extremidade mais elevada do transportador ou no acionamento. Se houver falha da correia ou da emenda, a falha costuma ocorrer nesse ponto. Em uma correia em acrive, esse

ponto seria a extremidade de descarga do transportador; em uma correia em declive, seria a extremidade de carga. Quando uma correia carregada é rompida, a energia armazenada é aproximadamente igual ao peso do material (W_m) na correia mais o peso da correia (W_b) vezes a distância média de deslocamento vertical (H_{avg}). A correia e a carga começam a se mover devido à aceleração da gravidade, rapidamente superando a resistência do rolamento do rolete, e todo o conjunto da correia, com toda a carga, podem acabar caindo até a parte inferior do transportador, arrancando roletes e a estrutura conforme aceleram. (Figura 7.2.) O resultado é frequentemente catastrófico em termos de danos materiais e, se houver trabalhadores presentes, ferimentos graves ou fatais.

Os riscos da energia armazenada

A energia elástica pode ser armazenada ou pode ficar presa em um transportador quando alta tensão surge em uma parte de uma correia, enquanto outra seção permanece em uma tensão menor, como quando a correia é parada ou bloqueada. O contra peso fornece a tensão mínima necessária para que o motor transfira o torque necessário para a polia, que, por sua vez, gira a polia de cabeça. Quando um evento para o transportador, seja por um comando de parada de emergência ou uma obstrução, ainda há tensão armazenada na correia. Devido ao número ilimitado de condições de carga da correia, trajetos da correia e possíveis pontos de obstrução, é muito difícil prever para que lado será o movimento da correia quando a obstrução for resolvida. Mesmo que o transportador esteja equipado com um freio contra recuo, pode haver um desequilíbrio significativo das tensões na correia. Se não houver nenhum freio contra recuo, o transportador tenderá a distribuir a tensão igualmente ao longo do trajeto, com base ao contra peso. No entanto, se a correia estiver totalmente carregada, ou mesmo parcialmente, ou se a correia for suficientemente longa, o contra peso pode não ser capaz de igualar as tensões por todo o sistema.

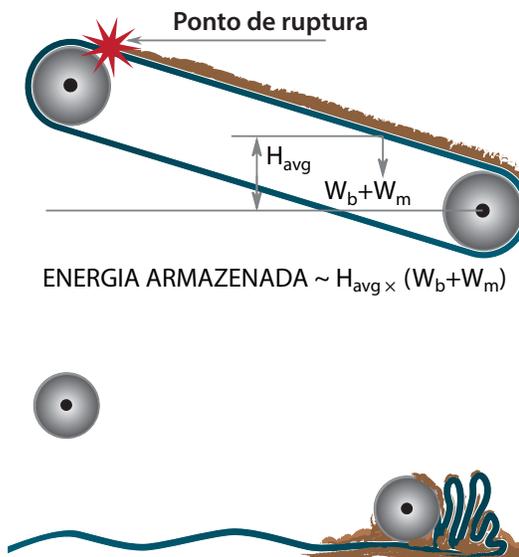


Figura 7.2.

No alto: Quando uma correia ou emenda falha, a correia é rompida na área de maior tensão, normalmente na extremidade mais alta do transportador.

Abaixo: Após apresentar falha, a correia cairá da polia de cabeça, deixando cair a correia e a carga para a parte inferior do transportador.

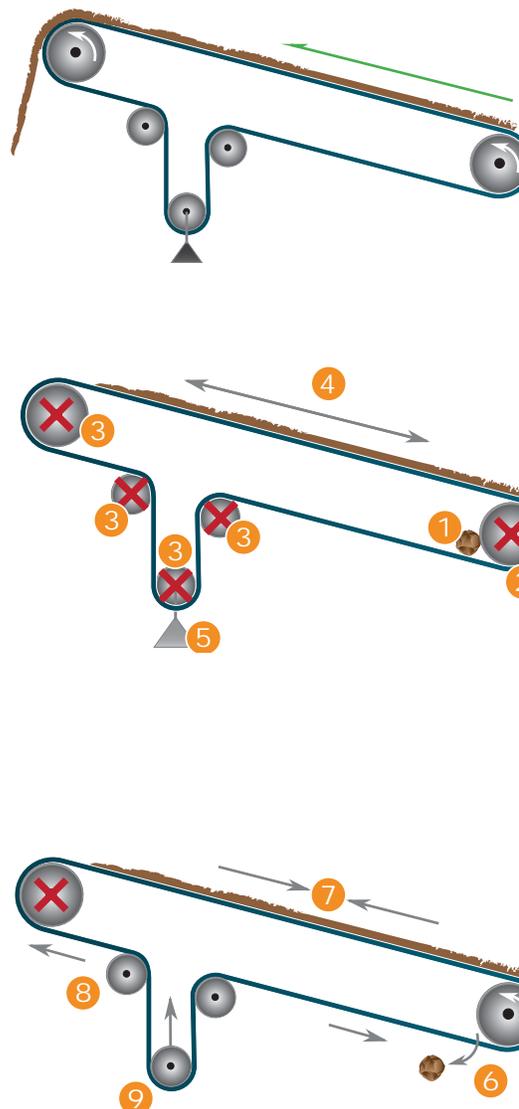


Figura 7.3.

No alto: transportador em funcionamento normal.

Centro: Sequência de aprisionamento de uma rocha.

1. Rocha presa na polia traseira.
2. A polia traseira para de girar.
3. O motor para e todas as polias param de girar.
4. A correia alonga.
5. O contra peso é elevado para remover a rocha.

Abaixo:

6. A rocha é removida e a polia gira.
7. A correia se contrai.
8. A correia se movimentada através das polias.
9. O contra peso é elevado.

Uma típica situação de obstrução em que uma rocha emperra a correia na polia traseira e o motor eventualmente para é mostrada na **Figura 7.3**. Como o motor é capaz de fornecer um pico de torque maior do que o necessário para o funcionamento do sistema, a correia pode ser tensionada além do normal, armazenando enormes quantidades de energia elástica. Se a correia tiver uma taxa de tensão de 1%, de acordo com a tensão do projeto, essa situação de sobretensão pode induzir uma tensão de 1% ou 2%. Algumas correias de trama têm uma taxa de tensão elástica de até 3%. Se o comprimento total da correia no transportador for de 200 metros [≈ 660 pés], a correia pode ter deslocamento de até 3% de 200 metros, ou 6 metros [≈ 20 pés], quando o bloqueio for removido. Seis metros é mais do que suficiente para puxar um trabalhador através de qualquer uma das polias ou roletes no sistema e resultar em um acidente fatal. Isso acontece várias vezes por ano, em todo o mundo, e é algo que pode ser evitado.

Figura 7.4.

Para minimizar os riscos, a correia deve ser bloqueada nos pontos onde a tensão é adicionada ou subtraída do sistema.

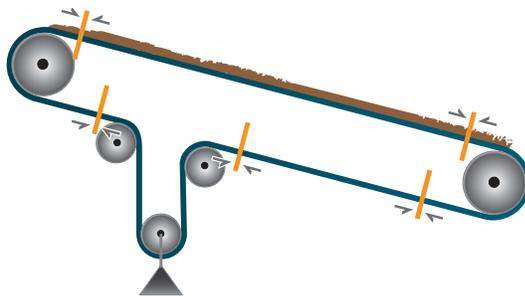
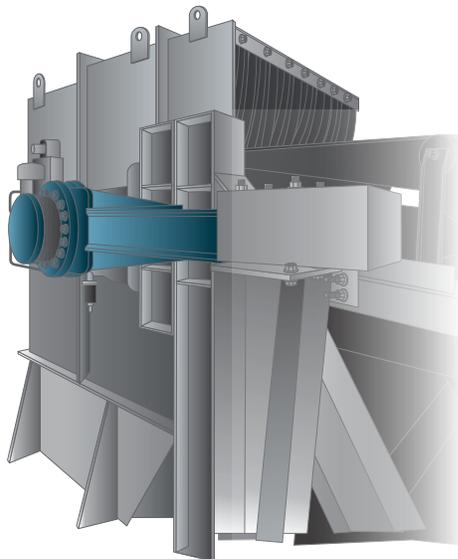


Figura 7.5.

Um dispositivo contra reversão, também conhecido como batente ou freio contra recuo, geralmente é instalado na polia da cabeça do transportador.



Um transportador emperrado pode ter um deslocamento inesperado, em qualquer direção. Uma resposta típica de manutenção seria levantar o peso do tensor e, em seguida, remover a rocha da polia traseira, dadas as circunstâncias mostradas na **Figura 7.3**. Quando a rocha for removida, a correia se contrairá e liberará a energia elástica armazenada. Nesse exemplo, a polia do contrapeso vai se mover para cima, porque o contra peso foi neutralizado, fazendo com que a correia se movimente em ambas as direções, em direção às polias de cabeça e traseira. Na extremidade dianteira, o batente e o acionamento provavelmente impedirão que a polia de cabeça gire, e a correia fará com que a polia traseira gire, conforme a correia se contrai.

A polia traseira não tem restrição à sua rotação e, provavelmente, vai girar no sentido anti-horário.

A remoção da obstrução sem antes liberar a tensão na parte superior da correia fará com que a parte superior puxe rapidamente a parte inferior da correia ao redor da polia traseira, com grande força. Devido à grande massa envolvida, energias de movimento consideráveis são criadas. Mesmo com a correia travada, isso representa um grande perigo para qualquer trabalhador que tenha removido a obstrução sem os mecanismos de bloqueio de tensão aplicados.

Embora os funcionários que executam a manutenção tenham pensado que o sistema estava inoperante e não poderia mover a correia, as polias côncavas, roletes e a polia traseira podem girar. A equação da energia elástica indica que essa energia armazenada será liberada e transformada em energia de movimento muito rapidamente, prendendo quem estiver trabalhando nas proximidades de qualquer polia ou rolete girando livremente.

Mais do que travamento/etiquetagem

Os procedimentos de travamento/etiquetagem não fornecem segurança suficiente contra acidentes sem a adição do bloqueio e dos testes. Para minimizar os riscos da energia armazenada no sistema, a correia deve ser bloqueada em todas as fontes potenciais de adição ou subtração de tensão do sistema antes que uma obstrução seja removida.

(**Figura 7.4.**) Em caso de dúvida, bloqueie tudo para prevenir lesões e evitar mais danos ao equipamento. (**Consulte o Capítulo 23 Trabalho seguro nas proximidades de transportadores.**)

Quando um sistema de correia de transportador é projetado, as tensões em diferentes locais da correia são estudadas em detalhes. Essas informações devem ser disponibilizadas para a equipe de manutenção, para que os funcionários possam identificar as fontes e os níveis de tensão no sistema sob diferentes condições operacionais, sempre que trabalharem em uma correia parada.

Batentes ou freios?

Como consequência desses riscos, transportadores inclinados exigem um dispositivo antirretorno para evitar movimento inverso das correias. (**Figura 7.5.**)

Tal dispositivo é conhecido como batente ou freio contra recuo. Existem divergências sobre a utilização desses termos. Nos Estados Unidos, a Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) usa os termos batente e freio contra recuo de forma indistinta. Outros usam freio contra recuo para dispositivos com eixo de baixa velocidade (eixo da polia) e batente para dispositivos com eixo de alta velocidade (na caixa de transmissão).

A sétima edição do guia *Belt Conveyor for Bulk Materials* da CEMA define batente como:

Um dispositivo mecânico unidirecional que permite que o transportador funcione somente na direção desejada.

Ele permite a livre rotação da polia de acionamento para frente, mas impede automaticamente a rotação da polia na direção oposta. Isso impede que a correia faça um movimento inverso, e que o material role e desça por uma inclinação quando o motor não tiver alimentação ou caso ocorram outras falhas. O acionamento é automático e inerente a esses dispositivos mecânicos, portanto, controle não é um problema.

Embora os batentes sejam mais comuns em transportadores inclinados, eles também são empregados em transportadores terrestres horizontais, para evitar a severa tensão na inicialização quando a correia carregada apresenta queda excessiva entre os roletes.

Sem um batente, a gravidade pode acelerar uma correia carregada e gerar descontrole, que pode matar ou ferir um funcionário, danificar ou destruir os componentes da transmissão, rasgar ou romper as correias ou causar outros danos consideráveis. Um batente é, essencialmente, um dispositivo de segurança que age para prevenir a reversão, protegendo contra qualquer das ocorrências acima, bem como contra a necessidade de limpeza pesada do possível derramamento de material.

Como os batentes são unidirecionais, os freios são usados em combinação ou substituindo os batentes.

O uso de freios é necessário quando o projeto do sistema exige o controle das tensões de inicialização e parada ou em transportadores inclinados. Os freios são frequentemente usados em combinação com batentes de alta velocidade ou no lugar dos batentes em transportadores inclinados.

Os freios são normalmente instalados nos eixos das polias acionadas (de baixa velocidade). Os freios utilizados em transportadores são geralmente do tipo mecânico, a disco ou tambor, e podem servir como o dispositivo principal contra reversão. Freios utilizados como dispositivos de segurança são projetados para serem acionados por molas e contam com

liberação eletromecânica, de modo que uma falha da alimentação resultará no acionamento de freio.

Os freios também podem servir como um dispositivo de segurança auxiliar, especialmente quando batentes de alta velocidade são usados; eles protegem contra falhas mecânicas no redutor de velocidade e no acoplamento. Vários freios podem ser usados em um sistema.

Uma das vantagens de um freio em comparação com um batente é que ele pode ser testado todas as vezes que o transportador é iniciado e parado.

As principais preocupações com os sistemas de freios do transportador são o desgaste das superfícies de atrito e os coeficientes de atrito variável conforme as condições climáticas ou dos materiais fugitivos mudam.

Prevenção da reversão e do descontrole

Para evitar que uma correia carregada tenha um movimento de inversão, também conhecido como reversão, transportadores

inclinados são normalmente construídos com um mecanismo de batente. A função da embreagem é permitir a rotação do mecanismo em apenas uma direção, impedindo qualquer rotação no sentido inverso. Em aplicações de batente, uma pista dentro da embreagem é fixada em um membro estacionário, de modo que a rotação inversa não é possível.

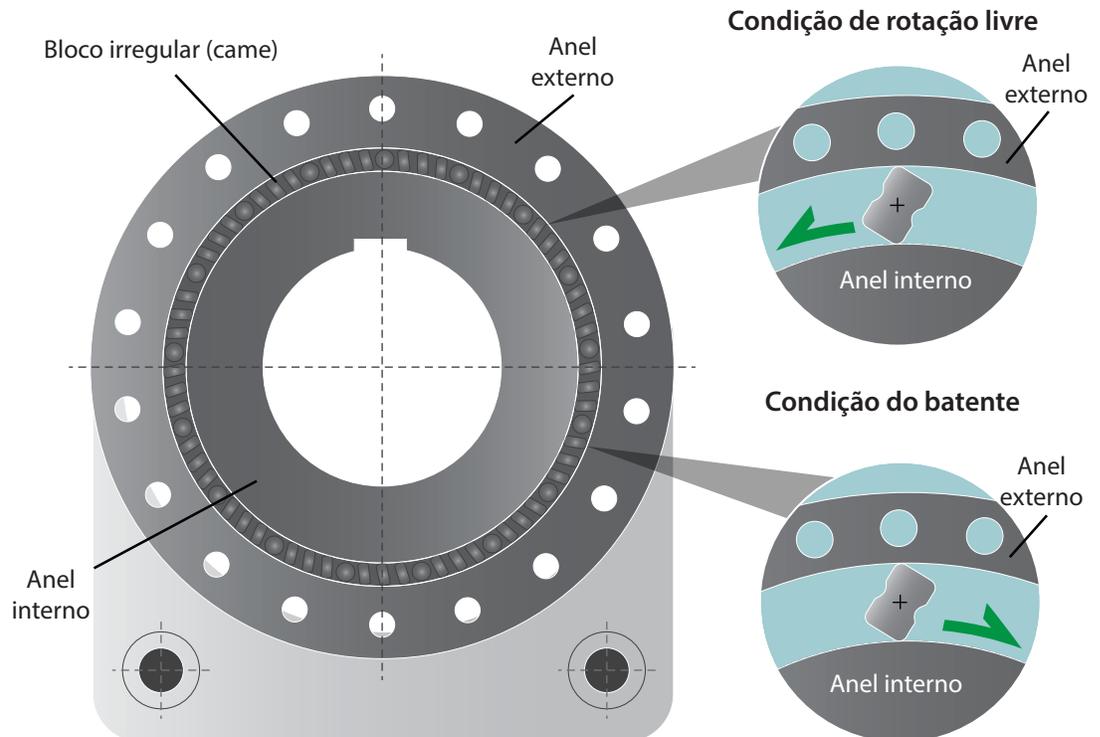
A sétima edição do guia *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA afirma:

Um batente montado em eixo (também conhecido como freio contra recuo) é um acessório mecânico que permite que um transportador opere apenas com deslocamento para frente. Ele permite a livre rotação da polia de acionamento para frente, mas impede automaticamente a rotação da polia na direção oposta.

Geralmente montado diretamente no eixo da polia de acionamento e conhecido como batente de baixa velocidade, esse dispositivo permite rotação livre da polia de acionamento com deslocamento para frente, mas automaticamente impede a rotação da polia na direção oposta. Como os batentes

Figura 7.6.

Quando o sentido de rotação do rolo é invertido, os pinos do rolamento emperram as pistas para evitar o movimento inverso.



permitem o deslocamento do transportador apenas para frente, eles não podem ser usados em transportadores reversíveis ou em declive (regenerativos). Nesses casos, um freio deve ser usado.

Os batentes também podem ser instalados no eixo de alta velocidade no conjunto de engrenagens de redução em combinação com um freio no eixo de baixa velocidade (polia de acionamento). A vantagem é que os requisitos de manutenção de torque são muito mais baixos no eixo de alta velocidade. Frequentemente, é necessário instalar um freio em transportadores mais longos, para controlar a parada do transportador sob condições normais. A desvantagem dessa disposição é que uma falha no sistema de transmissão e no eixo da polia, depois do batente de alta velocidade, não terá proteção. No entanto, quando usado com um freio, há uma capacidade de parada redundante.

Em aplicações de batente, uma pista é sempre fixada em um membro estacionário. A função da embreagem é permitir que a rotação do mecanismo conectada à outra pista, apenas em uma direção, e sempre evitar qualquer rotação na direção inversa. Embora a embreagem normalmente seja inerte, ela é referida como batente em transportadores, redutores de velocidade e equipamentos similares, porque sua função é impedir a rotação inversa.

Os tipos mais comuns de batentes incluem embreagens unidirecionais centrífugas e de roletes. Os dispositivos anti retorno dos tipos centrífugo e de roletes funcionam de forma semelhante, impedindo o movimento de inversão fazendo um bloqueio nas pistas interna e externa. O bloqueio da unidade de roletes é feito por vários roletes com pistas dentadas internas. Em uma unidade centrífuga, o mecanismo de bloqueio consiste em vários "pinos", peças cuneiformes com o formato de um número oito. (Figura 7.6.)

Batentes de baixa velocidade, assim denominados porque têm velocidade de deslocamento similar à da polia de acionamento do transportador, são montados

diretamente em uma extensão do eixo da polia de acionamento, no lado oposto do acionamento. Esse local oferece o meio de controle mais ativo da reversão da correia. Também simplifica a execução do trabalho de manutenção necessário aos componentes de acionamento.

Devido ao design unidirecional, apenas um único batente é geralmente usado em um transportador; caso contrário, eles poderiam trabalhar uns contra os outros.

Ambos os modelos são dependentes da lubrificação adequada dos componentes mecânicos. Testes periódicos de um batente são realizados quando o transportador é parado e o freio é acionado, se a caixa de transmissão for do tipo com movimento bidirecional. Em alguns casos, as engrenagens não permitem o movimento inverso. Portanto, para testar um batente de baixa velocidade, a caixa de transmissão deve ser desacoplada do eixo da polia de acionamento.

A embreagem é fixada na estrutura do transportador usando um braço de torque. (Figura 7.7.) O braço de torque é conectado à embreagem e à estrutura estacionária do transportador por meio de um braço instalado em um estribo grande. Isso permite que o braço se mova (ligeiramente) quando a correia é invertida. Quando o transportador carregado começa a se mover na direção contrária, a ação contra reversão da embreagem é ativada. A embreagem gira ligeiramente contra a força, permitindo que o braço de torque receba parte da carga e a transfira para a estrutura do transportador. É importante manter o braço livre para se mover ligeiramente no estribo,

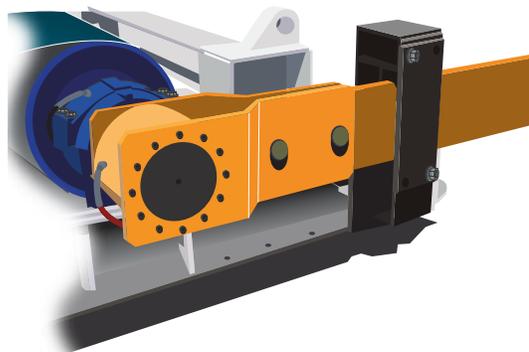


Figura 7.7.

Uma embreagem está fixada em um braço de torque com estribo para suportar de estribo para suportar a energia da correia e evitar reversão.

de modo que o próprio batente se centralize, a fim de evitar esmagamento dos rolamentos. Conseqüentemente, o suporte deve ser mantido livre de derramamentos de materiais e outros detritos.

Como os batentes são dispositivos de segurança vitais, sua função deve ser testada mensalmente parando o transportador com carga total e observando qualquer reversão. O óleo deve ser avaliado em busca de fragmentos de metal e vida útil restante sempre que o óleo da caixa de transmissão do transportador for testado.

A operação do batente pode resultar em armazenamento de energia indesejado, como ocorre quando a polia traseira é bloqueada devido a rolamentos travados ou derramamento de material. O perigo é que a polia (e a correia) repentinamente se "soltarão" do problema que estava restringindo o movimento, libertando forças repentinas e extremas, que criam riscos. Além dos riscos criados pelo súbito e rápido movimento da correia e a probabilidade de descarga violenta de material em direções imprevisíveis, existe o risco de que a liberação repentina da energia possa fazer com que o sistema de acionamento ou outros componentes do transportador apresentem falhas abruptamente, com possibilidade de estilhaços e outros perigos.

Conseqüentemente, precauções de segurança devem ser tomadas para liberar essa energia armazenada antes de qualquer inspeção, limpeza ou manutenção. (**Consulte o Capítulo 23 Trabalho seguro nas proximidades de transportadores.**)

REGULAMENTOS E NORMAS

Muitos padrões de design de transportadores e regulamentos de segurança especificam a necessidade de um batente em transportadores inclinados para o manuseio de materiais a granel. Nenhum dos padrões especifica um método ou frequência para a realização de testes desses dispositivos, deixando os detalhes para as recomendações do fabricante.



Austrália

Na seção 2.5.2 Dispositivo contra descontrolado, a norma da Austrália/ Nova Zelândia *AS/NZS 4024.3610:2015* especifica que dispositivos que impedirão automaticamente qualquer descontrolado serão fornecidos em todos os transportadores em que os efeitos da gravidade possam causar descontrolado do transportador.

A norma usa o termo dispositivo de proteção contra descontrolado para descrever o equipamento que para um transportador inclinado e, assim, evita movimento descontrolado em caso de falha mecânica ou elétrica. A norma fornece uma lista de dispositivos comuns contra descontrolado. Esses dispositivos incluem, sem limitações, freios, freios contra recuo, roletes propulsores excêntricos no retorno do transportador, embreagens de lingueta e catraca ou sobrepostas no eixo do acionamento, redutores de engrenagem autoblocantes com rosca sem fim e pinos ou cunhas no espaço entre as pistas interna e externa.

Afirma ainda que, se a falha do próprio dispositivo contra descontrolado representar um risco, dois dispositivos automáticos devem ser instalados, cada um dos quais suficiente para suportar a carga individualmente. Cada dispositivo contra descontrolado deve ser capaz de parar e suportar 150% da carga máxima aplicada pelo transportador, incluindo condições de sobrecarga. A norma determina que os dispositivos sejam inspecionados quanto a desgastes e seu funcionamento, com testes periódicos apropriados obrigatórios.

Outro termo estabelece que a norma sobre o suporte de 150% de carga prevista não se aplica às forças dinâmicas criadas em situações anormais, como inicializações e paradas interrompidas do transportador, embora observe que os batentes do sistema devem ser adequados a essas forças de acordo com o valor nominal.

A norma sugere que o dispositivo contra descontrolado seja instalado na transmissão

do transportador, em um local onde falhas sejam raras ao longo do ciclo de vida esperado do transportador. Ela exige, ainda, que se a proteção contra descontrole não for instalada diretamente no acionamento ou na polia acionada do transportador, o dispositivo contra descontrole deverá fornecer força suficiente para compensar a falha de qualquer componente na transmissão. A norma também observa que dispositivos contra descontrole não devem ser instalados entre a correia, correia de acionamento, acoplamento hidráulico ou dispositivo semelhante e o motor de acionamento.



Europa

A seção 5.7.1 Medidas de proteção contra falhas no fornecimento de energia, da norma europeia *EN 620 Continuous handling equipment and systems – Safety and EMC requirements for fixed belt conveyors for bulk materials*, estabelece que

Se puder ocorrer movimento descontrolado (especialmente em transportadores inclinados), os transportadores devem ser equipados com um meio para parar e evitar movimento adicional, que deve operar sempre que o fornecimento de energia falhar, por exemplo, um freio ou outros dispositivo semelhante.

Além disso, a norma de projeto *DIN 22101 Continuous conveyors – Belt conveyors for loose bulk materials – Basis for calculation and dimensioning*, na seção 7.3.2 Estados de parada e contenção, indica:

A operação de instalações de transportadores de correia geralmente requer o fornecimento de equipamento de frenagem para parar as massas em movimento e/ou dispositivos de contenção para conter instalações inclinadas sob carga.



Índia

A norma *indiana IS 11592-2000 Selection and Design of Belt Conveyors – Code of Practice*, seção 8.11 Redução da velocidade, enuncia os requisitos de desempenho em três pontos:

- 8.11.2.1 Mecanismos de freio contra recuo e/ou freio devem ser instalados em transportadores com tendência a inverter o sentido do deslocamento quando a alimentação é desligada ou em sobre cargas muito pesadas.
- 8.11.2.2 Qualquer transportador que requeira maior potência para levantar a carga do que a potência necessária para mover a correia e a carga horizontalmente deve contar com mecanismos de freio contra recuo ou freio.

8.11.2.3 Um transportador regenerativo inclinado não precisa de freio contra recuo, mas deve ser equipado com freio automático capaz de parar o transportador totalmente carregado em um período de tempo razoável caso a alimentação seja desligada.



África do Sul

A norma *Mine Health and Safety Act 29, 1996*, da África do Sul, de acordo com a revisão de 2013, inclui o seguinte requisito na seção 8.9(3):

Na medida do possível, o empregador deve tomar medidas para evitar que pessoas sejam feridas pela queda de materiais ou minerais de uma instalação de transportador. Tais medidas devem incluir a instalação e a utilização de um ou mais dispositivos para evitar retorno ou avanço quando o transportador for parado.



Estados Unidos

Um requisito geral é indicado na norma *ASME B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*, seção 5.5 Batentes e freios, da American Society of Mechanical Engineers:

Figura 7.8.

Falha da correia ou da emenda em um transportador inclinado pode levar à descida da correia, onde fica acumulada na parte inferior do transportador.



Dispositivos contra descontrol, freio ou batente devem ser instalados em todos os transportadores inclinados ou verticais em que o efeito da gravidade permita a descida descontrolada da carga e caso essa carga cause riscos à equipe.

Os regulamentos da norma *29 CFR 1926.555 da Occupational Health and Safety Administration (OSHA)* fazem referência à norma *ANSI.B20-1957, Safety Code for Conveyors, Cableways, and Related Equipment* [atualizada como *ASME B20.2015 Safety Code for Conveyors and Related Equipment*].

Para definir um padrão para as minas de carvão dos Estados Unidos, há orientações semelhantes nos regulamentos em *30 CFR 77.1607 (dd)*, da Mine Safety and Health Administration (MSHA), que observam:

Batentes ou freios adequados devem ser instalados nas unidade de acionamento de transportadores inclinados para evitar a inversão dos transportadores caso haja riscos para a equipe.

Para minas para a exploração de metais/não metais nos Estados Unidos, os regulamentos na norma *30 CFR 57.14113 56.14113 da MSHA* especificam:

Batentes ou freios devem ser instalados nas unidades de acionamento de transportadores inclinados para evitar a inversão do deslocamento dos transportadores, criando risco para as pessoas.

Outros métodos de parada Reversão da correia

Existem outros dispositivos de segurança para parar a correia que são considerados acessórios opcionais e que não são abordados nos regulamentos. A sétima edição do guia *Belt Conveyor for Bulk Materials* da CEMA define um dispositivo de parada da correia:

... Qualquer acessório que vai limitar ou parar o movimento inverso e ondulante da correia do transportador e da carga causado por uma ruptura transversal ou falha de uma emenda.

Os batentes da correia, muitas vezes chamados de travas, são utilizados para atenuar lesões e danos. Quando uma correia inclinada falha, a falha normalmente ocorre perto da polia de descarga, onde a tensão máxima, identificada como T1 por engenheiros de transportadores, é acumulada. (Figura 7.8.) O final da parte carregada da correia com falha acelera na direção contrária, geralmente causando danos nas áreas circundantes e pode representar um perigo para os funcionários nas proximidades. A extremidade do lado de retorno da correia também acelera em direção à parte traseira do transportador, causando danos aos rolos de retorno e a outros componentes na área.

Um supressor é um dispositivo mecânico que interrompe o deslocamento de uma correia em movimento ou rompida (partida). O batente da correia ou trava é instalado antes do ponto de tensão máxima da correia, de modo que as extremidades da correia possam ser capturadas antes que possam avançar muito em direção ao sistema e causar ferimentos ou danos.

Existem duas formas comuns de travas. Uma consiste em um método para parar a rolagem inversa de alguns rolos do transportador; a outra é uma espécie de mandíbula que prende uma correia descontrolada para interromper seu movimento inverso.

Roletes contra reversão

Um tipo de rolete contra reversão usa rolamentos unidirecionais nos roletes. Nesses rolamentos, a pista interna gira para frente, para funcionamento normal, sem adição de atrito. Em caso de reversão da correia, quando o rolo começa a girar invertido, a pista interna se prende no eixo e na parte estreita da pista externa, que, por sua vez, para o rolete e a correia.

Os roletes contra reversão estão disponíveis com roletes em plástico (polietileno de alta densidade/HDPE) ou aço.

O arrasto produzido por esses rolos é uma preocupação; para controlar essa fricção, a instalação típica utiliza um padrão alternado de roletes padrão e rolos contra reversão.

Outra questão é que os roletes contra reversão podem ser instalado ao contrário durante uma substituição de manutenção, adicionando tensão e desgastando a cobertura inferior da correia.

Roletes contra reversão geralmente são utilizados em transportadores mais leves, como transportadores de pacotes, e, como resultado, não são facilmente aceitas em no setor de transportadores de materiais a granel como um sistema de segurança autônomo.

Apanhadores de correia

Outro tipo de trava da correia usa o esmagamento de um mecanismo de mandíbula para capturar e reter um transportador escapando devido a uma falha na correia, como uma emenda desfeita. Esses sistemas também são conhecidos como prendedores de correia ou pegadores de correia.

Esse tipo de trava é equipada com contrapesos mecânicos, que fecham a "mandíbula" para reter a correia. Sob condições normais de funcionamento, a tensão da correia mantém o dispositivo aberto; em caso de ruptura da correia, a tensão da correia é perdida. Isso libera os contrapesos, fechando a mandíbula da trava para prender os lados superior e inferior

da correia e impedir que eles voltem e desçam pela inclinação.

Travas de correias são instaladas na estrutura da correia, onde ocorrem mais rupturas.

Normalmente, isso ocorre apenas na superfície de carga ou abaixo do acionamento da parte dianteira, para capturar as superfícies de carga e retorno de forma que as extremidades permaneçam bem próximas para aplicação de emendas.

Esses sistemas são baseados na gravidade, para que eles possam funcionar sem qualquer fonte de alimentação externa (hidráulica, pneumática ou elétrica), reduzindo a manutenção e causas potenciais de falhas.

MELHORES PRÁTICAS

Prevenção da reversão da correia

- Exigir que o projetista do sistema faça simulações estáticas e dinâmicas do sistema para identificar as fontes de tensão e situações comuns em que a energia armazenada pode representar um risco para o sistema ou pessoal. Simulações comuns envolvem iniciar, parar, acives com carga, declives com carga e chutes entupidos. Situações que normalmente não são simuladas, mas que deveriam ser, incluem ruptura da correia/emenda, polias emperradas, falhas ativas da polia e falhas da polia de baixa tensão.
- Nunca depender do batente ou freio para controlar o movimento indesejado de uma correia ao executar tarefas de limpeza ou manutenção, pois a correia tem potencial para se mover em qualquer direção, dependendo do equilíbrio das tensões no ponto da obstrução.
- Bloquear o movimento potencial da correia em cada local onde a tensão possa ser adicionada ativamente (por exemplo, acionamentos, freios e tensores) e em cada local onde isso possa ocorrer passivamente (por exemplo, carga da correia, inclinações e componentes falhos).

- Usar grampos para correia concebidos e fabricados com a classificação correta e instalá-los em conformidade com as recomendações do fabricante. Não usar grampos caseiros.
- Fornecer âncoras para os grampos da correia suficientes para as forças de tensão da correia previstas no projeto do sistema.
- Liberar os grampos a partir do local da menor tensão provável, liberando gradualmente a tensão em todo o sistema.
- Manter mecanismos e estribos livres de materiais fugitivos.

Batentes

- Batentes devem ser instalados em transportadores inclinados.
- Batentes devem ser testados mensalmente, parando o transportador com carga e observando o acionamento do batente.
- Os níveis de lubrificação do batente devem ser inspecionados mensalmente, e a qualidade do lubrificante deve ser testada a cada seis meses.
- O braço de torque do batente deve ser mantido livre de detritos e material fugitivo dentro de seu suporte ou estribo. Confirmar se a instalação do braço de torque do batente não impede o acesso a acessórios essenciais, como raspadores da correia e detectores de nível do silo.
- Batentes devem ser testados mensalmente, parando o transportador com carga total e observando o acionamento do batente. Os resultados dos testes devem ser documentados.

Freios

- Os freios devem ser instalados nos transportadores usando batentes de de alta velocidade como uma medida de segurança secundária.
- Freios são geralmente exigidos em transportadores inclinados (regenerativos).

- Os freios devem ser testados mensalmente, parando o transportador com carga total e observando o movimento da correia. Os resultados dos testes devem ser documentados.

Batentes da correia

- Os batentes da correia devem ser instalados em transportadores inclinados na área de maior tensão da correia.
- Um batente de correia deve ser considerado se houver uma seção inclinada do transportador onde uma ruptura da correia criaria um grave problema de segurança para a equipe ou em circunstâncias de recuperação demorada e difícil reparação.
- Os batentes da correia devem ser testados mensalmente para garantir que os mecanismos detecção de tensão e fixação estejam livres para se moverem amplamente e não há nenhuma situação de tensão. Os resultados dos testes devem ser documentados.

CONCLUSÕES

O controle da reversão

Como vimos, há diversas maneiras de controlar movimentos indesejados da correia. Esses mecanismos de parada da correia proporcionam uma melhoria na segurança dos funcionários, bem como um suporte para a eficiência do sistema do transportador e da fábrica em geral.

No entanto, se os trabalhadores precisarem estar próximos ao transportador ou a pontos de esmagamento do transportador, o movimento da correia deve ser fisicamente contido, mesmo quando o transportador estiver bloqueado. ⚠



Capítulo 8 Coberturas

INTRODUÇÃO 109

Proteção da correia e controle da exposição à intempéries 110

Concepção e características das coberturas para transportadores . 112

REGULAMENTOS E NORMAS..... 114

MELHORES PRÁTICAS 114

CONCLUSÕES..... 115

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, o termo "cobertura" refere-se aos componentes acessórios usados para proteger um transportador ao longo de seu percurso entre a extremidade traseira e a extremidade de descarga. Normalmente, as coberturas apresentam o formato de um arco, composto por um revestimento rígido e preso por aros, e são usadas fora dos pontos de transferência dos chutes de carga ou descarga. (Figura 8.1.)

Nesta publicação, usaremos o termo "cobertura" com a aceção indicada no parágrafo anterior. As menções nesta seção não devem ser confundidas com a cobertura da correia, que consiste na camada externa de elastômeros ao redor da carcaça da correia do transportador. Da mesma maneira, o termo "cobertura", como descrito nesta seção, não deve ser confundido com a "curva" instalada na parte superior dos chutes projetados com "curva superior e curva inferior" para conter o fluxo de material e direcionar a "curva inferior" para baixo.

Proteção da correia e controle da exposição à intempéries

As coberturas para transportadores são instaladas sobre a estrutura da correia para cobrir toda a extensão da correia. (Figura 8.2.)

Elas são usadas para conter o pó e proteger contra as intempéries. As coberturas protegem a correia, os roletes e o material transportado contra o sol, o vento, a neve, a chuva e outras condições ambientais prejudiciais.

Em transportadores inclinados, o transporte de cargas úmidas e/ou uma correia molhada apresenta o risco de deslizamento do material na inclinação, resultando em danos ao equipamento e ferimentos à equipe.

A 7ª edição da publicação *Conveyors for Bulk Materials*, da CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores), recomenda que alguma forma de "proteção contra intempéries" deverá ser instalada sempre que a carga o retorno exigir proteção contra as intempéries" ou "sempre que a velocidade do vento for frequentemente alta que resultará em material fugitivo ou empurra a correia sem carga e desalinha".

Montadas ou fixadas na estrutura da correia do transportador, as coberturas sobre a correia não impedem completamente as emissões de pó. Nenhuma cobertura, mesmo que recubra a estrutura da correia de uma extremidade a outra, será capaz de controlar a circulação do fluxo de ar e o pó em suspensão resultante da transferência dos materiais a granel advindos de um chute de transferência anterior. As coberturas protegem o material no transportador para que ele não seja arrastado pelas correntes de vento (principalmente no sentido transversal em relação ao transportador) e varrido para fora da correia. As coberturas também ajudam a impedir que o vento levante a correia vazia, separando-a dos roletes de carga, o que pode resultar em danos à correia ou fazer com que ela seja dobrada. Se a principal preocupação for evitar que o vento forte levante a correia, arcos ou telas corta-vento podem ser uma alternativa econômica.

As coberturas podem servir para impedir o acesso inadvertido aos pontos de pressão entre os roletes de carga e a correia. (Figura 8.3.)

Veja a seguir outros benefícios das coberturas para transportadores:

- Podem reduzir a propagação dos ruídos do rolete e da correia.
- Podem reduzir a contaminação da carga do material a granel.
- Podem proteger a carga e o transportador contra a entrada de animais no transportador e a consequente contaminação ou perda do produto.



Figura 8.1.

Coberturas são usadas para proteger o transportador e a carga em percursos prolongados entre os pontos de transferência.



Figura 8.2.

Cobrindo o transportador de uma extremidade a outra da estrutura da correia, a cobertura do transportador protege a carga contra as intempéries.



Figura 8.3.

As coberturas para transportadores podem ser complementadas com telas para proteger os trabalhadores contra o contato com os componentes móveis.

A diferença entre galeria ou cobertura

Galerias para transportadores consistem em longas passagens fechadas através das quais o transportador de correia realiza o transporte. Essas estruturas são totalmente fechadas, similares a túneis ou tubos, e são usadas para proteger um transportador fechado.

Galerias são estruturas que combinam o suporte estrutural do transportador e a proteção contra as intempéries, ao mesmo tempo fornecendo um compartimento que reduz a liberação de materiais fugitivos e facilita a limpeza, ou, pelo menos, a limita a um espaço confinado. Uma galeria normalmente consiste em uma estrutura de aço coberta com revestimento em metal ou plástico. Elas também podem ser fabricadas usando tubos de aço de grande diâmetro, concreto armado ou uma combinação de diferentes métodos de construção. As galerias cobrem o vão entre as torres do sistema do transportador e envolvem o transportador completamente.

Uma galeria protege a equipe, o maquinário e o material transportado contra as intempéries. O guia *Goodyear Handbook of Conveyor & Elevator Belting* (também conhecido como o *Guia Vermelho*) estabelece que "a menos que o clima seja favorável, transportadores permanentes geralmente requerem uma galeria para proteger a correia contra ventos fortes, além de proteger os funcionários e o material".

A largura das galerias geralmente é suficiente para que as equipes de manutenção e inspeção possam se deslocar com facilidade por pelo menos um dos lados. A melhor prática é fornecer, de um dos lados, um espaço minimamente adequado para a manutenção e, no outro lado, um espaço mais amplo, adequado a um deslocamento seguro e aos trabalhos de limpeza e manutenção. As galerias podem ser construídas com pisos sólidos ou grades removíveis, dependendo da necessidade de confinar dentro da galeria materiais fugitivos para limpeza ou de permitir que o material fugitivo caia no chão.

Galerias com pisos sólidos impedem a queda dos materiais fugitivos e devem ser usadas caso o transportador de correia passe sobre áreas protegidas ou vias navegáveis.

Como observado no livro *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA:

O projetista de uma galeria fechada deve considerar a possibilidade de que derramamentos ou outros materiais sejam acumulados na parte inferior do tubo, involuntariamente criando um grande peso, que deve ser suportado. A ventilação da galeria também deve ser considerada no projeto.

Por serem abertas na parte inferior, as coberturas para transportadores geralmente não apresentam esse problema.

Um dos benefícios da galeria é o aprimoramento das práticas de manutenção. Como observado no *Guia Vermelho*, "A atenção que um trabalhador exposto à chuva e à neve dispensa a um transportador não tem o nível de diligência adequado". Caminhar na neve sobre uma passarela em um transportador inclinado para realizar trabalhos de manutenção ou inspeção é algo desafiador;

sob condições adversas, a manutenção de transportadores em áreas externas provavelmente será breve ou superficial.

Embora galerias e coberturas sejam, muitas vezes, destinadas a funções semelhantes, as galerias geralmente são instaladas durante a fase de construção do sistema do transportador. As coberturas podem ser instaladas durante o processo inicial de construção ou adicionadas como uma solução pós-venda. Elas são muito utilizadas para cobrir transportadores mais longos, como transportadores inclinados ou terrestres, cujas características inviabilizam a construção de galerias devido ao custo ou à topografia.

Obviamente, as coberturas são mais baratas do que as galerias, mas, em geral, elas oferecem menos proteção contra intempéries. Por outro lado, se mantidas adequadamente, as coberturas oferecem maior segurança, se comparadas às galerias, a menos que sejam fornecidas proteções para os pontos de pressão ao longo da extensão de carregamento na galeria.

Coberturas e galerias para transportadores devem ter incorporadas a elas sistemas de detecção e proteção contra incêndios. Uma desvantagem das coberturas é que elas geralmente são deixadas abertas ou são, até mesmo, removidas após a manutenção e a limpeza, não sendo reposicionadas. Embora o hábito de não recolocar e fixar adequadamente as coberturas seja um problema relacionado ao treinamento e à gestão, ele é muito comum. Coberturas travadas incorretamente podem ser atingidas pelo vento e sofrer danos, tornando difícil ou impossibilitando seu fechamento. O projeto da cobertura e do sistema de fechamento pode atenuar a tendência a deixar as coberturas abertas ou a não recolocá-las no transportador.

A substituição de coberturas danificadas ou não reposicionadas deve ser uma prioridade da manutenção, pois elas oferecem diversos benefícios: ajudam a controlar materiais fugitivos e servem como proteções parciais para os pontos de pressão do transportador.



Galeria para transportador típica, vista do interior.



Galeria para transportador típica, vista do exterior.



Coberturas não recolocadas após a manutenção podem expor os trabalhadores a perigos.

Concepção e características das coberturas para transportadores

Disponibilizadas por diversos fornecedores comerciais, as coberturas para transportadores normalmente têm formato em arco e são instaladas acima da correia do transportador, sobre a estrutura. (Figura 8.4.)

Os formatos mais comuns são a "cobertura total", (arco de 180 graus), a "cobertura de três quartos", (arco de 135 graus) e a "meia cobertura" (arco de 90 graus). (Figura 8.5.)

A cobertura "total" de 180 graus proporciona o máximo em segurança para a equipe, no que diz respeito às peças móveis. Ela também prolonga a vida útil dos componentes cobertos, como roletes e correia, protegendo-os contra a chuva e o sol. Esse tipo de cobertura é eficiente e ecológico, contendo o pó e reduzindo a perda de material devido a ventos fortes. Porém, esse benefício se opõe ao fato de que, com a cobertura total, torna-se mais difícil inspecionar e acessar a correia.

Os dois designs com arcos menores oferecem uma cobertura menor, embora facilitem a inspeção e a manutenção. Com as coberturas parciais, a cobertura pode ser instalada de forma que a parte aberta fique inclinada, seja para o lado do transportador onde se encontra a passarela (para facilitar a inspeção) ou para proteger melhor a correia contra o vento.

Normalmente, existe uma abertura entre a parte superior da estrutura da correia e a borda inferior da cobertura. Essa abertura pode ser fechada estendendo a cobertura para além das sapatas de montagem, geralmente com um custo adicional. Alguns fornecedores oferecem paredes laterais e bandejas de coleta de derramamentos opcionais, para que o transportador fique totalmente vedado. (Figura 8.6.)

Todos os tipos de cobertura podem contar com articulações, para que a cobertura possa ser levantada individualmente e oferecer condições melhores para a realização de inspeções ou para que o trabalhador tenha acesso à correia e aos

componentes. Os mecanismos de dobradiças e travamento devem ser concebidos para que a cobertura possa ser aberta com facilidade, rapidez e segurança para a inspeção dos componentes ou visualização do material sendo transportado.

A cobertura deve ser projetada para simplificar a manutenção da correia e dos roletes; ela deve facilitar os trabalhos de inspeção, lubrificação, reparo ou substituição de roletes individuais ou



Figura 8.4.

Coberturas para transportadores fornecem proteção contra intempéries, ao mesmo tempo viabilizando a inspeção dos componentes do transportador.

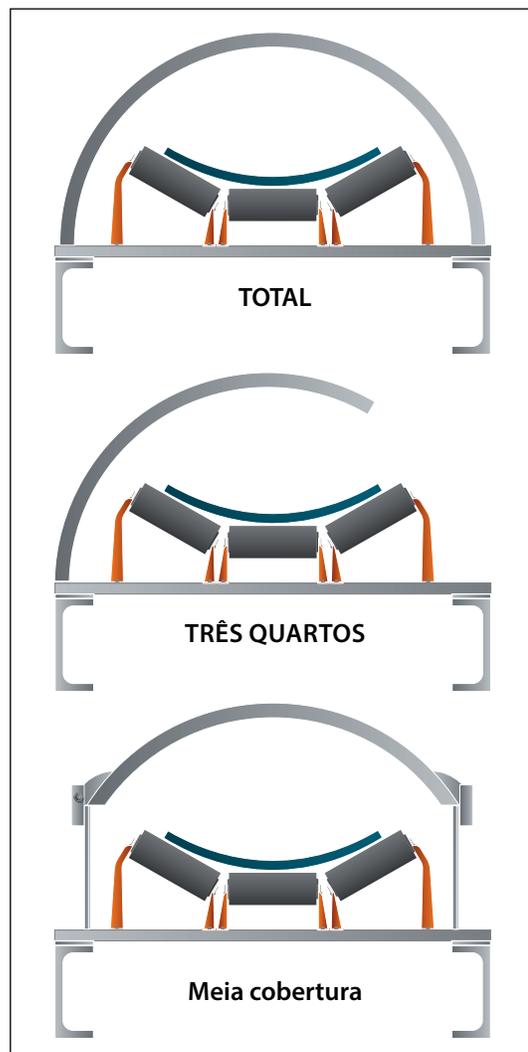


Figura 8.5.

Os estilos típicos de coberturas para transportadores incluem total, três quartos e meia cobertura, que formam arcos de 180, 135 e 90 graus, respectivamente.

de todo um conjunto de roletes. A instalação deve contar com um método para apoiar ou sustentar a cobertura aberta, para que ela seja mantida aberta e em posição segura.

O sistema da cobertura deve ser fácil de usar, fácil de instalar durante a fase de construção e fácil de abrir/remover e fechar/substituir durante os trabalhos de inspeção e manutenção. O ideal é que esses procedimentos possam ser executados sem o uso de ferramentas.

É possível que as coberturas interfiram na inspeção e na manutenção dos roletes do transportador. Conseqüentemente, as coberturas devem contar com abertura e travamento simplificados ou devem incluir portas ou janelas para inspeção.

Na medida do possível, elas devem ser projetadas para operação livre de manutenção, com materiais resistentes à corrosão e mecanismos de abertura e travamento simples. A cobertura deve ser resistente à água sob diversas condições. Ela deve ser capaz de impedir que a água caia sobre a correia e

a passarela, e não deve acumular água na dobradiça ou no mecanismo de travamento, pois isso pode favorecer a corrosão.

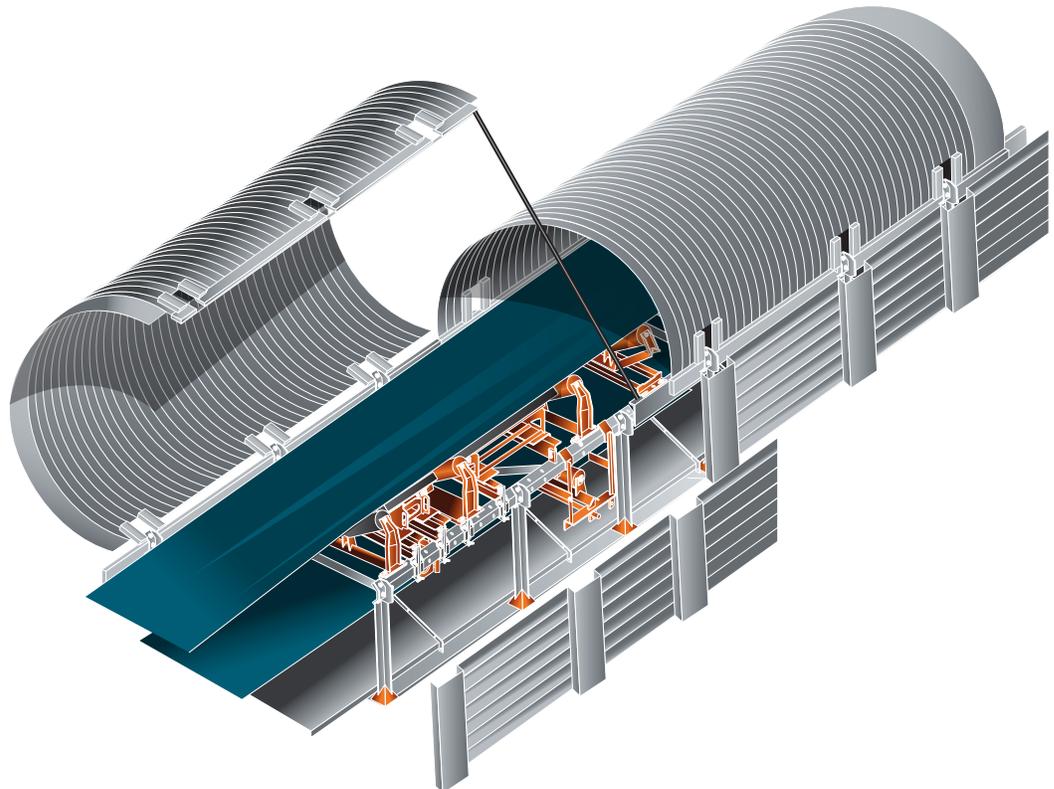
Coberturas adjacentes devem ficar sobrepostas ou contar com faixas de ajuste para uní-las e formar uma vedação estanque, a fim de evitar que as coberturas ajam como um coletor ou funil que permita que a água da chuva caia entre elas e sobre a correia.

As coberturas podem ser fabricadas com materiais lisos ou corrugados, em aço galvanizado, pintado ou inoxidável, em alumínio, fibra de vidro ou plástico. A escolha do material da cobertura deve ser compatível com as condições da aplicação, para conter materiais corrosivos na parte interna e suportar a exposição na parte externa. A construção deve ser suficientemente resistente para suportar tanto o vento quanto o peso da neve.

A maior parte das instalações de coberturas é fornecida com suportes de fixação altamente duráveis e resistentes à corrosão, fixados na estrutura da correia do transportador, além de barras de retenção para manter a tampa aberta para manutenção.

Figura 8.6.

As coberturas para transportadores podem ser usadas com paredes laterais para conter o material e proteger os trabalhadores.



Há coberturas disponíveis para corresponder a correias com larguras padrão. Tamanhos personalizados podem ser encomendados para atender a exigências específicas.

As coberturas normalmente são fabricadas para acomodar espaçamentos de roletes entre três pés [≈ 915 mm] e cinco pés [≈ 1.524 mm] a partir do centro, com espaçamento de quatro pés [≈ 1.250 mm] como padrão. A maior parte dos fabricantes pode fornecer coberturas adaptáveis a curvas horizontais côncavas ou convexas. Além disso, as coberturas também podem ser modificadas em campo.

REGULAMENTOS E NORMAS

Apenas algumas normas ou regulamentos fazem referência à utilização ou a projetos de coberturas para transportadores.

Muitas regiões podem dispor de normas relativas à força do vento que as estruturas, incluindo as coberturas para transportadores, devem suportar.

MELHORES PRÁTICAS

Coberturas para transportadores

Não existem normas de segurança ou especificações para a concepção ou a utilização de coberturas para transportadores. Entretanto, alguns pontos relacionados à segurança devem ser considerados.

- O projeto e a instalação devem ser compatíveis com as cordas de parada de emergência e com as proteções do transportador. Além disso, o sistema deve coexistir com os sistemas de combate a incêndios, monitores de velocidade e outros sistemas de segurança e controle.
- A cobertura não deve interferir no trabalho de manutenção nem aumentar o risco de lesões.
- As coberturas devem ser concebidas para que não acumulem água. Assim, a chuva e a neve cairão longe da correia e das superfícies de circulação.

- Sejam elas abertas ou fechadas, as coberturas devem ser firmemente fixadas, de forma que não tenham sua estrutura abalada por ventos fortes.
- Deve-se tomar cuidado ao abrir as coberturas quando houver ventos fortes, pois elas podem ser atingidas pelas rajadas e ser abertas com violência, o que pode desequilibrar o trabalhador; além disso, o vento também pode fechar a cobertura novamente.
- O mecanismo de travamento deverá ser operável por apenas um trabalhador, de maneira fácil e segura, e deverá permitir que a cobertura seja aberta durante o funcionamento do transportador, sem que os trabalhadores sejam expostos a componentes móveis perigosos.
- Uma cobertura articulada deve contar com mecanismos para que permaneça aberta e firme no lugar, a fim de que não seja fechada acidentalmente sobre um trabalhador.
- A presença de uma cobertura pode complicar a remoção ou a reinstalação de outros componentes próximos, como os roletes.
- Podem haver dificuldades e riscos envolvidos na remoção ou na reinstalação da própria cobertura. As seções da cobertura devem ser projetadas de acordo com o limite de levantamento comum de 23 quilos [≈ 50 lb] ou devem ser equipadas com alças ou apoios para possibilitar o levantamento por duas pessoas. Isso ocorre, principalmente, em correias transportadoras com largura superior a 1.000 milímetros [$\approx 39,5$ pol.], pois o peso da cobertura dificulta o manuseio.
- As bordas da cobertura devem ser rebarbadas e os cantos, arredondados, a fim de reduzir os riscos para os trabalhadores.

CONCLUSÕES

Sob a cobertura

Evidentemente, as coberturas para transportadores oferecem vantagens e desvantagens: a operação do transportador e a carga ficam menos expostas às condições climáticas, porém, a visibilidade fica mais restrita e o acesso ao transportador, mais complexo. Essas contrapartidas geralmente são aceitáveis quando é necessário abordar preocupações ambientais ou considerar a segurança daqueles que trabalham com ou próximo a transportadores. ⚠





Capítulo 9 Passarelas para passagem sobre e sob o transportador

Introdução	117
Evitar o impulso minimiza os riscos	118
Passarelas em geral	120
Concepção e construção de passarelas	120
Considerações sobre projetos de passarelas	121
Passarelas sob correias	121
Distância entre os pontos de passagem	123
REGULAMENTOS E NORMAS.....	123
MELHORES PRÁTICAS	127
CONCLUSÕES	128

Introdução Para chegar ao outro lado

Como discutido no Capítulo 2, é surpreendente a quantidade de acidentes que ocorrem aos funcionários passando sobre ou sob um transportador de correia.

Esses acidentes ocorrem apesar da advertência de segurança frequentemente repetida: "não passe por cima, por baixo nem suba no transportador". Porém, necessidades operacionais exigirão que os trabalhadores passem de um lado do transportador para o outro, seja para executar atividades relacionadas ao transportador ou simplesmente para ir de um lado da fábrica para o outro. Para possibilitar uma passagem segura, são instaladas passarelas para transportadores. (Figura 9.1.)

A 7ª edição do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores) afirma:

Passarelas para passagem sobre e sob transportadores são usadas para permitir que os funcionários atravessem com segurança, em locais designados e aprovados, quando o layout físico não fornece acesso fácil e seguro de um lado do transportador para o outro.

A referência continua:

Passarelas superiores e inferiores também são utilizadas quando é necessário controlar o tráfego de pedestres, por questões de segurança, ou em transportadores mais extensos, cenário em que tomar atalhos inseguros acaba sendo um impulso.

Evitar o impulso minimiza os riscos

Apesar de todos os avisos de segurança e proibições emitidos pelas fábricas, os trabalhadores têm o impulso tomar atalhos, passando sobre ou sob as correias dos transportadores em movimento, em vez de "dar a volta" e ir até um local com uma passagem segura ou mesmo aguardar até que a correia seja adequadamente desligada.

Em uma seção intitulada "Considerações sobre o fator humano", a publicação *Safety Best Practices Recommendation (CEMA SBP-001) Design and Safe Application of Conveyor Crossovers for Unit Handling*

A CEMA oferece as melhores práticas para passarelas

Em 2004, a CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores) dos Estados Unidos publicou a norma para projetos *Safety Best Practices Recommendation for the Design and Safe Application of Conveyor Crossovers for Unit Handling Conveyors (CEMA SBP-001)*.

Essas orientações descrevem uma abordagem padronizada para as estruturas, que permitem que os funcionários atravessem as correias do transportador. Embora originalmente publicado como um guia destinado apenas a transportadores para manuseio de unidades, ele fornece orientações úteis para projetos de passarelas para transportadores de manuseio de materiais a granel. As informações sobre práticas de segurança para concepção e aplicação presentes nesta publicação são aplicáveis a todos os tipos de transportadores, incluindo transportadores de manuseio de materiais a granel.

A publicação *Best Practices* da CEMA categoriza as passarelas em quatro tipos diferentes, incluindo passarelas na altura do transportador (Tipos 1 e 2) e passarelas acima do transportador (Tipos 3 e 4). Os projetos com escada horizontal são dos Tipos 1 e 3; os projetos com escada inclinada são dos Tipos 2 e 4. A publicação fornece orientações de aplicação

gerais e compara as vantagens e desvantagens dos vários tipos de passarelas.

O guia também fornece orientações gerais de aplicação. Elas são baseadas na acessibilidade ao público em geral, na necessidade de que os pedestres transportem objetos e nas limitações de espaço sobre o piso ou de ocupação da área. As orientações incluem uma tabela de aplicação geral, com base na frequência de utilização e informações passo a passo sobre distâncias.

A publicação também observa que:

Condições específicas variam de aplicação para aplicação, como também variam a finalidade e o nível de experiência da equipe que deverá utilizar as passarelas. Essas condições, finalidades e níveis de experiência variáveis afetarão a seleção do tipo e do projeto do equipamento em qualquer situação.

O guia *Safety Best Practices Recommendation for Conveyor Crossovers* da CEMA está disponível para download gratuitamente, em formato PDF, no site da CEMA, em cemanet.org.

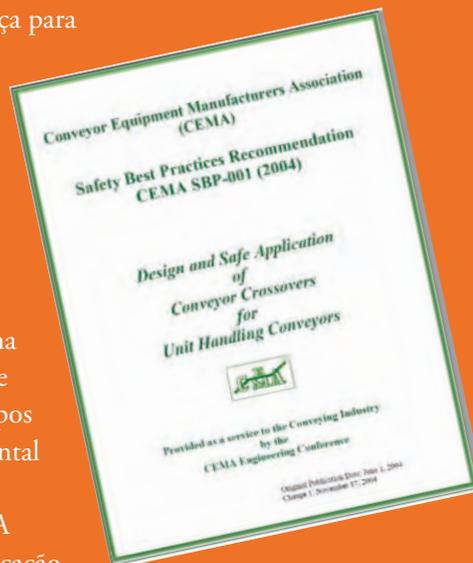
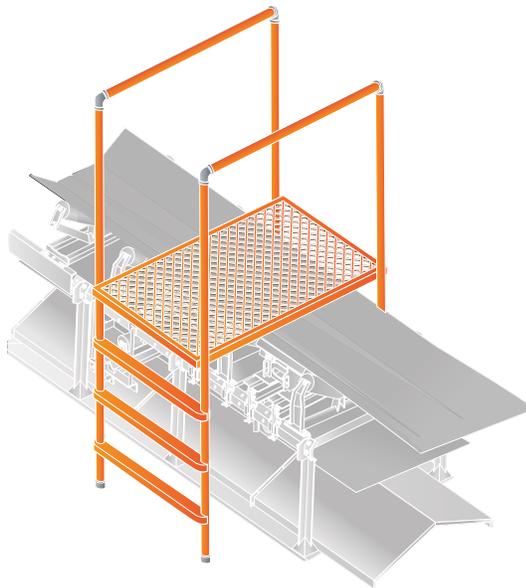


Figura 9.1.

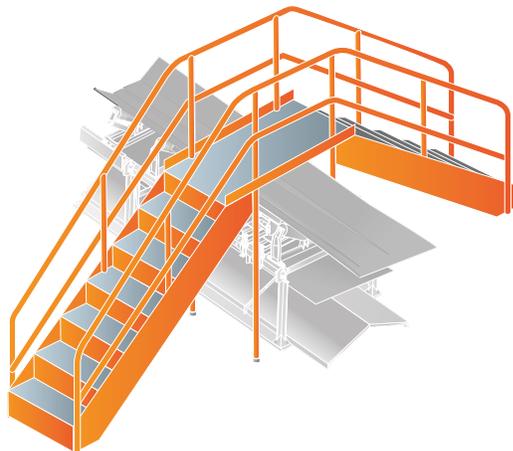
Passarelas são instaladas sobre transportadores para permitir a passagem segura de um lado da correia para o outro.

**Figura 9.2.**

Um estilo de passarela combina uma ou mais escadas com uma passarela.

**Figura 9.3.**

Uma passarela com escada geralmente é composta por duas escadas ligadas por uma passagem com corrimões.



Conveyors (**Consulte A CEMA oferece as melhores práticas para passarelas**) resume a necessidade de passarelas da seguinte maneira:

Em áreas operacionais onde a equipe esteja familiarizada com o equipamento de transporte e as funções ou rotas de deslocamento da equipe possam exigir

que a extensão do transportador seja atravessada, há grande potencial de que as regras de segurança mais básicas sejam violadas. O impulso de atravessar transportadores em funcionamento e/ou temporariamente parados é muito forte para os trabalhadores. A experiência tem mostrado que, sob essas condições, os acidentes são inevitáveis. É preciso analisar continuamente as exigências de movimentação e acesso às áreas operacionais do transportador por parte dos trabalhadores. A utilização adequada de passarelas nos locais onde são "mais necessárias" pode contribuir muito para promover a segurança no local de trabalho quando as condições encorajam o impulso de atravessar os transportadores de maneira insegura.

As normas de segurança para transportadores do estado de Washington, EUA, publicada em *WAC296-806-42032*, especifica que uma fábrica deve:

... Instalar uma passagem superior ou inferior ao longo de toda a extensão dos transportadores de correia terrestres nos locais onde houver maior tráfego de pedestres.

Isso elimina, ou, pelo menos, reduz, o impulso de atravessar a correia de um transportador porque a próxima passarela é "muito distante".

Na seção 8.1.2.4 da publicação *Mandatory Code of Practice for the Safe Use of Conveyor Belt Installations for the Transportation of Minerals, Material or Personnel* (Revisão 2), a mina Venetia Mine do grupo De Beers Consolidated Mines, na África do Sul, inclui uma meta prática (porém, talvez inatingível): "As passagens deverão ser suficientes para impedir que as pessoas peguem atalhos".

Pegar atalhos faz parte da natureza humana. A instalação de estruturas de passagem bem projetadas e posicionadas para vencer essa característica humana é um exemplo de aprimoramento da segurança por padrão.

Passarelas em geral

As passarelas para transportadores abrangem a largura da correia do transportador. Elas fornecem um caminho ou passagem acima da correia e do material transportado. As passarelas geralmente incluem escadas ou degraus para permitir que o trabalhador acesse a passagem elevada. Elas podem ser mais simples ou mais complexas e tão elevadas quanto o necessário para proporcionar uma passagem segura.

A norma *CEMA SBP-001* definiu dois tipos gerais de passarelas:

Passarela com escada horizontal:

um dispositivo para atravessar o transportador constituído por uma ou mais escadas horizontais com corrimão e, eventualmente, uma plataforma que atravesse o caminho do transportador. (**Figura 9.2.**)

Passarela com escada inclinada:

um dispositivo para travessia, com inclinação inferior a 50 graus, composto por um ou mais conjuntos de degraus, que podem ser unidos sobre a superfície de transporte e contar com corrimões, ou com corrimões e uma plataforma ou passagem. (**Figura 9.3.**)

Outro tipo, talvez híbrido, é identificado como escada inclinada ou escada horizontal para navios na norma *CEMA SBP-001*. Ela consiste em "uma escada equipada com degraus e corrimões, com inclinação de 50 a 70 graus".

A passarela com escada inclinada geralmente é considerada "mais segura" e "mais fácil de usar" pelos trabalhadores. Mas a escolha do tipo de escada para uma determinada instalação pode depender da área de ocupação disponível, isto é, se haverá espaço para permitir a instalação de uma escada inclinada, em vez de uma escada horizontal.

Por vezes, as passarelas também são chamadas de degraus.

Concepção e construção de passarelas

A escolha de uma passarela para uma determinada aplicação dependerá do tipo de utilização, o tamanho da passagem ou da plataforma de trabalho necessária e a probabilidade de que seja necessário mover ou reconfigurar a passarela. Além disso, os códigos locais e as regras específicas da fábrica podem orientar o estilo, a localização e a utilização das passarelas inferiores e superiores.

Passarelas são fornecidas em diversas configurações e materiais. Elas podem ser projetadas com acesso superior direto ou com configurações de escada e plataforma em H, L, U ou Z. (**Figura 9.4.**)

Passarelas fabricadas em aço soldado são muito duráveis e têm alta capacidade para suportar peso, mas geralmente são difíceis de mover após a instalação devido à sua construção em uma peça. Passarelas modulares em alumínio podem não ter a mesma capacidade para suportar peso das passarelas de aço soldado, mas têm a vantagem de serem mais leves e contarem com um projeto modular. Isso significa que os módulos podem ser desmontados e reconfigurados para atender a novas necessidades ou para reposicionamento.

A 7ª edição do guia de consulta *Belt Conveyor for Bulk Materials* da CEMA observa, especificamente:

Proteções adequadas ou outras barreiras físicas ao redor das passarelas para travessia superior ou inferior devem ser fornecidas de acordo com o código,



Figura 9.4.

Essa passarela com uma escada simples liga dois transportadores e, ao mesmo tempo, permite que os trabalhadores desçam entre as duas correias.

a fim de proteger os funcionários dos componentes móveis do transportador e de derramamentos.

Há vários fornecedores de sistemas de passarelas pré-projetadas com opções para adaptação à maioria das aplicações. É imperativo que qualquer sistema selecionado esteja em conformidade com os regulamentos locais, incluindo largura da passagem, elevação acima da correia, métodos de construção e detalhes do projeto.

Considerações sobre projetos de passarelas

Ao projetar uma passarela para o transportador, há uma série de aspectos que devem ser considerados.

Como a passarela permite que os trabalhadores atravessem a correia do transportador, a seção que suporta a carga da passarela deve ser projetada para suportar a carga criada por uma ou mais pessoas. Além da carga estática dos funcionários sobre a estrutura de passarela, a passarela também deve suportar a carga dinâmica adicional criada quando as pessoas se movem. O projeto também deve acomodar qualquer carga ambiental, como neve ou vento, e acúmulos antecipados de materiais fugitivos. Além disso, o projeto deve incluir um generoso fator de segurança, porque há vidas em risco.

Figura 9.5.

A passarela deve ser instalada a uma altura suficiente do transportador a fim de eliminar o risco de um trabalhador acidentalmente entrar em contato com a correia ou alguma peça móvel.



A plataforma terá instalação elevada acima da correia e contará com suporte adequado. Se os degraus ou a plataforma da passarela estiver suficientemente próxima da correia em movimento ou da carga, existe o risco potencial de contato do trabalhador com o perigo. A superfície da passarela deve ser suficientemente alta para que a correia e os maiores pedaços da carga possam passar sob ela sem interferir com a estrutura ou com as pessoas que a utilizam. Se os degraus ou a plataforma estiver muito próxima dos componentes móveis, existe o potencial de contato de um acessório com a peça móvel. A maioria das operações elimina a possibilidade de contato acidental com a correia elevando a plataforma de passagem a uma distância suficiente da correia. Isso deve eliminar a possibilidade de que um trabalhador entre em contato com um componente móvel acidentalmente. (Figura 9.5.)

Além disso, a passarela deve incluir corrimões e rodapés bem projetados e estruturalmente seguros para impedir que as pessoas na passarela ou nas escadas para o nível de passagem caiam no chão ou sobre a correia do transportador. As normas locais determinarão a altura e os materiais de construção desses corrimões.

Passarelas sob correias

Em instalações em que, por alguma razão, uma passarela suspensa não seja uma opção razoável ou segura, é possível que seja necessário que os trabalhadores passem sob a correia. A necessidade de passar sob a correia representa um aumento nos riscos para os trabalhadores. Os perigos de uma travessia sem controle abaixo de um transportador em funcionamento incluem a exposição a pontos de esmagamento.

O código *Occupational Health and Safety Code Explanation Guide* de Alberta indicou mais um risco na Parte 25 Ferramentas, equipamentos e máquinas, Subseção 373(1):

Trabalhadores passando sob um transportador podem correr risco de lesões devido à queda de objetos da correia do transportador ou à possibilidade de ficarem presos nas peças móveis do transportador. Os trabalhadores somente devem passar sob correias de transportadores em locais onde estejam protegidos contra a queda de materiais e peças móveis.

Portanto, nas áreas onde os trabalhadores passarão sob a correia, os componentes devem estar protegidos e a passagem deve contar com redes, telhados ou outros sistemas para evitar exposições perigosas, como a exposição à queda de materiais a granel.

A 7ª edição da publicação *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA indica o "Uso de passarelas sob o transportador onde o ponto de esmagamento ou de pressão não seja considerado protegido devido à localização", ou seja, onde os perigos estiverem localizados a uma distância inferior à distância mínima exigida, uma estrutura adequadamente projetada, cobertura ou telhado para proteger os trabalhadores deverá ser utilizada.

O Código Administrativo de Utah, em sua publicação *Occupational Safety and Health Rule R614-5. Materials Handling and Storage – R614-5-2 Transportadores C. Passagens, plataformas, varandas*, observa:

Em locais onde os trabalhadores devem atravessar sob um transportador, as passarelas inferiores devem estar claramente marcadas como a única passagem. As passagens devem ser cobertas para impedir o contato com peças móveis ou a queda de materiais do transportador.

Da mesma forma, na publicação *Mandatory Code of Practice for the Safe Use of Conveyor Belt Installations for the Transportation of Minerals, Material or Personnel* (Revisão 2), a Venetia Mine do grupo De Beers Consolidated Mines observa, na seção 8.1.2.1:

A fim de evitar contato acidental com as peças móveis da instalação da correia do transportador, proteções devem ser utilizadas em conformidade com a norma De Beers Equipment Safeguarding Standard.

Além disso, a seção indica que "Todas as passagens designadas para pessoas sob a correia devem ter proteção para a cabeça".

Nos regulamentos *California Code of Regulations, Título 8, seção 3999 Transportadores*, a CalOSHA observa:

... A menos que haja uma altura livre de 6 pés e 6 polegadas [≈2 m], os funcionários não devem ter permissão para passar sob o transportador.

Transportadores que passam sobre áreas ocupadas ou utilizadas por trabalhadores devem ser protegidas para evitar a queda do material transportado e ferimentos aos funcionários.

Em muitas jurisdições, passarelas sob transportadores, também conhecidas como passagens inferiores, são regulamentadas da mesma maneira que as passarelas superiores. Por exemplo, a seção 2.4.2.3 Passarelas para corredores e passagens, da norma *AS/NZS 4024.3610:2015* da Austrália e Nova Zelândia, fornece os requisitos para ambas.

Essa norma especifica que passagens superiores ou inferiores deverão ser disponibilizadas quando houver a necessidade de acessar ambos os lados do transportador, como as partes dianteira e traseira, a transmissão, as transferências e outros pontos necessários. Uma passarela superior ou inferior deve ser disponibilizada em locais onde o transportador atravesse uma passagem, corredor ou via e onde a parte mais baixa do transportador esteja a uma distância do piso inferior a 2,1 metros [≈7 pés]. A norma observa que a passagem inferior pode ser do tipo com "espaço para rastejar", caso não haja nenhuma alternativa prática.

Além disso, onde houver passagens inferiores, o transportador deverá estar protegido para evitar a queda da carga transportada sobre os trabalhadores na passagem.

A norma *AS/NZS 4024.3611: Belt conveyors for bulk materials* indica, na seção 2.10.2, que os roletes acessíveis de passarelas inferiores e superiores contem com proteções contra contato acidental.

A necessidade de proteção dos pontos de pressão e cisalhamento dos roletes acessíveis de passarelas inferiores, superiores e espaços para rastejar é identificada na norma *AS/NZS 4024.3610*, Seção 2.1.2(i).

Distância entre os pontos de passagem

Apenas alguns órgãos abordam a questão da distância entre as estruturas dos pontos de passagem. A 7ª edição do *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA propõe "Instalar uma área designada de passarela sobre ou sob o transportador a cada 1.000 pés (305 m)".

A norma *ASME B20.1-2015 6.1.1(e)* especifica:

Em transportadores longos de uso terrestre que requeiram passagens superiores ou inferiores para pedestres, as passagens deverão ser instaladas em intervalos compatíveis com o uso, normalmente, não ultrapassando os 300 m (1.000 pés).

Figura 9.6.

Essa passarela com escada conta com uma gaiola de segurança para impedir quedas dos trabalhadores.



As normas de segurança para transportadores do estado de Washington, EUA, publicadas em *WAC296-806-42032*, especificam que a "distância entre as passagens suspensas não deve exceder 300 metros ou 1.000 pés".

Muitos transportadores terrestres são patrulhados por veículos e, nesse caso, passarelas inferiores para o tráfego de veículos podem ser instaladas em intervalos muito maiores do que a distância especificada pela CEMA.

Regulamentações locais podem exigir distâncias menores ou permitir distâncias mais prolongadas. A necessidade de movimentação conveniente e segura nas instalações pode exigir sistemas de passagem adicionais. O número de passarelas e os intervalos entre elas podem ser controlados pelos requisitos para saídas de emergência; esse pode ser o primeiro e mais importante critério para passagens para atravessar transportadores.

REGULAMENTOS E NORMAS

Os regulamentos relativos às estruturas de passarelas para transportadores são, em sua maioria, muito breves, e, geralmente, fazem referência a regulamentações regionais no que diz respeito a escadas, andaimes e/ou plataformas de trabalho.



Austrália

A norma *AS/NZS 4024.3610* da Austrália e Nova Zelândia, de 2015, aborda o tema das passarelas na seção 2.4.2.3 Passarelas para corredores e passagens. Ela especifica que passagens superiores ou inferiores deverão ser disponibilizadas quando houver a necessidade de acessar ambos os lados do transportador, como as partes dianteira e traseira, a transmissão, as transferências e outros pontos necessários.

Além disso, a norma prevê que uma passarela superior ou inferior deve ser disponibilizada em pontos onde o transportador atravessasse qualquer passagem ou corredor e onde a parte

mais baixa do transportador esteja a uma distância do piso inferior a 2,1 metros [≈7 pés]. Quando não houver nenhuma alternativa prática, a norma permitirá que a passagem inferior seja um espaço para rastejar.

A norma indica que, a fim de impedir que um trabalhador caia sobre o transportador, a passarela deverá ser equipada com corrimões. Onde houver passagens inferiores, o transportador deverá estar protegido para evitar a queda da carga transportada sobre os trabalhadores na passagem.

Além disso, a necessidade de proteção dos pontos de pressão e cisalhamento dos roletes acessíveis de passarelas inferiores, superiores e espaços para rastejar é identificada na seção 2.1.2(i) da norma *AS/NZS 4024.3611*.



Brasil

O único requisito para passarelas na norma brasileira *NR-22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração* é encontrado na seção NR 22.8 Transportadores contínuos através de correia:

NR 22.8.4 – Só será permitida a transposição por cima dos transportadores contínuos através de passarelas dotadas de guarda-corpo e rodapé. (**Figura 9.6.**)



Canadá

A seção 4.4.16 Correias de transportadores, do código *Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia*, registra o seguinte:

(2) Nenhum funcionário deverá atravessar uma correia do transportador exceto em uma ponte para pedestres com largura não inferior a 500 mm [≈19,75 pol.] e equipada com corrimões.

A publicação da província de Alberta, *Occupational Health and Safety Code 2009 Explanatory Guide: Parte 25 Ferramentas, equipamentos e máquinas*, observa, na subseção 373(1):

Um trabalhador passando sobre uma correia do transportador corre o risco de cair sobre a correia ou de ficar preso nas peças móveis. Para evitar isso, uma ponte, com pelo menos 1 metro [≈39,5 pol.] de largura e com corrimões adequados, deve ser instalada.

O código *Occupational Health and Safety Code* de Alberta, seção 373(2), publicado em 2009, estabelece que os trabalhadores podem "passar sobre a correia do transportador em outros locais que não a ponte se a correia estiver bloqueada". Por fim, a seção 373(3) especifica:

... O trabalhador deverá atravessar sob a correia do transportador em movimento em locais designados, onde terá proteção contra as peças móveis do equipamento e contra a queda de materiais da correia.

O Guia Explicativo do Código de Alberta também observa, na seção 373(1):

... As boas práticas incluem a construção de passarelas suspensas resistentes, com degraus e corrimões em ambas as laterais. Os degraus e o piso da passagem devem ser revestidos em material antiderrapante.



Índia

A norma Indiana *IS 7155.2 (1986) Code of recommended practice for conveyor safety, Parte 2*, seção 3.2.4.5, observa:

Caso haja passagens disponíveis em ambos os lados do transportador e caso seja necessário que os funcionários trabalhando regularmente na área tenham acesso conveniente a ambos os lados do equipamento, passarelas deverão ser disponibilizadas, em intervalos adequados e nas extremidades dianteira e traseira do transportador, caso não haja nenhuma outra passagem disponível. Meios de acesso seguros devem ser disponibilizados nas passarelas.

A seção 3.3.10 proíbe especificamente que os trabalhadores "passem sobre ou sob o equipamento [transportador], exceto nos pontos especialmente indicados para essa finalidade".



África do Sul

Na África do Sul, a diretriz *Safety Around Belt Conveyors* da CMA (Conveyor Manufacturers Association of South Africa Limited, Associação Sul-africana de Fabricantes de Transportadores Limitada) reitera, na seção 6.3 Manutenção e acesso, a preocupação de que a utilização pela equipe da fábrica só seja frequente se houver passarelas suficientes instaladas. A diretriz estabelece:

Os funcionários precisam atravessar o transportador em vários pontos e com frequência.

... Caso não seja possível instalar passagens seguras abaixo da correia, passarelas suspensas com corrimões deverão ser disponibilizadas.

A posição dessas passagens suspensas dependerá das condições da instalação do transportador de correia; porém, a utilização só será frequente se houver uma quantidade suficiente de passarelas instaladas.

A passarela suspensa deverá ser acessada por meio de escadas equipadas com corrimões e rodapés, bem como um corrimão intermediário ou na altura do joelho. Evite escadas verticais.



Estados Unidos

A publicação *CEMA SBP-001* indica que as passarelas para transportadores devem satisfazer às seguintes normas:

- *ANSI Standard A1264.1 – Safety Requirements for Workplace Floor and Wall Openings, Stairs and Railing Systems*
- *29 CFR da OSHA, Parte 1910.24 Escadas inclinadas industriais fixas*
- *29 CFR da OSHA, Parte 1910.27 Escadas horizontais fixas*

A norma *ANSI B20.1-1957 Safety Code for Conveyors Cableways and Related Equipment* apresentava as seguintes regulamentações em sua seção 705 Passarelas, corredores, passagens e escadas:

Todos os transportadores instalados a até sete (7) pés [$\approx 2,1$ m] do chão ou de uma superfície de passagem deverão contar com passarelas ou passagens para cumprir com os requisitos do código Building Exits Code A9.

É permitida a disponibilização de passagens sob transportadores com altura livre de instalação inferior a sete (7) pés [$\approx 2,1$ m], exceto em corredores principais e desde que tais passagens contem com sinais que indiquem a altura livre reduzida.

Todas as passarelas, corredores e passagens deverão ser indicadas por sinais adequados e posicionamento visível.

No entanto, uma versão mais recente dessa norma, a *ASME B20.1-2015*, contém apenas uma referência às passarelas. Na seção 5.10 Altura livre essa nova norma ASME indica:

Será permitida a disponibilização de passagens sob transportadores com altura livre inferior a 2 m [6 pés 8 pol.] em relação ao chão para outros usos além de saídas de emergência se um aviso adequado indicar a altura livre reduzida.

Os requisitos da OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) e da MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) dos Estados Unidos oferecem apenas uma orientações limitadas.

As regulamentações da MSHA são particularmente vagas. No item *30 CFR 56.11013 Passarelas para transportadores*, a única declaração fornecida é: "Passarelas deverão ser disponibilizadas sempre que

houver a necessidade de atravessar um transportador". Ela é seguida, no item *30 CFR 56.11014 Travessia de transportadores em movimento*, por um comentário igualmente genérico: "Transportadores em movimento devem ser atravessados apenas em pontos designados para a passagem".

No item *30 CFR 56/57.11002* (que abrange minas de superfície para a exploração de metais/não metais) e no item *30 CFR 77.205*, há um requisito adicional da MSHA que exige que as passarelas (bem como outras passagens) devem estar em bom estado:

Passarelas, passagens suspensas, rampas elevadas e escadas devem ter estrutura suficientemente resistente, contar com corrimões, e devem ser mantidas em boas condições. Se necessário, rodapés deverão ser fornecidos.

Em nível estadual, os regulamentos são um pouco mais detalhados. Como um exemplo, o estado de Washington requer a instalação de passagens suspensas para pedestres nos transportadores. O regulamento no item *WAC 296-806-42022* exige que a fábrica deverá:

- Disponibilizar uma passagem suspensa para pedestres nas seguintes situações:
 - Se a linha operacional do transportador cruzar a até três pés [≈915 mm] do nível do solo.
 - Se os trabalhadores precisarem passar sobre a linha e a canaleta no nível, ou abaixo do nível, do solo.
- Disponibilizar uma passagem suspensa para pedestres caso os trabalhadores não possam passar sob o transportador com segurança.
- As laterais da plataforma de passagem deverão contar com corrimões padrão nas seguintes situações:
 - Se a passagem suspensa tiver altura superior a quatro pés [≈1,25 m].
 - Se o transportador alimentar máquinas perigosas, como serras, trituradores, repicadores ou tanques de galvanização.

Sob o Título 8, seção 7030 Transportadores, (d), dos regulamentos *California Code of Regulations*, a OSHA do estado da Califórnia (CalOSHA) registra o seguinte:

(11-2) (11-13) (11-14) Passarelas deverão ser fornecidas e utilizadas caso seja necessário passar sobre transportadores com correntes, correias, caçambas, parafusos ou rolos expostos. Tais passagens deverão ser pontes ou passarelas devidamente equipadas com corrimões e rodapés padrão e deverão contar com escadas horizontais fixas, rampas ou escadas inclinadas como métodos seguros de acesso.

Esse item foi interpretado como indicando que a CalOSHA não permite o uso de passarelas para travessia na altura do transportador, identificadas pela CEMA como os Tipos 1 e 2.

No código *West Virginia Code, seção 22A-2-53c. Rampas; basculadores; limpeza de fábricas; outras superfícies (7) Transportadores e passarelas*, há a seguinte especificação:

Sempre que necessário, passarelas para cruzar os transportadores deverão ser instaladas. Todas as passarelas devem contar com uma estrutura resistente, com corrimões, e devem ser mantidas em boas condições. Transportadores em movimento devem ser atravessados apenas em pontos designados para a passagem.

O regulamento do estado de West Virginia conclui: "Caso seja necessário passar sob a correia, medidas adequadas deverão ser tomadas para impedir o contato com qualquer peça móvel".

Como essas normas são vagas, vale ressaltar que é vital pesquisar e cumprir com os regulamentos locais.

MELHORES PRÁTICAS

A 7ª edição do *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA indica que as melhores práticas para passarelas sobre transportadores de correia incluem: "Utilização dos Tipos de passarelas 3 ou 4 indicados pela CEMA de acordo com a norma *CEMA SBP-001* ou com a versão mais recente".

Outras boas práticas incluem:

- Instalação de passarelas designadas para travessia sobre ou sob o transportador a distâncias não superiores a 1.000 pés [≈305 m] ao longo da extensão do equipamento.
- Utilização de passarelas inferiores quando a exposição a um ponto de pressão ou de esmagamento não seja considerado protegido devido à localização. Os autores ressaltam que o conceito de proteção devido à localização é problemático. Todos os pontos de pressão devem ser protegidos; todos os roletes de retorno devem ser protegidos para impedir quedas. (**Consulte o Capítulo 11 O mito da "proteção devido à localização"**)
- Instalação das estruturas de passagem onde o trabalhador não possa acessar uma passagem diretamente. Uma grade deverá ser instalada, de modo a exigir que o trabalhador faça uma curva para acessar ou sair da passarela superior/inferior. Isso aprimora a segurança, impedindo o acesso acidental ou inadvertido ou a ocorrência de quedas da estrutura de passagem sobre a correia em movimento ou sobre áreas de trânsito próximas. De acordo com esse princípio, novas construções devem levar em consideração os padrões de tráfego da fábrica para determinar a localização das estruturas de passagem e cruzamento.
- A instalação das estruturas de passagem não deve ser executada em locais onde derramamentos ou acúmulos de materiais fugitivos são esperados ou comuns. Derramamentos acumulados nos degraus ou nas plataformas de passarelas superiores/inferiores podem resultar em escorregões, tropeções e quedas. Os riscos de escorregões, tropeções e quedas podem ser atenuados pelo posicionamento adequado da passarela superior/inferior.
- Proteção das áreas onde as passarelas superiores/inferiores são usadas como passagens durante mau tempo. As passarelas devem contar com proteção contra a queda de materiais, gelo, neve e acúmulo de água.
- Construção de degraus e plataformas com materiais antiderrapantes e que evitem acúmulos, como grades, placas perfuradas ou grades em fibra de vidro com partículas para adicionar aderência.
- Construção de passarelas superiores/inferiores de acordo com os regulamentos locais para escadas e plataformas de trabalho, o que pode incluir as dimensões do corrimão, requisitos para corrimões intermediários e rodapés e requisitos de carga mínima.
- Fornecimento de iluminação adequada.
- Instalação de avisos onde a altura livre for inferior a 2 metros [≈6 pés 8 pol.].
- Pintura das passarelas superiores e inferiores para que sejam claramente identificáveis como passagens seguras.

CONCLUSÕES

Como observado na publicação *Safety Best Practices Recommendation* da CEMA:

A utilização adequada de passarelas nos locais onde são "mais necessárias" pode contribuir muito para promover a segurança no local de trabalho quando as condições encorajam o impulso de atravessar os transportadores de maneira insegura.

É necessário garantir que as estruturas dos pontos de passagem estejam em conformidade ou superem os regulamentos locais para construção, largura da passagem, elevação em relação à correia e outras características. (Figura 9.7.)

A publicação *Conveyor Crossovers Best Practices SBP001-2014* registra que:

Condições específicas variam de aplicação para aplicação, como também variam a finalidade e o nível de experiência da equipe que deverá utilizar as passarelas. Essas condições, finalidades e níveis de experiência variáveis afetarão a seleção do tipo e do projeto do equipamento em qualquer situação. ... As preocupações com a viabilidade, conveniência e segurança são a principal preocupação na avaliação de qualquer projeto proposto.

A disponibilização de mais estruturas do que o número mínimo exigido de estruturas de passagem ajudará a eliminar a negligência e os riscos aceitos de maneira inconsciente, o que pode levar a lesões graves.

Ainda é importante ressaltar que os proprietários devem especificar, e os projetistas devem incluir, estruturas de passagem adequadas. Também é importante que a gestão da fábrica enfatize a importância de que as passarelas superiores e inferiores sejam usadas em todas as passagens sobre ou sob os transportadores. ⚠



Figura 9.7.

Passarelas para transportadores devem estar em conformidade com as normas para a construção de escadas e passagens.



Capítulo 10 Proteções

INTRODUÇÃO	129
O que é uma proteção.....	130
Os critérios para proteções	132
Normas de desempenho	137
Instalação das proteções	144
REGULAMENTOS E NORMAS.....	145
Mantendo a distância	149
Uma abordagem simplificada para proteções para transportadores ..	155
Uma nova era para as proteções ..	160
MELHORES PRÁTICAS	162
CONCLUSÕES	163

INTRODUÇÃO

Em transportadores, bem como em outras máquinas, proteções formam uma barreira para proporcionar uma proteção ativa, mantendo os trabalhadores distantes dos perigos das partes móveis.

Neste capítulo, vamos considerar o que alguns têm chamado de "proteções rígidas", os painéis de proteção (geralmente planos) instalados próximos aos pontos de pressão de um transportador para evitar o contato do trabalhador com esses perigos. (**Figura 10.1.**) A discussão neste capítulo aborda as proteções de barreira para transportadores de correia; outras formas de proteção, como gaiolas para roletes, proteções para os pontos de pressão dos rolos de retorno, passarelas para transportadores e redes contra a queda de materiais fugitivos, serão consideradas em outras seções deste livro.

O objetivo das proteções

O documento *The Performance Criteria for Safeguarding*, publicado pelo American National Standards Institute (ANSI) como a norma *B11.19*, define proteções como "proteção para os funcionários contra perigos, através do uso de proteções, dispositivos protetores, dispositivos de alerta, métodos de proteções ou procedimentos de segurança no trabalho".

Em 1946, o National Safety Council (NSC) dos Estados Unidos publicou a primeira edição do manual *Accident Prevention Manual for Industrial Operations*. Essa edição compilou um resumo dos conceitos e tecnologias, anteriores e vigentes na época, em relação à segurança industrial e prevenção de acidentes.

De acordo com o boletim informativo da Nelson & Associates, *Machine Guarding 1946-1970*, após constatar que 25% de todas as ocorrências de invalidez permanente resultam de acidentes com máquinas, o *manual Accident Prevention Manual for Industrial Operations* do NSC acrescenta:

... É preciso confiar na proteção ativa dos riscos nos pontos de operação, e não na obediência constante de um operador de máquinas às regras de segurança. Todos os esforços devem ser feitos para tornar uma proteção tão ativa em sua ação, que a falha humana não poderá causar um acidente.

Assim, todas as partes móveis de máquinas devem contar com proteções adequadamente construídas, devidamente instaladas, em funcionamento e bem conservadas para proporcionar o grau necessário de proteção.

Proteções fixas adequadamente projetadas, instaladas e conservadas oferecem as vantagens adicionais de baixo custo, design compacto e alta confiabilidade. No entanto, as proteções não substituem o bloqueio do sistema, especialmente na limpeza de obstruções e na execução da manutenção.

O que é uma proteção

Uma proteção é uma barreira física que impede ou reduz o acesso a um ponto de risco ou perigo. As proteções são projetadas para isolar o perigo do trabalhador (ou o trabalhador do perigo) pela distância ou por inacessibilidade. Como definido no *manual Guide to application of the Machinery Directive 2006/42/EC Annex I*, item 1.1.1 (f), do Reino Unido, uma proteção é "uma parte da máquina especificamente utilizada para garantir a proteção por meio de uma barreira física".

Proteções fixas

Proteções fixas devem fazer parte da máquina permanentemente. Elas não dependem de peças móveis para funcionar. Seu uso é muitas vezes preferível ao uso de outros tipos de proteção, devido à sua relativa simplicidade.

Proteções fixas também são conhecidas como proteções de barreira, porque elas formam uma barreira para manter os trabalhadores longe de um perigo criado pelo equipamento. A proteção fixa, por seu projeto e construção (e também por sua presença), impede o acesso à parte perigosa que protege. Essas proteções não dependem e não estão associadas às peças móveis da máquina nas quais estão instaladas. Elas são confiáveis e requerem pouca manutenção.

Se corretamente instaladas, as proteções fixas sempre protegem os trabalhadores das peças perigosas das máquinas. Elas oferecem a vantagem de poderem ser construídas, muitas vezes, na própria fábrica onde o equipamento



Figura 10.1.

As proteções de barreira devem ser instaladas para manter os trabalhadores longe dos muitos pontos de pressão de um transportador de correia.

é utilizado, para aplicações específicas, a fim de fornecer proteção máxima, com um mínimo de manutenção.

As limitações das proteções fixas incluem o potencial de interferir na visibilidade. Além disso, os ajustes e reparos na máquina podem exigir a remoção das proteções, o que exigirá outros meios adicionais de proteção para a equipe de manutenção.

Proteções de trava

As proteções de trava são projetadas de modo que a máquina na qual elas estão instaladas não funcione a menos que a proteção de trava esteja em uma posição fechada. Geralmente, essas proteções são removíveis, por meio de dobradiças ou trilhos. Abrir a proteção durante o movimento da máquina fará com que a máquina seja desligada.

Quando uma proteção de trava é removida ou aberta, o mecanismo de acionamento e/ou alimentação é desligado e desativado automaticamente, as peças móveis da máquina param e a máquina não pode ser iniciada até que a proteção seja colocada de volta no lugar. Como exemplo, portas de acesso que permitem a entrada da equipe de manutenção podem ser interligadas à fonte de alimentação do equipamento para desligá-lo automaticamente se houver uma tentativa de entrada não autorizada. Mesmo quando a função de parada é iniciada, pode demorar algum tempo até que o transportador pare.

Proteções de trava devem ser construídas e posicionadas para que não possam ser

facilmente violadas ou anuladas. Se um componente do mecanismo de travamento falhar, a máquina não deve ser capaz de ser iniciada. Proteções de trava requerem um sistema confiável e regular de testes e inspeções e, assim, elas podem precisar de muita manutenção.

Proteção devido à localização

Proteções que são o resultado da impossibilidade de acesso físico a um determinado perigo em condições normais de operação são conhecidas como "proteções devido à localização". As máquinas podem estar protegidas devido à localização se a distância até peças móveis perigosas for maior do que a distância de segurança prescrita, que varia de acordo com a jurisdição. Isso ocorre mais comumente com componentes perigosos que estão suspensos, fora do alcance.

Se, devido às exigências do trabalho, forem usados escadas, andaimes etc., para acessar locais perigosos, proteções temporárias ou procedimentos de boqueio devem ser utilizados.

Quando a elevação estiver sujeita a mudanças, devido ao acúmulo de material armazenado ou fugitivo, por exemplo, uma instalação anteriormente considerada segura por estar "protegida devido à localização" pode passar a representar um perigo. (**Figura 10.2.**) (**Consulte o Capítulo 11 O mito da "proteção devido à localização"**)

Proteção de área

Equipamentos que ocupam grandes áreas e têm várias peças móveis podem contar com a aplicação de proteções de área. Uma proteção de área é uma barreira que impede a entrada de um trabalhador em uma área que contém peças móveis da máquina, evitando, assim, o contato com essas peças.

As proteções de área fazem sentido se um local específico apresentar vários riscos. Consequentemente, é mais inteligente e econômico fornecer uma proteção que impeça o contato com todos os perigos, em

Figura 10.2.

O acúmulo de material fugitivo pode expor os trabalhadores a riscos em uma área anteriormente identificada como "protegida devido à localização".



vez de instalar proteções de ponto de contato individuais para cada perigo individual. Proteções de área eficazes requerem práticas e condições adicionais além da barreira física, como sinalização, travas ou codificação por cores.

Como exemplo, uma proteção de área pode ser usada para proteger mineiros contra os vários riscos da polia de cabeça de um transportador. (**Figura 10.3.**) Nesse caso, os diversos riscos incluem a polia de cabeça e o eixo, a ranhura e a chaveta, o ponto de pressão em movimento entre a polia e a correia, além da correia em V e o acionamento do motor do sistema.

A proteção do sistema de acionamento do transportador e da polia de cabeça é uma aplicação aceitável para utilizar proteções de área por várias razões. O acesso é pouco frequente, e o motor tem vários pontos de perigo. O operador da mina pode implementar práticas e controles adicionais, incluindo sinalizações e procedimentos de travamento/etiquetagem.

Uma desvantagem da proteção de área é que a utilização de proteções individuais de ponto de contato adequadas pode permitir que uma correia (ou sistema) receba manutenção enquanto outro sistema (ou correia) continua a funcionar. Uma proteções de área exigiria desligar toda a área, ou seja, ambas as correias.

Outra desvantagem das proteções de área é que todos os sistemas com peças móveis perigosas precisarão ser bloqueados e etiquetados individualmente antes de que seja possível acessar a área protegida.

Proteções da área geralmente exigem controles e práticas administrativas adicionais. Locais com proteções de área tipicamente exigirão o estabelecimento de procedimentos adequados, e a equipe deverá receber treinamento sobre os procedimentos. A fixação de sinalização com avisos sobre a proteção da área e a exigência de práticas de trabalho e procedimentos especiais de entrada reduzem ainda mais o risco de lesões.

Há controvérsias sobre o uso indiscriminado de proteções de área em vez de proteções de ponto de contato. Os críticos argumentam que proteções dos pontos ainda são necessárias dentro das áreas protegidas.

Proteções de área podem ser mais eficazes onde os perigos são latentes, em vez de ativos. Por exemplo, um corrimão ou rede de tela que impeça que uma pessoa passe sob um transportador pode ser mais eficaz e mais fácil de manter do que cestos coletores individuais para roletes de retorno ou redes para capturar materiais a granel que possam cair. O uso de proteções de área em conjunto com travas para acesso controlado e travas com sensor de proximidade é a opção ideal.

Os critérios para proteções

Em 1946, o National Safety Council (NSC) dos Estados Unidos publicou a primeira edição do manual *Accident Prevention Manual for Industrial Operations*. Conforme observado no boletim informativo da Nelson & Associates, *Machine Guarding 1946-1970*, o manual do NSC apresentou as metas para as proteções como:

1. Fornecer proteção ativa.
2. Impedir qualquer acesso à zona de perigo durante a operação.
3. Não causar nenhum desconforto ou inconveniência ao operador.
4. Não interferir na operação.



Figura 10.3

Uma proteção de área pode ser instalada para manter os trabalhadores longe de vários riscos.

Imagem gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

5. Operar automaticamente ou com esforço mínimo.
6. Ser projetado especificamente para o trabalho e a máquina.
7. Ser preferencialmente um recurso integrado.
8. Possibilitar a lubrificação, inspeção, ajuste e reparo da máquina.
9. Suportar uso prolongado, com manutenção mínima.
10. Resistir a desgaste e impacto normais.
11. Ser durável, resistente ao fogo e à corrosão e facilmente reparado.
12. Não constituir ele mesmo um risco (sem farpas, bordas afiadas [ou] ásperas ou outras causas de lesão).

Considerações e recomendações sobre proteções da MSHA

Nos Estados Unidos, a MSHA listou considerações relativas as proteções em seu livreto publicado no ano de 2004, *MSHA's Guide to Equipment Guarding*. A publicação está disponível em formato PDF para download gratuito em msha.gov.

Considerações e recomendações sobre proteções da MSHA

Esta seção foi elaborada como uma breve discussão sobre a utilização e a concepção de proteções eficazes, e não é um requisito para a conformidade.

- O projeto, a construção, a seleção dos materiais e a instalação da proteção impedem o contato com todos os riscos das peças móveis da máquina?
- A proteção oferece proteção por si só e não depende de alerta visual ou tátil sobre o perigo, controles ou procedimentos administrativos, como avisos, sinais, luzes, treinamento, supervisão ou equipamento de proteção individual?
- Os materiais da proteção, métodos de fixação e a construção são adequados para resistir ao desgaste, corrosão, choque e vibração das operações normais?
- Se as correias de acionamento dentro de uma proteção falharem, o movimento de "chicote" das correias quebradas será contido?
- A proteção é reconhecível como uma proteção?
- A proteção está instalado de maneira segura?



- O projeto da proteção é adequado à aplicação e aos riscos específicos?
- As aberturas no material da proteção impedem o contato com o perigo pela distância entre a proteção e o perigo?
- A proteção interfere na operação, inspeção, lubrificação ou manutenção normal do equipamento?
- A proteção foi concebida e construída de modo que possam ser feitos ajustes nos componentes protegidos, sem perda da proteção ou modificação da proteção?
- O design, os materiais e a construção da proteção evitam que ela mesma represente um risco (isto é, ela está livre de rebarbas, bordas afiadas, pontos de esmagamento etc.)?
 - A proteção tem tamanho, forma, peso e equilíbrio que permitam a manipulação manual segura quando ela é removida ou reposicionada? Por outro lado, se a proteção for muito grande para manipulação manual, ela é acessível para manuseio seguro com ferramentas ou equipamentos mecânicos?
- A proteção foi construída de modo que não possa ser contornada, evitada ou eliminada?
- Os componentes protegidos podem ser inspecionadas sem que a proteção seja removida?
- A proteção foi construída e posicionada para que não prejudique a limpeza?
- A proteção é mantida em boas condições de funcionamento?
- Você já considerou o uso de novas tecnologias, se for o caso?

13. Proteger contra qualquer eventualidade, não apenas em relação às operações normais.
14. Estar em conformidade com as disposições dos códigos do American Standards Association (atualmente, ANSI).

Desde então, algumas listas de critérios para uma proteção eficaz têm sido muito resumidas, como a lista na seção 8.1.2 do documento *Best Practice: Conveyor Belt Systems*, publicado em 2001 pelo South Africa's Safety in Mines Research Advisory Committee (SIMRAC). Por sua vez, o *relatório do SIMRAC* citou a Canada's Mine and Aggregates Safety and Health Association (MASHA), indicando:

Para proteger máquinas móveis de forma eficaz, a MASHA recomenda proteções que:

- Impeçam o acesso às zonas de perigo
- Sejam suficientemente leves para o manuseio
- Sejam pintadas com cores fortes, para indicar rapidamente a ausência das proteções.

No outro extremo está a lista de 17 considerações oferecida na publicação da Mine Safety and Health Administration (MSHA), o *Guide to Equipment Guarding*. Embora aplicáveis a proteções em todas as máquinas, esse guia dedicou a maior parte de seus comentários (e ilustrações) a proteções para transportadores de correia. Como a publicação observa, o objetivo da lista é apresentar "uma discussão sobre a utilização e a concepção de proteções eficazes, e não é um requisito para a conformidade". (**Consulte Considerações e recomendações sobre proteções da MSHA.**)

O que deve ser protegido

Nos Estados Unidos, a norma Machinery and Machine Guarding da Occupational Health and Safety Administration (OSHA), *29 CFR 1910,212(a)(1)*, exige que os empregadores garantam que os perigos das máquinas contem com proteções. O texto indica:

Deve ser fornecido um ou mais métodos de proteção para as máquinas, a fim de proteger contra riscos o operador e outros funcionários na área, como aqueles criados pelo ponto de operação, pontos de pressão móveis, peças giratórias, lançamento de lascas e faíscas.

De forma similar, os requisitos da MSHA publicados na norma *30 CFR 56/57,14107(a)*, estabelecem:

Peças móveis de máquinas devem contar com proteções para proteger as pessoas do contato com engrenagens, rodas dentadas, correntes, acionamento, polias de cabeça, traseira e do contrapeso, volantes, acoplamentos, eixos, pás do ventilador, e peças móveis semelhantes que possam causar ferimentos.

Em sua seção 2.10.2, a norma da australiana/ neozelandesa, *AS/NZS 4024.3611 Safety of Machinery – Conveyors – Belt Conveyors for bulk materials handling*, fornece uma lista detalhada dos pontos de pressão e cisalhamento que precisam ser protegidos. Esses pontos de perigo incluem o acionamento, as polias traseira, de cabeça e do contrapeso, bem como roletes de retorno e de carga em zonas de transição, curvas convexas e abaixo das moegas de alimentação e calhas guia de aço. O regulamento também menciona roletes acessíveis a partir de passarelas, passagens sob o transportador e passagens do tipo com "espaço para rastejar", além de roletes em posições em que a correia possa estar elevada a menos de 60 milímetros [$\approx 2,36$ pol.].

Na seção 2.10.3, a norma australiana reitera que os roletes de carga e retorno precisam de proteções quando houver um ponto de cisalhamento criado pelo rolete e por outros componentes ou quando houver força suficiente sobre o rolete para representar um perigo.

A norma também aponta a necessidade de se proteger outros componentes que representem um risco e lista especificamente raspadores de correias e roletes de alinhamento da correia.

Devido às diferenças de concepção, construção e aplicação de transportadores, é difícil para qualquer regulamentação ser mais específica do que a norma australiana.

Os desafios específicos das proteções para transportadores

As proteções para transportadores de correia são usadas sob diversas circunstâncias e para enfrentar desafios únicos. (Figura 10.4.)

A maior parte das proteções para máquinas está preocupada com a prevenção do contato com o maquinário alimentado eletricamente. Assim, o sistema de alimentação e a polia de acionamento do transportador requerem proteções. Porém, em termos numéricos, esses componentes alimentados estão presentes em número bem menor do que os componentes de um transportador de correia com movimento giratório livre, por exemplo, roletes e polias não alimentadas. Os componentes que giram livremente, movidos pela correia, podem criar pontos de esmagamento. Esses componentes giratórios devem, pelo menos, passar por uma análise de risco para avaliar a necessidade de serem protegidos.

Os usuários devem estar cientes de que os transportadores de correia reversíveis têm pontos de pressão que devem ter proteções em ambos os sentidos de deslocamento.

Proteções fixas eficazes devem ser completas em sua proteção; os trabalhadores não devem ser capazes de contornar a proteção de nenhuma forma. Além disso, as proteções precisam ser fáceis de instalar e reinstalar, permitindo inspeção e manutenção simples dos equipamentos. Elas devem ser relativamente fáceis de remover quando as condições forem adequadas, por exemplo, quando o transportador estiver bloqueado, e reinstalar. Isso garantirá que as proteções sejam devolvidas à sua posição correta quando o procedimento de serviço for concluído e antes que a operação do transportador seja retornada.

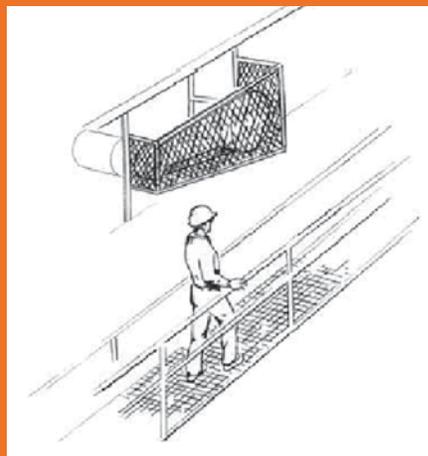
Proteções para acionamentos e correias

Como outras máquinas motorizadas, os transportadores precisam proteger seus sistemas de acionamento. Alguns transportadores de correia usam uma correia em V; outros usam um eixo para girar as polias de acionamento, que, por sua vez, puxam a correia que transporta a carga através do sistema. Ambos os sistemas de acionamento contêm componentes giratórios que representam um risco para trabalhadores incautos e, assim devem contar com proteções.

Além disso, nos Estados Unidos, as regulamentações da MSHA na norma 30 CFR 56/57.14108 exigem que as "correias de transportadores aéreos sejam protegidas caso o rompimento de uma correia possa criar um movimento de chicote e representar um risco para os trabalhadores".

Outras jurisdições indicam com um nível de detalhamento maior ou

menor suas variações dos requisitos para proteções de sistemas de acionamento do transportador de correia.



As regulamentações da MSHA requerem que as correias de transportadores aéreos sejam protegidas caso o rompimento de uma correia possa criar um movimento de "chicote" e representar um risco para os trabalhadores.

Viabilização das inspeções

A inspeção continua a ser um requisito essencial para uma operação bem-sucedida da planta. Na verdade, a necessidade de inspeção é a principal razão pela qual muitas proteções, se não a maioria, são construídas com telas, malhas, ou seções em metal expandido. O uso desses materiais permite que a equipe da planta verifique com segurança os componentes na parte interna das proteções.

Há diversas razões para construir grande parte das proteções com materiais de tela, entre elas:

- A. Os trabalhadores podem ver através delas, para avaliar problemas sem remover a proteções.
- B. Elas são leves, porém resistentes.
- C. Elas evitam o acúmulo de material dentro da proteção, permitindo que ele caia. Ao mesmo tempo, elas evitam que a maior parte do material seja lançado para fora do compartimento.
- D. A proteção pode ser limpa por dentro e por fora, sem a necessidade de remoção (por exemplo, usando um jato de água).
- E. Não é preciso criar aberturas especiais (ou adicionais) para ampliar a instalação das guarnições de lubrificação.

Se possível, a visibilidade do trabalhador do processo de produção não deve ser obstruída pelas proteções ou dispositivos da máquina. A visibilidade desimpedida pode ajudar os operadores a identificar falhas, desalinhamentos e outros riscos potenciais.

É importante selecionar materiais adequados para as proteções, a fim de garantir que eles proporcionem visibilidade suficiente.



Figura 10.4.

As proteções para transportadores de correia são necessárias para controlar os riscos sob diversas circunstâncias especificamente relacionadas aos transportadores.

Imagem gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

Proteções e procedimentos de manutenção

É importante que as proteções não interfiram no funcionamento normal do transportador. Além disso, as proteções não devem interferir indevidamente na inspeção, lubrificação e manutenção do sistema. Se a proteção prejudicar uma operação individual ou todo o processo, é provável, ou, talvez, inevitável, que ela seja removida.

Deve-se tomar cuidado ao instalar as proteções, para garantir que novos riscos não sejam introduzidos e, ao mesmo tempo, que a eficiência da planta não sofra. Por essa razão, é essencial consultar os gerentes e operadores do equipamentos ou do processo antes de projetar e instalar novas proteções.

Medidas adicionais também podem ser tomadas, como a montagem de pontos de lubrificação remotos, para que o transportador possa ser lubrificado sem a remoção das proteções e para que os tensores manuais possam ser operados pelo lado de fora das proteções.

Além disso, as proteções devem ser projetadas, na medida do possível, de modo que a limpeza de rotina e dos derramamentos possa ser executada sem que seja necessário acessar a zona de perigo e sem afetar a proteção.

Figura 10.5.

A proteção não será capaz de aprimorar a segurança do transportador, a menos que seja instalada (e recolocada após a manutenção) adequadamente no transportador.



Imagem gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

A reinstalação é essencial

José Sanchez escreveu, no artigo "Conveyors – Guarding Against Inadequacy", na publicação *MineSafe* do Departamento de Recursos de Segurança do órgão Government of Western Australia Department of Mines and Petroleum da Austrália, o seguinte:

Incidentes em que funcionários foram feridos por peças móveis de transportadores foram geralmente causados pela ausência de proteções, e não devido ao tipo de proteção.

(Figura 10.5.)

A melhor proteção não é capaz de manter nenhum trabalhador seguro se for deixado abandonado no chão, longe do perigo. Ela não pode proteger os trabalhadores se não for devidamente instalada e mantida.

Normas de desempenho

Na maioria dos casos, as normas de proteção para transportadores enfatizam que as orientações são destinadas a alcançar a meta de segurança para os trabalhadores, em vez de especificar qualquer detalhe de construção ou instalação.

Não especificando os tipos de proteções que devem ser utilizados, essas normas apresentam uma norma de "desempenho". Isso significa que o empregador é livre para usar qualquer proteção que alcance o objetivo. Nesse caso, o objetivo é proteger os trabalhadores contra os riscos identificados. Se a agência reguladora

especificasse o tipo de proteção que deveria ser usado, a norma seria uma norma de "especificação".

Como resultado, o primeiro critério de adequação de uma proteção é: Ela evita o contato com os riscos da máquina em movimento? Isso significa que uma proteção deve ser concebida, construída e instalada para que não possa ser contornada, ignorada ou eliminada. Se a proteção não protege os trabalhadores contra o perigo, não há necessidade de considerar a cor certa ou a instalação adequada no equipamento.

A questão é resumida no documento *Guide to Equipment Guarding da MSHA*: "O projeto, a construção, a seleção dos materiais e a instalação da proteção impedem o contato com todos os riscos das peças móveis da máquina"?

As normas de desempenho estão abertas à interpretação dos inspetores. Portanto, os fornecedores não podem garantir a conformidade com as normas de desempenho das proteções, para o desespero do comprador da máquina. As normas de especificação são usadas de forma rotineira na concepção de transportadores, e uma mudança no sentido de formular normas mais prescritivas para o projeto, fabricação e instalação de transportadores pode ser uma mudança bem-vinda para os operadores sujeitos às opiniões individuais de inspetores.

Uma proteção deve ser independente

Uma proteção deve ser totalmente funcional por si só. Ela não pode exigir a presença de equipamentos ou funcionários adicionais para fornecer uma proteção eficaz. Ela deve manter os trabalhadores em segurança sem a necessidade de sinais ou mecanismos de sinalização adicionais e sem a necessidade de treinamento adicional para o reconhecimento de riscos ou procedimentos de trabalho seguros. Ela deve fornecer proteção sem a necessidade de uma fonte de alimentação ou sistemas de controle externos. Com sistemas de trava que necessitem de conexão elétrica,

a proteção deve fornecer um nível básico de proteção, mesmo que a alimentação externa seja interrompida.

Reconhecível como uma proteção

Para que os trabalhadores percebam o risco de um perigo específico, uma proteção deve ser reconhecível como tal. Isso ajuda os trabalhadores a compreender as áreas de risco de uma máquina e enfatiza a importância de reposicionar uma proteção removida.

A maneira mais simples de tornar uma proteção reconhecível é adotar um esquema de cores que se destaque, consistente por toda a instalação. Quando a proteção é pintada da mesma cor que o restante da máquina, é difícil observar sua presença e sua importância. (**Figura 10.6.**) Ela se torna apenas uma tampa de acesso ou outro componente da máquina.

A ideia por trás da codificação por cores é conscientizar o funcionário sobre condições potencialmente perigosas. Portanto, as proteções devem ser pintadas com uma cor utilizada apenas para elas. As cores mais comuns para sistemas de proteção são a cor "amarela de segurança" ou "laranja de segurança". Há opções de tintas industriais ou de uso corrente disponíveis. Se todos os equipamentos da fábrica forem pintados na cor amarela, a proteção pode ser pintada na cor laranja ou em outra cor distinta. Independentemente da cor escolhida, é importante que a cor faça com que a proteção se destaque. (**Figura 10.7.**)

Diversas normas exigem que cores específicas sejam utilizadas para pintar os perigos em si, em oposição às proteções dos perigos.

Nos Estados Unidos, os requisitos da OSHA, de acordo com a norma *29 CFR 1910.144*, fornecem exigências de codificação por cores específicas para itens como recipientes de segurança ou outros recipientes portáteis de líquidos inflamáveis, e para dispositivos como botões de parada de emergência, chaves e barras; com exceção dos itens anteriores, a norma não especifica quais máquinas ou partes



Figura 10.6.

As proteções não devem ser pintadas com cor igual à do equipamento que está sendo protegido.

Imagem gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.



Figura 10.7.

Independentemente da cor escolhida, a cor de uma proteção deve diferenciá-la dos equipamentos e indicar que ela é uma proteção.

de máquinas precisam contar com código de cores.

A OSHA especifica, na norma *29 CFR 1910,144(a)(3)*, que a cor amarela é a preferencial para indicar riscos físicos. A regulamentação observa que "A cor amarela deve ser a cor básica para designar uma advertência e para indicar riscos físicos, como: colisão, tropeço, queda e "aprisionamento". A cor vermelha foi reservada para indicar perigo, bem como para uso em equipamentos de proteção contra incêndio e controles de parada de emergência. A cor para proteções não foi especificada, e a cor laranja não foi mencionada. Embora a norma *29 CFR 1910,144 (a)(3)* recomende a cor amarela, ela não especifica qual local e extensão da máquina ou perigo físico precisam ser marcados.

Deve-se observar que esse regulamento aborda o risco em si, em vez da proteção. Se a proteção de uma máquina não apresentasse um risco físico de tropeços, quedas, colisões ou aprisionamento, entre outros, não haveria necessidade de aplicação de codificação por cores.

É preciso enfatizar que a codificação por cores do perigo de nenhuma maneira elimina a necessidade de proteção adequada do equipamento. Os perigos físicos criados pela operação de máquinas devem ser abordados por meio da conformidade com a Subparte O da norma *29 CFR 1910, Machinery and Machine Guarding*.

Como uma observação final sobre cores de proteções, o artigo *The Do's and Don'ts of Fixed and Moveable Machine Guards, Part 1*, de John Peabody, indica que a norma *ANSI B11.19-2010 Performance Criteria for Safeguarding* especifica que "Se tela ou metal expandido [for usado em uma proteção], a cor do material da barreira deve ser mais escura do que a da área protegida, para aprimorar a visibilidade". (**Figura 10.08.**)

A publicação canadense *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger*

Figura 10.8.

Algumas normas recomendam que a tela da proteção seja pintada com uma cor mais escura para melhorar a visibilidade do perigo dentro da proteção.



Imagem gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

Figura 10.9.

Uma proteção com bordas afiadas e projeções representa, ela mesma, um risco.



Imagem gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

Zones, produzida em conjunto pelos órgãos Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) e Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST), observa:

A fim de reduzir tanto quanto possível o número de vezes que uma proteção precisa ser aberta, sua construção deve permitir que os componentes protegidos possam ser visualizados facilmente. Portanto, sugere-se que a tela da proteção seja pintada com uma cor escura (preto fosco, cinza carvão), com a moldura em uma cor clara. Pintar os componentes perigosos da máquina em cores claras e contrastes chama a atenção para a zona de perigo quando a proteção é aberta ou removida.

Em resumo, o importante é que a proteção deve chamar a atenção para o perigo e para seu próprio status como uma proteção; a cor é uma maneira de fazer isso.

Em uma conferência recente, Training Resources Applied to Mining (TRAM), apresentada pelo MSHA nos Estados Unidos, um operador de fábrica observou que, ao longo dos anos, diferentes inspetores exigiram que a fábrica pintasse suas proteções com cores diferentes, em um total de 13 vezes! Esse tipo de exagero por parte dos reguladores e orientação questionável por parte dos inspetores são parte da razão para padronizar as cores de proteções permitidas no setor e proibir o uso dessas cores na máquina principal. Como ocorreu com a cor vermelha, que hoje é geralmente reservada para proteção contra incêndios e avisos de segurança, também é preciso definir a cor que deve ser aplicada às proteções.

A proteção não deve representar um risco

A proteção deve ser concebida e construída de maneira que sua presença e manuseio não crie um risco de lesão. Isso significa que ela não deve ter bordas afiadas nem saliências pontiagudas. A proteção deve contar com

bordas emolduradas ou protegidas, para que nenhuma superfície possa ferir os trabalhadores. (Figura 10.9.)

E, obviamente, as proteções nunca devem ser posicionadas ou presas a peças móveis de forma que criem qualquer tipo de ponto de esmagamento.

Outra consideração é a capacidade de manuseio da proteção. Deve ser possível remover, manobrar e armazenar a proteção e, em seguida, manobrá-la e reinstalá-la, sem risco para os trabalhadores encarregados dessa tarefa.

É importante considerar a ergonomia na concepção das proteções. Essa preocupação aprimora o manuseio e evita lesões. Em sua apresentação de treinamento do ano de 2010, Guarding Conveyor Belts at Metal & Nonmetal Mines, a MSHA observou que cerca de 45% das lesões relacionadas a proteções ocorre quando um mineiro manuseia indevidamente uma proteção e ela cai sobre ele mesmo ou sobre outra pessoa. Muitas dessas lesões poderiam ser evitadas se as proteções fossem mais fáceis de pegar, segurar e transportar.

As proteções devem ter tamanho e formato que permitam manuseio fácil, de preferência por um único trabalhador. (Figura 10.10.) O tamanho, o peso, e o formato da carga não devem interferir na visão. Uma análise de risco deve levar em conta o aumento do risco de escorregões ou quedas ao manipular manualmente uma proteção complexa.

Para facilitar o manuseio das proteções, elas devem ter tamanho e peso razoáveis ou integrar meios para aprimorar o manuseio, como mecanismos de deslizamento, rolamento ou elevação mecânica. A ergonomia também devem ser considerada, para evitar a necessidade de um posicionamento desajeitado do corpo ao remover ou substituir a proteção.

Considerações sobre o peso

Embora não existam prescrições para o peso máximo de uma proteção, boas práticas de ergonomia devem prevalecer na concepção de cada proteção. A norma australiana *AS 1755 Conveyors – Safety requirements*, agora substituída, ofereceu um lembrete, na cláusula 3.1, que sugeria atenção especial em relação ao peso de proteções que exigissem levantamento para serem posicionadas pelos funcionários.

Diversas fontes oferecem calculadoras para determinar o limite de peso adequado para elevações manuais. As opções incluem planilhas, fórmulas e calculadoras automatizadas. O National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) oferece uma equação de levantamento para calcular o limite de peso recomendado (LPR).

A Michigan Occupational Safety and Health Administration fornece uma explicação sucinta:

Essencialmente, a equação de levantamento do NIOSH começa em 51 libras (23 kg) e as condições envolvidas com o levantamento reduzirão o LPR. Os fatores... incluem a localização horizontal da carga,

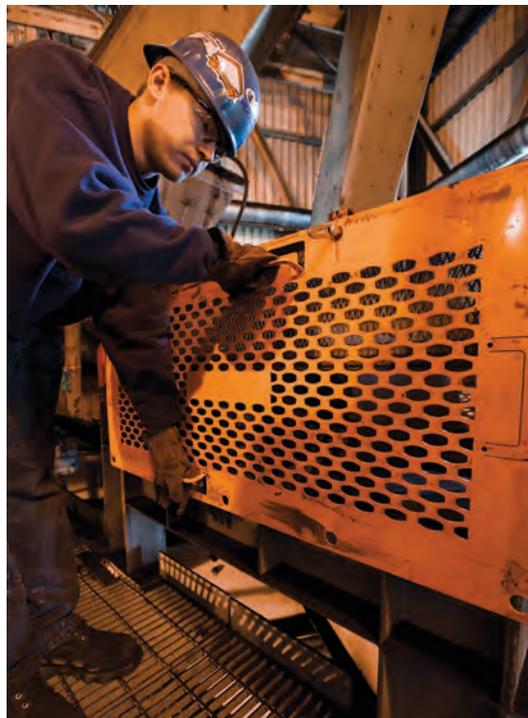


Figura 10.10.

As proteções devem ser projetadas para que possam ser levantadas e removidas por um único trabalhador.

a localização vertical da carga, a distância de deslocamento vertical envolvida no levantamento, e a frequência do levantamento. Embora a equação de levantamento do NIOSH comece em 51 libras, esse não é considerado o peso máximo que um funcionário pode levantar. Sob condições ideais, como baixa frequência de elevações, bom engate e boa postura, um peso maior pode ser levantado com segurança.

Algumas normas para proteções exigem que o peso de cada proteção seja gravado em cada painel, recurso fornecido por alguns fabricantes de proteções. Isso permite que a equipe da fábrica avalie os riscos da manipulação manual da proteção antes de sua remoção e, assim, determine a necessidade de utilizar material auxiliar complementar para o manuseio adequado.

Mais importante do que simplesmente o peso, é a posição da proteção em relação à posição do trabalhador que a removerá ou substituirá. Algumas jurisdições oferecem orientação sobre o peso máximo ou força permitida para abrir a proteção, com base na posição do objeto e nos movimentos esperados de um trabalhador comum.

Indicações nas proteções

Algumas normas, além da indicação do peso para garantir um manuseio seguro, impõem

Figura 10.11.

Alças podem ser adicionadas às proteções para fornecer um método seguro para a remoção.



requisitos de indicação adicionais para as proteções. Algumas normas exigem que as proteções sejam marcadas de acordo com as normas da European Conformity (CE).

Além disso, a indicação de alguma forma de código de localização pode ser útil, para auxiliar na reinstalação rápida e adequada da proteção.

Certamente, é uma boa prática incluir sinalização avisando que a proteção não deve ser removida sem que o transportador seja isolado primeiro. É possível que seja necessário usar sinais de alerta em cada painel removível, indicando a necessidade de procedimentos de Bloqueio/Etiquetagem antes da remoção da proteção.

Alças e outros mecanismos de elevação auxiliares

Na seção 2.13.4.8, a norma da Austrália e Nova Zelândia, *AS/NZS 4024.3610 Conveyors – General requirements*, exige a presença de alças na proteção. Ela observa que alças de levantamento oferecem um método seguro para a abertura de portas e a remoção de proteções. (**Figura 10.11.**)

Alças para aprimorar a capacidade de manobrar uma proteção podem ser fornecidas nos painéis da proteção pelos fornecedores ou adicionadas por instaladores. As alças são disponibilizadas como dispositivos externos aplicados à proteção, como alças embutidas, que são dobradas para fora a partir da superfície ou da moldura do painel de proteção (**Figura 10.12.**), ou como áreas onde o material na estrutura foi removido para formar um apoio.

Em alças criadas com uma abertura ou seção dobrável, é importante que o espaço aberto criado para o apoio não resulte em uma exposição ao perigo. Ao instalar as alças, é preciso tomar cuidado para não adicionar um risco sob a forma de uma extensão complexa ou potencialmente perigosa da proteção.

Se uma proteção for muito pesada ou grande para ser manuseada de maneira segura por uma pessoa, é necessário fornecer meios para

a utilização de auxílio mecânico. Adaptações podem ser fornecidas na proteção, para facilitar o uso de um elevador, carrinho auxiliar ou outra ajuda ao remover ou reinstalar a proteção. Proteções de grandes dimensões devem ter indicação sobre a necessidade de auxílio mecânico ou de mais de um trabalhador para remoção.

Resistência da proteção

A maioria dos requisitos de resistência faz referência à norma de desempenho, o que significa que a proteção será considerada suficientemente resistente de acordo com sua capacidade de manter a distância de segurança adequada, manter os trabalhadores longe dos perigos e manter a resistência em caso de quedas ou caso sejam escaladas.

Em sua discussão sobre a resistência da proteção, na cláusula 2.13.4.4, a norma da Austrália e da Nova Zelândia *AS/NZS 4024.3610 Conveyors – General requirements* especifica que as proteções devem ser projetadas para suportar as cargas previstas, sem sofrer redução nas distâncias de segurança prescritas (distância até o perigo), que são detalhadas na cláusula seguinte, 2.13.4.5.

A cláusula 2.13.4.4 especifica que, para suportar o estresse de um trabalhador recostado sobre ela, a proteção deve resistir a uma força de 450 Newtons [$\approx 101 \text{ lb}_f$] aplicada em um ângulo direito à superfície, sobre uma área quadrada de 50 x 50 milímetros [$\approx 2 \times 2 \text{ pol.}$], em qualquer ponto da proteção.

Para suportar o estresse de ser escalada ou o peso de uma pessoa reclinada sobre ela, a proteção deve suportar uma força de 900 Newtons [$\approx 203 \text{ lb}_f$] aplicada verticalmente, combinada a uma força horizontal simultânea de 220 Newtons [$\approx 50 \text{ lb}_f$]. (**Figura 10.13.**)

Além disso, a cláusula observa que a proteção deve suportar a carga de qualquer acúmulo de derramamento de carga.

A norma *ISO 14210* especifica métodos de testes da proteção e inclui um requisito para a retenção em caso de lançamento de objetos.

Materiais da construção

Nos Estados Unidos, os requisitos da MSHA nas normas *30 CFR 56/57.14107* e *.14112* esclarecem que a norma é voltada para o desempenho e não especifica quais materiais podem ou não ser usados. Conforme resumido no guia *Guide to Equipment Guarding*, "os requisitos da MSHA são baseados no nível de proteção fornecido, e não na escolha dos materiais para a construção da proteção". Em vez disso, as especificações e a seleção dos materiais para a construção da proteção devem ser baseadas na análise das condições de aplicação.



Figura 10.12.

Alças dobráveis integradas ao projeto da proteção aprimoram o manuseio do painel.

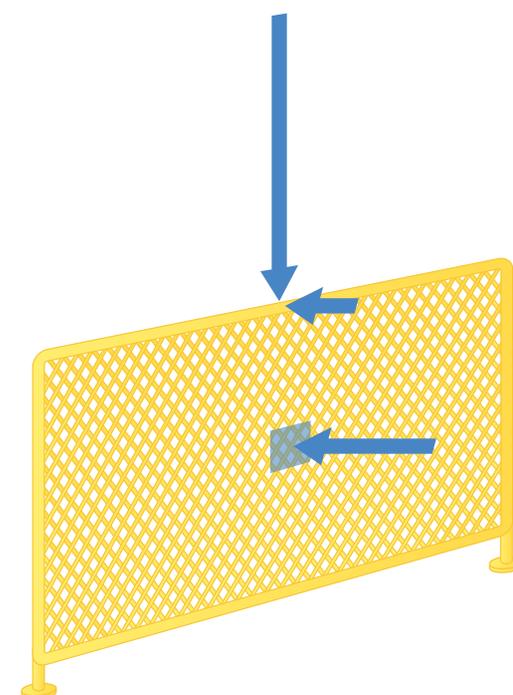


Figura 10.13.

Para suportar o estresse de um trabalhador pisando ou se apoiando sobre elas, as proteções devem ser capazes de resistir a forças horizontais e verticais simultâneas.

Para a Austrália, a norma *AS/NZS 4024.3610* lista uma restrição a materiais metálicos para a construção em minas subterrâneas de carvão. Na cláusula 3.2.3, a norma especifica que nenhum metal leve deve ser utilizado na construção das superfícies externas de nenhum equipamento transportador. O regulamento define metais leves como alumínio, magnésio, titânio ou ligas contendo porcentagens desses metais maiores do que aquelas especificadas.

Para a MSHA dos Estados Unidos, todos os materiais são aceitáveis se cumprirem o objetivo de desempenho da norma para proteções, isto é, se suportarem a vibração, impacto e desgaste aos quais serão submetidos durante operações normais, ao mesmo tempo impedindo de forma eficaz o contato do trabalhador com as peças móveis perigosas da máquina.

Um artigo disponível no site *ehstoday.com*, *The Do's and Don'ts of Fixed and Moveable Machine Guards, Part 1*", de John Peabody, ofereceu estas orientações:

Os materiais utilizados na fabricação de proteção fixas [devem ter] resistência e durabilidade adequadas. ... Materiais que possam quebrar, dobrar ou deformar não são aceitáveis. Do mesmo modo, materiais que sofram deterioração na presença de lascas em suspensão no ar [fragmentos ou partículas], radiação ultravioleta, temperaturas extremas, óleos, líquidos de arrefecimento, solventes, produtos de limpeza ou outros contaminantes/agentes ambientais podem comprometer a proteção esperada das proteções fixas.

As anotações do palestrante, incluídas em uma apresentação em PowerPoint da MSHA, *Guarding Conveyor Belts at Metal & Nonmetal Mines*, de 2010, oferecem as seguintes informações:

Exemplos de metais que podem ser usados são chapas metálicas, malhas em metal expandido e grades metálicas para pisos.

Outros exemplos de metais que podem ser utilizados são redes de tela, malhas

metálicas e chapas perfuradas, como as utilizadas em deques.

Redes de tela são mais flexíveis do que outros materiais e podem exigir que os membros da estrutura tenham espaçamento menor ou contem com suporte mais firme, para evitar que a tela seja dobrada em direção a um perigo, caso um funcionário caia sobre a proteção, por exemplo.

Telas metálicas usadas... podem ser recicladas [e usadas como proteção] caso permaneçam em boas condições e não representem um risco, como ter fios quebrados ou salientes, que podem causar lacerações ou perfurações.

A borracha é resistente, flexível e pode ser aplicada em proteções. Proteções de borracha, como todas as proteções, devem ter construção resistente e devem ser fixadas com segurança. Proteções de borracha não podem ser aceitáveis em áreas de alto desgaste, de calor elevado, próximas a determinadas substâncias químicas ou onde possam ser facilmente inflamadas.

Há sistemas de proteção em plástico durável disponíveis. O uso de plásticos pode não ser aceitável em áreas de alta temperatura ou próximas a determinadas substâncias químicas. ... Telas plásticas, do tipo utilizado em construções, não são resistentes, sofrem deformações e são cortadas facilmente. Não são resistentes ou duráveis e não são aceitáveis como proteções, mesmo se esticadas sobre uma estrutura rígida.

Madeira é aceitável se for resistente, segura e receber manutenção. Ela pode não ser adequada sob condições onde haja umidade, sob altas temperaturas ou onde haja outras fontes de ignição presentes.

Os materiais das proteções não precisam ser novos; mas se tiverem sido usados anteriormente, eles não devem representar, um risco, eles mesmos.

Instalação das proteções

Um requisito essencial para uma proteção é que ela possa ser instalada, removida e reinstalada após a manutenção de forma eficiente e sem prejudicar sua função. As proteções, e o mecanismo no qual elas estão instaladas, devem possibilitar remoção e reinstalação eficientes. Isso reduzirá a possibilidade de que, após removida, a proteção seja deixada fora de seu lugar, seja de maneira acidental ou proposital.

Uma maneira de alcançar esse objetivo é prender a proteção na posição correta, para que ela não possa ser facilmente deslocada ou contornada acidentalmente, movendo-a ou empurrando-a de sua posição pretendida. Uma proteção deve ser instalada de forma segura, para que a força de uma pessoa caindo contra ela não a desloque, possibilitando que um funcionário entre na zona de perigo. (Figura 10.14.)

Em seu documento de consulta sobre conformidade, *Guarding Conveyor Belts at Metal & Nonmetal Mines*, publicado no ano de 2010, a MSHA explica que:

A norma 56/57.14112 requer que as proteções permaneçam firmes no lugar quando o equipamento estiver em funcionamento. Para que a instalação de uma proteção seja considerada firme, não deve ser possível movê-la e deslocá-la facilmente. As proteções podem ser consideradas firmemente instaladas se estiverem fixadas ou se seu tamanho, massa ou peso não possibilitar que elas sejam movidas e afastadas com muita facilidade.

A fixação de uma proteção evita que ela escorregue ou saia da posição em que deve ficar e impede que a proteção seja facilmente contornada, movida, empurrada ou eliminada. A fixação também impedirá que uma proteção seja acidentalmente removida.

Algumas proteções são tão grandes e pesadas, que o deslocamento da posição



Figura 10.14.

Uma proteção deve ser instalada de modo que um trabalhador caindo contra ela não a desloque de sua posição.



Figura 10.15.

Diversos fixadores podem ser usados para manter a proteção na posição correta, incluindo parafusos com mecanismo de travamento integrado.

previamente definida torna-se difícil. Por exemplo, as proteções podem ter dobradiças na parte superior, pendendo na posição adequada.

A norma não requer que as proteções sejam fixas, tenham fixações em todos os lados ou só possam ser removidas com o auxílio de ferramentas. Ela exige que uma proteção seja uma barreira eficaz para proteger os mineiros contra contato acidental ou proposital com as peças móveis do equipamento.

Contudo, deve ser possível remover as proteções sem danos, de modo que, quando devolvidas à sua posição original, elas continuem a impedir que o trabalhador entre em contato com o perigo de maneira eficaz.

Fixação

As proteções podem ser fixadas na estrutura do transportador com diversos tipos de fixadores. (Figura 10.15.)

A OSHA, a MSHA e a norma Occupational Health and Safety Act especificam métodos diferentes para fixar a proteção na estrutura do

transportador. Uma das principais diferenças é o uso ou não de ferramentas para remover a proteção.

Os fixadores devem suportar a vibração, o impacto e o desgaste aos quais são submetidos durante operações normais. As diversas normas dos Estados Unidos não exigem que as proteções tenham fixações em todos os lados, sejam fixas ou só possam ser removidas com o auxílio de ferramentas.

Algumas proteções são tão pesadas e grandes, ou são projetadas e instaladas de tal forma, que podem permanecer na posição sem a necessidade de fixadores. Por exemplo, uma proteção pode contar com dobradiças na parte superior ou na lateral, pender ou ficar apoiada na posição correta, para que possa ser aberta e permitir a manutenção do equipamento após os devidos procedimentos de desligamento e bloqueio.

De acordo com a MSHA, uma proteção articulada, pendente ou deslizante não requer o uso de fixadores adicionais se for devidamente conservada, permanecer no local que deve proteger e ficar fechada. Da mesma forma, as proteções podem ser suspensas a partir de trilhos, ou descansar sobre eles, para que possam ser abertas por meio de um mecanismo deslizante para a manutenção do equipamento.

Na Europa, a seção 1.4.2.1 da *diretiva Machinery Directive 2006/42/EC* exige que as proteções não possam permanecer em sua posição original sem suas respectivas fixações.

Provavelmente, a intenção é evitar que uma proteção seja devolvida à posição original sem os fixadores. Nesse caso, ela poderia facilmente ser deslocada de sua posição, e acabaria não oferecendo a proteção adequada. No entanto, a exigência pode criar confusão para os fornecedores de proteções e também para os operadores de fábricas. Essas exigências foram alvo de críticas de pelo menos um fabricante de proteções. Jeremy Procter, escrevendo no *guia* da Procter Machine Guarding, *Guide to the New Machinery Directive 2006/42/EC*, observou:

Aparentemente, painéis para telhados e outros painéis horizontais vão necessitar de fixações com molas ou outros meios para impedi-los de permanecer no lugar quando as fixações forem removidas.

Fixadores e a necessidade do uso de ferramentas

A questão do método de fixação e remoção das proteções é um tópico de divergência entre as normas de várias jurisdições. Alguns órgãos exigem o uso de ferramentas para a remoção da proteção; outros, especialmente a MSHA dos Estados Unidos, não fazem essa exigência.

O requisito de "ferramenta para remoção", que geralmente impede o uso de porcas borboleta, fechamento por pino e luva, travas, ferrolhos, ímãs e fechamento por furos e ganchos, foi concebido para impedir a remoção ou o ajuste não autorizado das proteções fixas.

O motivo citado para exigir uma ferramenta para a remoção da proteção é enfatizar que um dispositivo é uma proteção, desempenhando uma função de segurança do trabalhador, e não apenas uma "cobertura", com a missão de simplesmente preservar o processo e isolar a sujeira ou as condições ambientais.

Nas normas que exigem ferramentas, há diferenças em relação à natureza das ferramentas e dos fixadores, com a especificação de que a ferramenta não esteja normalmente à disposição dos operadores para uso durante o cumprimento de suas funções convencionais. A exigência de ferramentas especiais cria problemas até mesmo com os parafusos de fenda. Parafusos de fenda não estariam em conformidade, porque podem ser removidos usando ferramentas improvisadas, como uma régua de aço, moeda ou mesmo uma unha, que seriam facilmente acessíveis para um operador.

REGULAMENTOS E NORMAS

Utilização de ferramentas

Várias jurisdições têm regulamentos diferentes para fixadores para proteções e requisitos para o uso de ferramentas.



Austrália

A norma australiana geral para proteções de máquinas, *AS/NZS 4024.1601-2014 Safety of machinery Part 1601 Design of controls, interlocks and guarding*, especifica, na cláusula 5.4.3, que as peças removíveis das proteções devem ser removíveis apenas com o uso de uma ferramenta. Em seguida, a norma faz referência à cláusula 3.9, que explica que as ferramentas incluem chaves e chaves de fenda, mas não moedas, lixas de unha ou outras ferramentas improvisadas.

A necessidade de utilizar uma ferramenta é reiterada na norma para transportadores, a *AS/NZS 4024.3610*. Nela, a cláusula 2.13.3.3(c) observa que, se o acesso à zona de perigo só ocorrer durante paradas planejadas do equipamento, uma proteção removível que não esteja interligada aos controles pode ser utilizada. Além disso, ela observa que essa proteção só deve ser alterada ou removida com o uso de uma ferramenta, e, em seguida, faz referência à cláusula 2.13.3.6.

Na cláusula 2.13.3.6, a norma *AS/NZS 4024.3610* faz afirmação semelhante, observando que proteções removíveis que não sejam interligadas aos controles do sistema só devem ser removidas usando as ferramentas disponíveis para a equipe capacitada.

Uma afirmação correspondente é fornecida na cláusula 1.5.32 da norma *AS/NZS 4024.3610*, que descreve uma proteção facilmente removível como aquela que exige o uso de ferramentas disponíveis apenas para funcionários capacitados.

Nessas normas, uma pessoa capacitada é definida como alguém que, através de experiência, educação e formação, tem as habilidades e conhecimentos necessários para executar corretamente o trabalho identificado.

As regulamentações *Mines Safety and Inspection Regulations 1995*, do estado de Western Australia, observa, no item 6.2(2), que a fábrica deve "ser conservada e operada de maneira segura", levando em consideração os

seguintes métodos de redução de riscos:

- (f) garantir que qualquer proteção disponível na fábrica e para as operações compreenda...
- (iii) uma barreira física instalada com segurança por meio de fixadores ou outros dispositivos adequados, suficiente para garantir que a proteção não possa ser alterada ou removida sem o auxílio de uma ferramenta ou chave.



Canadá

A publicação canadense *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*, do ano de 2003, produzida em conjunto pelos órgãos Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) e Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), ambos sediados em Quebec, observa:

Uma proteção fixa é uma proteção que só pode ser removida usando uma ferramenta ou que está permanentemente posicionada no lugar, por exemplo, por meio de soldagem (Regulation Respecting Occupational Health and Safety, seção 174).



Europa

A diretiva *Machinery Directive 2006/42/EC* foi elaborada para harmonizar as normas e estabelecer uma base regulatória para os requisitos de saúde e segurança no trabalho com máquinas por toda a União Europeia. A seção 1.4.2.1 da referida diretiva inclui os requisitos para o uso de ferramentas e parafusos cativos nas proteções, afirmando:

Proteções fixas devem ser fixadas por sistemas que possam ser abertos ou removidos apenas com o uso de ferramentas.

Os respectivos sistemas de fixação devem permanecer presos às proteções ou à máquina quando as proteções forem removidas.

Em um artigo de 2009, "Machine guard fastening and the new Directive", John Snyder, gerente de produtos de um fornecedor de componente, observou:

Os modelos disponíveis incluem conjuntos cativos com fixação manual conveniente, porém, reforçam a segurança exigindo o uso de uma ferramenta para o desengate. ... Para abordar os requisitos de acesso somente pelo uso de ferramentas da nova diretiva, os estilos de cabeças podem incluir Philips, Torx, resistentes à violação ou estilos de chaves padrão do setor.

E continua:

Uma limitação do uso de parafusos cativos é que a facilidade de acesso pode ser variável, muitas vezes determinada pelo torque de aperto do parafuso aplicado pelo usuário. Além disso, quando vários fixadores são utilizados ou quando a proteção é acessada regularmente, o tempo necessário para apertar parafusos convencionais pode tornar essas disposições um pouco demoradas. Caso a velocidade e a facilidade de uso sejam as principais prioridades, outros projetos podem proporcionar mais comodidade, com custo inferior de instalação. Eles incluem parafusos de avanço rápido e sistemas de fixação de acesso rápido do tipo quarto de volta.

Jeremy Procter, em uma publicação de 2013, "On Your Guard", no site Health & Safety Matters, *hsmsearch.com*, escreveu:

Em relação ao uso de uma ferramenta, fixadores com ranhuras retas são inadequados, pois podem ser removidos usando ferramentas improvisadas, como moedas e réguas. Fixadores que exigem o uso de chaves inglesas, chaves de fenda Phillips ou chaves hexagonais (Allen) são geralmente aceitáveis.



Estados Unidos

Em sua publicação de 2007, *Safeguarding Equipment and Protecting Employees from Amputations*, a OSHA observa que "Proteções normalmente são projetadas com parafusos, porcas e fixadores com travas e, geralmente, uma ferramenta é necessária para soltá-las e removê-las". Por outro lado, a norma *ASME B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment* não faz referência à proteções com travas ou ao uso de ferramentas para a remoção da proteção.

Os regulamentos da OSHA na norma *29 CFR 1910.217(c)(2)(i)(d)* especificam que as proteções de pontos de operação "devem utilizar fixadores que não sejam facilmente removíveis pelo operador, para minimizar a possibilidade de utilização indevida ou remoção de peças essenciais".

Fixadores que precisem de ferramentas para remoção não são exigidos pela MSHA. As anotações do palestrante, fornecidas juntamente com a apresentação em PowerPoint da MSHA, 2010, *Guarding Conveyor Belts at Metal & Nonmetal Mines*, indicam:

Não é necessário o uso de travas nem ferramentas para que os fixadores estejam em conformidade. Entretanto, a utilização de uma trava ou a necessidade de utilização de uma ferramenta para remover uma proteção reduzem o risco de ferimentos.

Fixadores aceitáveis incluem grampos aparafusados, conexões de pino e luva e vários tipos de contrapinos.

A necessidade de utilizar parafusos cativos

Algumas normas internacionais têm requisitos adicionais para fixadores para proteções. As normas *européias*, incluindo a *EN 620*, parágrafo 5.1.1.1, a *EN 953*, parágrafo 5.4.3, e a *Machinery Directive 2006/42/EC*, seção

1.4.2.1, exigem que os métodos de fixação permaneçam acoplados às proteções ou à máquina quando as proteções são removidas.

De acordo com o artigo *Review: New Version of BS EN 953, Machine Guarding*, de Jeremy Procter, a norma *BS EN 953* especifica o seguinte:

7.2 Fixações de retenção

Quando previsto (por exemplo, devido à manutenção) que a proteção fixa será removida, os meios de fixação deverão permanecer acoplados à proteção ou à máquina.

Essa exigência também foi incluída na norma que substituiu a *EN 953*, a norma *BS EN ISO 14120* (seção 5.19).

Essa abordagem simplifica a reinstalação e elimina a possibilidade de perda dos fixadores, interferindo, assim, na segurança da instalação ou reinstalação de uma proteção.

A publicação dos órgãos IRSST/CNESST, *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Production from Danger Zones*, observa: "Os fixadores devem ficar permanentemente presos às proteções (parafusos cativos)". E fornece uma explicação adicional: "Essa precaução evita a perda dos fixadores e a necessidade de sua substituição".

Braçadeiras de cabos como fixadores

Nos Estados Unidos, a MSHA aceita braçadeiras de cabos como fixações adequadas para uma proteção, desde que elas recebam manutenção, isto é, desde que sejam substituídas quando houver desgaste ou danos. Esses fixadores plásticos, também conhecidos como fitas Hellerman, enforca-gatos ou algemas plásticas, são comumente usados para agrupamento e organização de fios. Os autores não recomendam o uso de braçadeiras plásticas como fixadores, pois elas são sujeitas a abusos e degradação.

No documento *Guarding Conveyor Belts at Metal & Nonmetal Mines*, a apresentação em PowerPoint, elaborada em 2010 e fornecida como um recurso de auxílio à conformidade, a MSHA explica:



Figura 10.16.

Fixadores para proteções que usam braçadeiras para cabos para aumentar a segurança precisam de ferramenta para remoção.

[Braçadeiras plásticas] são resistentes e duráveis, fáceis de instalar, convenientes para reparos e não representam um perigo. Elas normalmente exigem o uso de uma ferramenta para removê-las, reduzindo o risco de remoção acidental de uma proteção de seu local de instalação ou serviço. Como ocorre com outras proteções, materiais para proteções e fixadores, braçadeiras plásticas devem ser mantidas em boas condições de funcionamento.

É preciso observar que, ao longo do tempo, as braçadeiras podem tornar-se frágeis e quebradiças.

No Canadá, é aceitável utilizar braçadeiras plásticas para fixar uma proteção, pois ela exige uma ferramenta para remoção, por exemplo, um alicate. (**Figura 10.16.**)

Na Austrália, uma braçadeira plástica não é compatível com os requisitos para fixadores, pois pode ser removida com uma faca ou, simplesmente, quebrada inserindo uma haste e girando, isto é, pode ser removida por itens comuns disponíveis para um operador.

As braçadeiras de cabo são fornecidas em diversas opções de tamanhos e especificações. Muitas delas podem não ter resistência adequada, resistência ao ambiente ou resistência para utilização como um fixador para proteção. Portanto, os autores não recomendam seu uso.

Mantendo a distância

Um projeto eficaz significa que os trabalhadores não podem anular ou, de outra forma, contornar a proteção fornecida pela proteção fixa, alcançando a zona de perigo com alguma parte do corpo. Se um dispositivo puder ser contornado, em algum momento ele será; portanto, isso significa que o dispositivo não é eficaz como proteção.

Proteções fixas eficazes devem ser completas em sua proteção: os trabalhadores não devem ser capazes de contornar as proteções fixas ao redor, sob, através ou sobre elas para alcançar as peças móveis perigosas da máquina. Esse princípio é conhecido como AUTO, partindo do acrônimo formado pelas primeiras letras dos termos em inglês. Assim, não deve ser possível alcançar o perigo contornando

"Around, Under, Through e Over", ao redor, sob, através ou sobre as proteções. (Figura 10.17.)

Acesso ao contornar sobre uma proteção

Algumas normas fornecem distâncias de segurança para diversas alturas de painéis em relação à posição do perigo em situações em que seja possível "contornar sobre a proteção". Em algumas normas, as tabelas variam de acordo com situações de baixo e de alto risco. (Figura 10.18.)

Várias normas utilizam as dimensões a seguir para barreiras, incluindo a norma AS/NZS 4024.1801, Tabela 1, da Austrália/Nova Zelândia; CSA Z432 (R2014), Tabela C-2, do Canadá; e EN ISO 13857, Tabela 2, da Europa:

- Barreiras verticais com menos de 1.000 mm [≈40 pol.] de altura não são eficazes, independentemente da distância do perigo.
- Barreiras com menos de 1.400 mm [≈55 pol.] não devem ser usadas sem medidas de segurança adicionais.

Em alguns casos, distâncias até o perigo podem ser permitidas, se a barreira for mais alta; consulte a norma regional pertinente.

Acesso ao contornar sob uma proteção

Onde existem perigos de peças móveis próximas ao nível do solo, a necessidade de proteger e restringir o acesso da equipe vai superar a necessidade de limpar derramamentos. Conseqüentemente, há limitações para a abertura entre o piso e a parte inferior de um proteção. A possibilidade de uma pessoa deitar no chão, contornar uma proteção por baixo para pegar uma ferramenta ou outro item que tenha caído e entrar em contato com um ponto de esmagamento fornece um exemplo de um bom motivo para restringir o acesso a essa área.

Figura 10.17.

O acrônimo AUTO fornece uma dica sobre as funções de uma proteção: ela impede o acesso "Around, Under, Through, ou Over" (Ao redor, Sob, Através ou Sobre) a proteção.

A.U.T.O.
Proteções de barreira fixas devem ser projetadas para impedir o acesso às áreas de risco, impossibilitando que sejam contornadas
A round (Ao redor)
U nder (Sob)
T hrough (Através) ou
O ver (Sobre)

Figura 10.18.

Uma proteção adequada impedirá que os trabalhadores acessem os perigos de um transportador.



Imagem gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

Acesso através da proteção

Impedir o acesso a um perigo através de uma proteção representa um desafio, pois muitos tipos de barreiras são fabricados com telas em metal expandido ou material similar. Para garantir que as aberturas não sejam suficientemente grandes para permitir o acesso ao perigo, várias normas foram criadas. As normas indicam as distâncias, alturas e folgas permitidas (ou necessárias), a fim de excluir a possibilidade de que o trabalhador tenha acesso à zona de perigo. Elas são utilizadas para determinar as distâncias de instalação com base nos tamanhos máximos das aberturas nas proteções. A conformidade garante que qualquer parte do corpo que possa passar através da tela não seja capaz de alcançar as perigosas peças móveis na parte interna.

O tamanho das aberturas na proteção deve ser verificado, para garantir que as extremidades do trabalhador não entrem em contato com o perigo. A maior parte das jurisdições internacionais oferece uma norma que identifica o tamanho dos orifícios necessários a uma determinada distância de um perigo. Basicamente, quanto maior a abertura, mais distante a proteção precisa ficar do perigo.

Definição do padrão de tamanho das aberturas

Desde 1940, pesquisadores buscam especificar uma distância mínima segura entre um perigo e a abertura da proteção, como base na média de tamanho das mãos e braços do trabalhador comum. Essa pesquisa é atribuída às empresas Liberty Mutual Company e/ou National Association of Mutual Casualty Companies (NAMCC). As dimensões resultantes foram, eventualmente, incorporadas à revisão de 1971 da norma de segurança *ANSI B11.1* para prensas mecânicas. A OSHA utilizou o documento do ANSI como base para a sua própria norma para prensas mecânicas, a *29 CFR 1910.217*, também publicada em 1971. Assim, as dimensões da Tabela O-10 dos regulamentos da OSHA e a régua de segurança relacionada (conhecida como "gotcha stick", em inglês) têm como base a publicação de 1949 da NAMCC, *Safe Openings for Some Point of Operation Guards*. (**Figura 10.19**.)

Embora originalmente especificada para prensas mecânicas, a Tabela O-10 da norma *29 CFR 1910.217* foi aplicada a outras situações envolvendo proteções, talvez devido à falta de outras especificações com medições detalhadas.

Tabela O-10: Aberturas máximas permitidas para proteções

Distância entre a abertura e o risco do ponto de operação mm [pol].	Largura máxima da abertura mm [pol].
0–13 [0–0,5]	Nenhuma abertura permitida
13-38 [0,5-1,5]	6,3 [0,25]
39-64 [1,5-2,5]	9,7 [0,38]
64-89 [2,5-3,5]	13 [0,5]
89-140 [3,5-5,5]	16 [0,63]
140-165 [5,5-6,5]	19 [0,75]
165-191 [6,5-7,5]	22 [0,88]
191-318 [7,5-12,5]	32 [1,25]
318-394 [12,5-15,5]	38 [1,5]
394-445 [15,5-17,5]	48 [1,88]
445-800 [17,5-31,5]	54 [2,13]
Superior a 800 [31,5]	152 [6]

Figura 10.19.

Aberturas máximas permitidas para proteções, conforme apresentadas na Tabela O-10 da regulamentação OSHA 29 CFR 1910.217.

Em um relatório de 1995, "A Review of Machine-Guarding Recommendations", Donald Vaillancourt e Stover Snook, do centro de pesquisas Liberty Mutual Research Center for Safety and Health, compararam dados de mais seis pesquisas antropométricas recentes para determinar se as dimensões da Tabela O-10 necessitavam de atualização. O relatório, publicado em *Applied Ergonomics*, forneceu uma tabela revisada de medições recomendadas para aberturas de proteções

versus distância. Embora a Tabela O-10 da OSHA tenha 10 "níveis" de tamanhos de aberturas, o relatório de Vaillancourt e Snook mostra apenas seis. Embora não tenham sido adotadas oficialmente pela OSHA, as medições de Vaillancourt e Snook foram adotadas por diversas normas para proteções de máquinas.

Infelizmente, as necessidades de manuseio dos materiais a granel tornam impraticáveis alguns dos requisitos para o tamanho da abertura e a distância. As aberturas menores nas proteções para máquinas podem, quando aplicadas ao manuseio de materiais a granel, reduzir a segurança por meio do acúmulo de material fugitivo e, assim, restringir a capacidade de inspecionar ou limpar.

A obstrução da visão das telas com material, então, cria uma motivação para remover a proteção e a oportunidade para, proposital ou acidentalmente, não substituir a proteção, expondo o perigo. Proteções para sistemas de manuseio de materiais a granel podem garantir a segurança com menos níveis de distâncias necessárias.

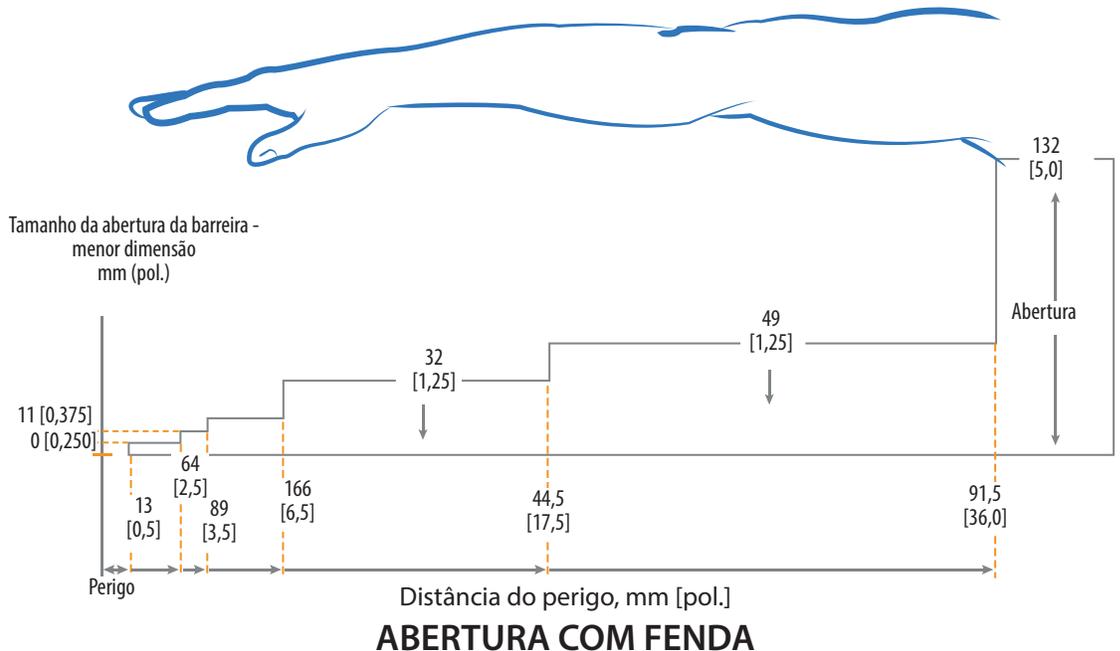
Figura 10.20.

A régua "gotcha stick" fornece um método para verificar o tamanho da tela em uma proteção em relação à distância exigida do risco.



Figura 10.21.

Réguas de segurança são projetadas usando as dimensões típicas da anatomia humana, proporcionando uma medição de conformidade com as dimensões, como especificado na Tabela O-10.



A régua "gotcha stick"

A distância exigida dos perigos mostrada na Tabela O-10 da OSHA dos Estados Unidos é refletida nas "réguas de segurança" utilizadas para verificar instalações de proteções.

(**Figura 10.20.**) Às vezes denominada de "gotcha stick", em inglês, essas réguas são usadas durante os processos de concepção, instalação e inspeção das proteções de barreira para verificar a conformidade com a norma *OSHA 29 CFR 1910.217*, Tabela O-10.

(Atualmente existem versões atualizadas dessas réguas especializadas que coincidem com a pesquisa de Vaillancourt e Snook, citada anteriormente.)

As réguas são baseadas nas medições de partes do corpo humano, representando o dedo, a mão e o braço. (**Figura 10.21.**) A inserção dessa régua através das aberturas de uma proteção fornece uma indicação simples de conformidade ou não conformidade com as medidas expressas na Tabela O-10. As réguas são usadas pela equipe de segurança da fábrica, equipes de instalação de proteções e também inspetores de segurança, para verificar a instalação adequada. Se, quando empurrada através da abertura na proteção, a régua tocar o perigo, a proteção não está em conformidade.

Diversos fabricantes de proteções e estabelecimentos de suprimentos de segurança oferecem versões dessa régua.

Elas normalmente são concebidas para serem dobradas a fim de melhorar a portabilidade e a facilidade de uso, e estão disponíveis em alumínio ou plástico. (**Figura 10.22.**)

Como mencionado anteriormente, há limitações à aplicação da Tabela O-10, e, portanto, à utilização do "gotcha stick", na determinação de proteções adequadas para transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel.

A utilização de painéis de proteção pré-projetados

Vários fornecedores oferecem sistemas de proteção pré-projetados. Normalmente, essas proteções consistem em painéis metálicos que foram perfurados, queimados ou, de outra forma, fabricados para criar uma proteção com uma tela aberta que fornece uma barreira protetora e, ainda assim, possibilita a realização de inspeções. (**Figura 10.23.**) Os painéis podem contar com molduras ou com fixações autônomas para serem acoplados à estrutura do transportador ou próximos a ela.

Alças podem ser fornecidas, como partes dobráveis integradas à estrutura ou como opções adaptáveis. Os painéis normalmente apresentam orifícios de montagem previamente perfurados, e a maioria dos fornecedores oferece uma ou mais variações de fixadores.

Esses painéis de proteção pré-projetados normalmente estão disponíveis como retângulos de vários tamanhos, com dimensões que vão de 24 x 24 polegadas a 36 x 50 polegadas [≈610 x 610 mm a ≈915 x 1.270



Figura 10.22.

A régua "gotcha stick" geralmente é projetada para ser dobrável, a fim de facilitar seu transporte e uso.



Figura 10.23.

Painéis de proteção pré-projetados em diversos tamanhos podem ser instalados e adaptados à situação.

mm]. Na maioria dos casos, as proteções podem ser personalizadas durante a instalação para corresponder a variações no projeto do maquinário ou nas aberturas, de acordo com dimensões ou configurações específicas.

Os painéis de proteção fabricados são disponibilizados com as aberturas da

tela em um ou dois tamanhos diferentes, dependendo do fabricante. As dimensões da tela são selecionadas pelo fabricante devido a padronizações e/ou à facilidade da fabricação, e, normalmente, estão de acordo com a Tabela O-10 e/ou com outras normas para proteções em instalações regulares.

Testes de resistência das proteções

Há pouca informação disponível para auxiliar na concepção de proteções que estejam em conformidade com as normas. Esta seção tentará fornecer orientações de projeto e fabricação para a concepção e a construção das proteções para uso em transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel.

Para avaliar o esquema de proteção proposto, e as proteções resultantes, um programa de testes foi desenvolvido e amostras de proteções foram fabricadas e sujeitas a um Modelo de elementos finitos (MEF) computadorizado e a testes físicos.

Método dos elementos finitos

A modelagem de proteções específicas pode ser muito complexa e pouco prática, pois praticamente todas as proteções têm formato personalizado e a disponibilidade local de materiais para telas varia. Como resultado, foi determinada a realização de análises de desempenho do material usando o Método dos elementos finitos em painéis

quadrados padrão de 1 metro [≈39 pol.] e de testes físicos em painéis quadrados de 36 polegadas [≈914 mm].

Para determinar a deformação sob carga, os vários materiais para proteções foram moldados utilizando o software de MEF. O modelo poderia prever as deformações sob carga de um painel quadrado padrão de 1 metro [≈39 pol.].

(Figura 1.)

O MEF indicou que se a estrutura de um painel de proteção estiver fixada (com fixadores de montagem) com espaçamento de aproximadamente 250 milímetros [≈9,8 pol.], o material da estrutura terá pouca influência sobre as deformações, e o painel simulará uma chapa plana. Quando a fixação está presente apenas nos quatro cantos da proteção, a deformação da estrutura tem alguma influência, mas ela não será significativa se a área da seção transversal da estrutura for suficiente para atuar como uma instalação fixa.

Testes físicos

Para confirmar a validade dos modelos MEF, foram realizados testes físicos nas amostras de painéis de proteção utilizando as cargas especificadas nas normas europeias e australianas.



Figura 2.

Método de teste para carga concentrada em painel de metal expandido plano.

No procedimento de teste, amostras de proteções quadradas de 36 polegadas [≈914 mm] foram montadas em uma estrutura de cantoneira de 2 x 2 x ¼ polegadas [≈50 x 50 x 6 mm], com fixadores espaçados em intervalos de aproximadamente 8 polegadas [≈203 mm]. Usando um mandril

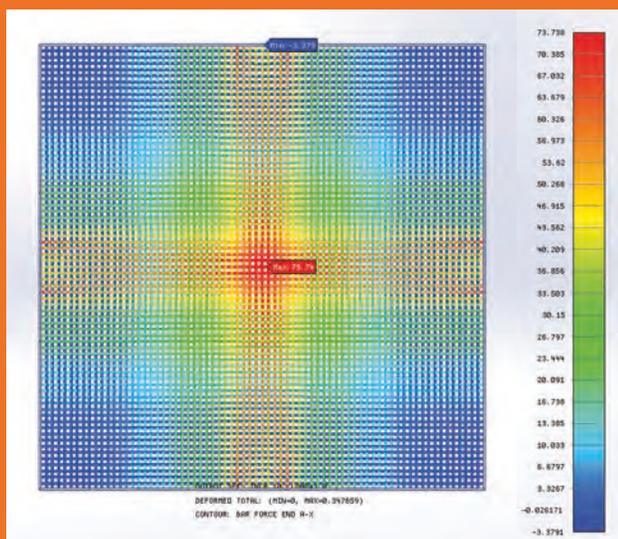


Figura 1. Modelo MEF mostrando a deformação prevista sob carga.

Isso significa que os painéis de proteção de um determinado fabricante devem ser instalados a uma distância do perigo que esteja de acordo com as especificações do fabricante. Em geral, isso não é um problema, mas requer cuidado por parte da equipe de instalação para garantir que o painel seja instalado a uma distância

apropriada para, então, ser adequadamente reforçado. Calços ou outros suportes complementares podem ser necessários, para empurrar o painel de proteção até a distância adequada do perigo.

suspensos por uma talha de corrente, cargas concentradas foram aplicadas em uma área de 2 x 2 polegadas [≈50 x 50 mm]. O mandril aplicava 16 libras força [≈71 N], e pesos de concreto com cerca de 48 libras força [≈200 N] cada foram utilizados para aumentar a carga. A carga foi composta por 1 a 5 pesos, proporcionando uma força cumulativa de até 300 libras força [≈1.334 N]. (Figura 2.)

As medições foram feitas utilizando um paquímetro, antes da aplicação da carga e sob a carga. (Figura 3.)

Como esperado, quando a carga foi distribuída no painel sobre a área de contato (0,79 pé²) [≈0,07 m²] dos pesos de teste, a deformação foi menor do que aquela produzida pela carga pontual. (Figura 4.)

Como mostrado na ilustração a seguir, os resultados dos testes físicos indicam que as deformações máximas variam de acordo com o tipo de material utilizado na construção da proteção. (Figura 5.) A deformação máxima foi menor na tela de arame soldado e maior na rede de tela.

A deformação permanente foi registrada como a diferença entre a leitura antes da carga de teste ser aplicada e a deformação final após a remoção da carga de 300 libras força [≈1.334 N]. Essas cargas refletem razoavelmente as cargas indicadas nas normas, que variam de 450 a 1.500 N [≈101 a 337 lb_f].

Houve alguma deformação permanente medida em todos os painéis de proteção, com a rede de tela apresentando a maior deformação permanente. Isso foi o resultado da dificuldade de aplicar a carga em mais de um fio, devido ao padrão da rede de tela. Quando uma carga distribuída foi aplicada à rede de tela, o comportamento de deformação temporária foi semelhante à dos outros painéis de proteção.



Figura 3.

Método de medição em painel de metal expandido plano antes da carga.



Figura 4.

Método de teste para carga pontual em painel de metal expandido plano.

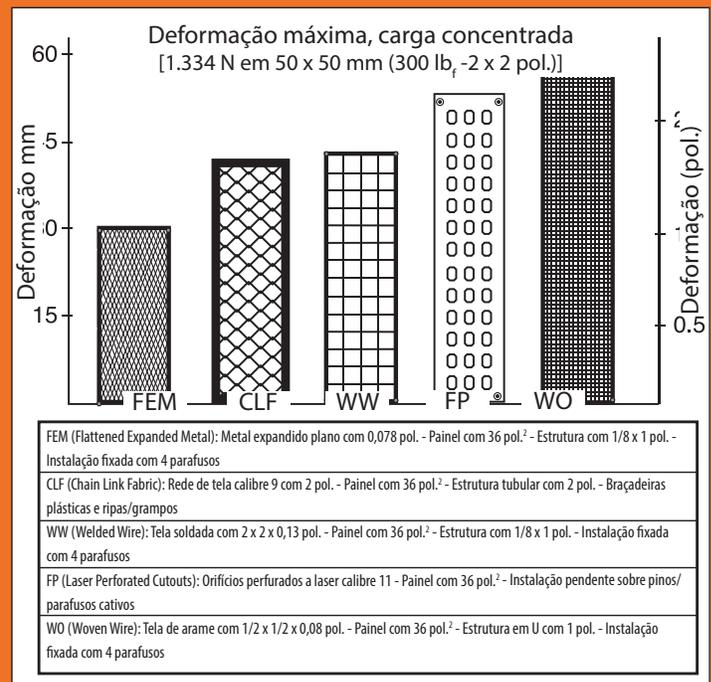


Figura 5.

Deformação máxima de vários materiais para proteções sob carga concentrada.

Uma abordagem simplificada para proteções para transportadores

Há pouca informação disponível para auxiliar na concepção de proteções que estejam em conformidade com as normas. Esta seção tentará fornecer orientações de projeto e fabricação para a concepção e a construção das proteções para uso em transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel.

As principais preocupações na aplicação das proteções nos transportadores de correia são: primeiro, fornecer uma barreira física contra contato acidental e, segundo, viabilizar ao máximo a execução de tarefas de inspeção e observação dos componentes do transportador e da carga sem remover as proteções.

Como observado anteriormente neste capítulo, a distância entre as proteções e os riscos de acordo com a Tabela O-10 da OSHA e a régua "gotcha stick" não são adequadas para adaptação em transportadores para o manuseio de materiais a granel. As dimensões da Tabela O-10 foram desenvolvidas com base em um cenário hipotético de proteção de um operador de até 14 anos, em pé, em frente a uma prensa mecânica, que inserindo e removendo estoque com as mãos frequentemente durante seu turno de trabalho.

As aberturas indicadas para as telas de proteção usando a "gotcha stick" são geralmente muito pequenas. Essas aberturas podem ser preenchidas com material fugitivo, dificultando a inspeção dos componentes do transportador. O uso de diferentes distâncias de instalação para cada abertura de tela ou tipo de risco aumenta a probabilidade de erros no projeto das proteções para transportadores.

Mesmo tendo a norma *ISO 13853:1998* especificado as distâncias necessárias usando as medições da régua "gotcha stick", há o seguinte aviso na declaração do Escopo:

Para determinadas aplicações, há razões válidas para haver desvios nessas

distâncias. As normas que lidam com essas aplicações devem indicar como alcançar a segurança adequada.

O mesmo aviso aparece em várias outras normas, particularmente a *AS/NZS 4024.1801-2006 Safety distances to prevent danger zones being reached by the upper limbs*, da Austrália, e a *JIS B 9711 Safety of machinery – Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body*, do Japão.

Algumas normas, como as regulamentações da MSHA dos Estados Unidos, normas *30 CFR 56/57.14107* a *56/57.14112*, fornecem requisitos gerais para as proteções, mas poucas dimensões ou valores específicos. Como observado anteriormente neste capítulo, os regulamentos da MSHA afirmam apenas que a proteção deve ser construída e conservada de modo que não represente um risco, seja mantida firme e no lugar correto durante o funcionamento da máquina e resista ao impacto, vibração e desgaste aos quais estará sujeita durante operações normais.

A norma europeia *EN 620* estabelece, na seção 5.1.1.1, que, caso seja possível pisar sobre as proteções:

Elas devem ser capazes de suportar uma força de 1.500 N [≈ 337 lb_f], uniformemente distribuída por uma área de 0,2 x 0,2 m [$\approx 7,9$ x 7,9 pol.], com deformação permanente inferior a 1% em relação a qualquer dimensão de referência e sem nenhum contato com qualquer peça móvel.

A norma da Austrália/Nova Zelândia *AS/NZS 4024.3610* inclui uma série de orientações específicas para a construção de proteções. Na cláusula 2.13.4.3, ela observa que a espessura mínima para as chapas de aço das proteções deve ser de 1,5 milímetro [$\approx 0,06$ pol.]. As proteções com telas de 50 x 50 milímetros [≈ 2 x 2 pol.] devem ser fabricadas com fios com diâmetro não inferior a 1,5 milímetro [$\approx 0,06$ pol.] ou 3 milímetros [$\approx 0,12$ pol.].

Na cláusula 2.13.4.4 Resistência das proteções, a norma requer que as distâncias de segurança sejam mantidas quando uma força de 450 Newtons [$\approx 101 \text{ lb}_f$] for aplicada sobre uma

área de 50 x 50 milímetros [$\approx 2 \times 2 \text{ pol.}$], em qualquer ponto da proteção. Para proteções sobre as quais uma pessoa possa se apoiar ou subir, a proteção deve resistir a uma massa

Fórmulas correspondentes aos resultados dos testes

A abordagem dos materiais recomendados para a estrutura é presumir que as proteções penderão livremente e que a estrutura funcionará como moldura fixa. A estrutura sobre a qual o painel de proteção é fixado deve ter capacidade suficiente para limitar a deformação em qualquer direção de acordo com a exigência de deformação inferior a 1%.

Comparando os resultados da análise MEF e os testes físicos, é possível concluir que é adequado aplicar as equações de deformação de chapas fixas planas aos materiais de proteção sugeridos. (Figura 1.)

Como mostrado no MEF e nos testes físicos, a deformação da estrutura plana de 1 x 0,13 polegada [$\approx 25 \times 3 \text{ mm}$] e das estruturas com canaleta em U calibre 18 ($\approx 0,05 \text{ pol.}$) [$\approx 1,2 \text{ mm}$] e espessura de 1 polegada [$\approx 25 \text{ mm}$] foi mínima sob as cargas aplicadas. Esse resultado também apoia a suposição de que as fórmulas para chapas planas oferecem uma aproximação razoável para a deformação.

A equação destina-se a chapas retangulares, com carga concentrada no centro, onde espera-se que a deformação para ser igual ou menor do que a espessura da chapa. Os dados dos testes físicos e os resultados do MEF indicam uma relação linear aproximada entre carga e deformação, que foi quase paralela, ainda que desviada (maior deformação), às previsões da fórmula, mesmo com deformações muito maiores do que a espessura de tela.

Modificar a espessura "t" do material da tela não obteve resultados tão bons na curva de teste quanto modificar a proporção k_1 . Os dados do teste comparados à fórmula mostram concordância com uma linha de tendência linear se o fator k_1 for modificado. Modificar o fator k_1 é, basicamente, a intercessão Y. Portanto, a fórmula de deformação da

chapa plana, utilizando as proporções modificadas k_1 , como mostrado, é proposta para obter uma aproximação razoável para fins de projeto. (Figura 2.)

A modificação do fator k_1 tem o efeito de ajuste do desvio de Y. Para aplicações críticas, é recomendável construir um painel de teste para testá-lo sob carga, a fim de estabelecer um k_1 apropriado. Em todos os casos, a diferença de deformação entre a fórmula e os testes físicos não foi significativa, se comparada às distâncias de instalação em relação ao perigo sugeridas, como mostrado na tabela.

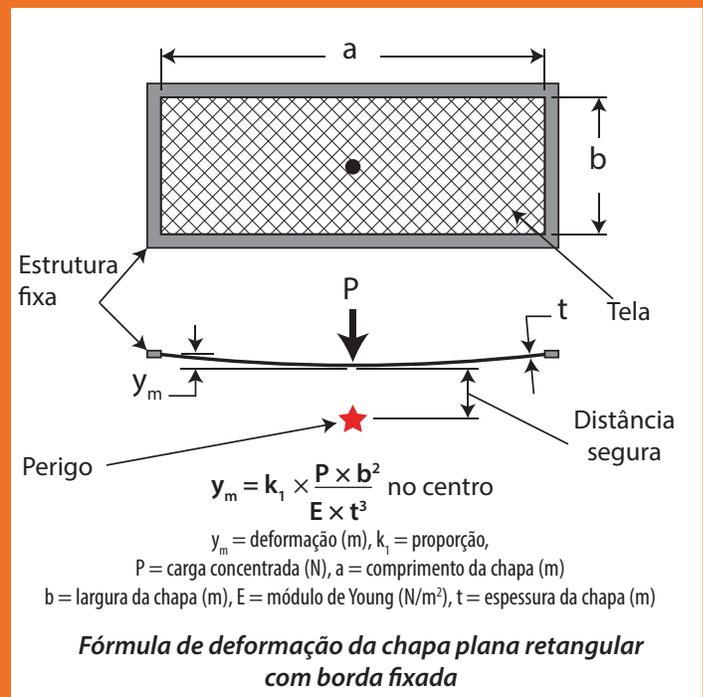


Figura 1.

	Proporção a/b						
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	$\geq 3,0$
Painel fixo em aço maciço k_1	0,061	0,071	0,076	0,078	0,079	0,079	0,079
Painel pendente em aço maciço k_1	0,127	0,138	0,162	0,170	0,177	0,180	0,185

De http://www.roytech.co.uk/Useful_Tables/Mechanics/Plates.html

Figura 2.

de 900 Newtons [$\approx 203 \text{ lb}_f$] e a uma carga horizontal simultânea de 220 Newtons [$\approx 49,5 \text{ lb}_f$], e ainda manter as distâncias de segurança necessárias.

Além disso, a cláusula 2.13.4.5 estabelece que, para aberturas de telas quadradas até, e incluindo, 10 milímetros [$\approx 0,4 \text{ pol.}$], a proteção deve ter pelo menos 25 milímetros [$\approx 1 \text{ pol.}$]; telas com aberturas até 30 x 65 milímetros [$\approx 1,18 \times 2,5 \text{ pol.}$] devem ser posicionadas a 200 milímetros [$\approx 7,87 \text{ pol.}$] de distância do perigo.

Essa norma acomodará a necessidade de evitar o contato ocasional e acidental com os riscos do transportador devido à necessidade de inspecionar os componentes do equipamento e a carga.

Uma proposta de padronização

A combinação de tipos de perigos, tamanho e localização do equipamento e os possíveis projetos de proteções para proteger contra qualquer perigo é algo que não pode

ser calculado e, invariavelmente, leva a divergências de opinião entre os operadores e inspetores governamentais.

Para simplificar a fabricação e estar de acordo com a intenção de proteger o trabalho com transportadores para o manuseio de materiais a granel, a melhor prática seria aplicar uma padronização ao setor de transportadores, limitando os tipos e tamanhos de telas e distâncias padrão em relação aos perigos. Em vez de usar nas máquinas as dimensões especificadas na Tabela O-10, o ideal seria adotar uma norma revista para proteções para transportadores, estabelecida para atender às necessidades e circunstâncias dos transportadores de correia.

A intenção aqui é fornecer uma abordagem de projeto simplificada para a resistência dos painéis de proteção, algo razoável, dado o objetivo de tentar evitar o contato acidental com um perigo sob as cargas indicadas nas normas. (**Figura 10.24.**)

Figura 10.24.

Tela de proteção padrão e distância de instalação sugeridas para aplicações de transportadores típicos.

Seleção de telas

Dimensões nominais da tela de proteção	Distância de instalação em relação ao perigo	Aplicações típicas
Tela de arame Fio de 12,7 x 12,7 x 2 mm [$\approx 1/2 \times 1/2 \times 0,08 \text{ pol.}$]	50 mm [$\approx 2 \text{ pol.}$]	Acoplamentos, acionamentos da correia e da corrente, área de proteção inferior a 0,5 m ² [$\approx 5,38 \text{ pés}^2$]
Metal expandido plano Calibre 13 12,7 x 12,7 x 2 mm [$\approx 1/2 \times 1/2 \times 1/25 \text{ pol.}$]	50 mm [$\approx 2 \text{ pol.}$]	Acoplamentos, acionamentos da correia e da corrente, área de proteção inferior a 0,5 m ² [$\approx 5,38 \text{ pés}^2$]
Tela de arame soldada 2 x 2 x 0,12 ou 0,16 pol. Fio de [$\approx 50 \times 50 \times 3 \text{ ou } 4 \text{ mm}$]	200 mm [$\approx 8 \text{ pol.}$]	Proteção de áreas em geral, proteções de barreira em roletes e polias, área de proteção inferior a 0,5 m ² [$\approx 5,38 \text{ pés}^2$]
Proteção em chapa metálica cortada a laser Calibre 11	200 mm [$\approx 8 \text{ pol.}$]	Painéis de proteção pendentes concebidos para remoção frequente, área de proteção inferior a 0,5 m ² [$\approx 5,38 \text{ pés}^2$]
Rede de tela Tela calibre 9 tamanho normal 2 x 2 pol. [fio de 4 mm, tamanho normal 50 x 50 mm]	500 mm [$\approx 20 \text{ pol.}$]	Proteções contra a queda de materiais até 200 mm [$\approx 8 \text{ pol.}$ em qualquer dimensão] menos a dimensão nominal do material a granel. Use fio calibre 6 para fragmentos maiores.

Essa proposta padronizaria as proteções construídas em cinco configurações diferentes: tela de arame com dois tamanhos de aberturas, tela de arame soldado com tela em tamanho maior, redes de tela e chapa metálica cortada a laser. Cada um desses materiais de telas seria instalado a uma distância padronizada específica do perigo, para proporcionar uma proteção eficaz e simplificar a construção e a conformidade.

Para isso, essas distâncias de montagem padronizadas em relação aos pontos de pressão do transportador podem exigir o uso de calços ou a construção da estrutura. Porém, a iniciativa valeria a pena, através da melhoria das práticas relativas às proteções, bem como através da padronização dos materiais usados e simplificação das inspeções e da aplicação dos regulamentos. Essa abordagem também seria aplicável à construção estrutural modular para padronização da instalação das proteções.

Como observado no quadro **Testes de resistência das proteções**, as proteções construídas com os materiais especificados serão suficientemente fortes para suportar a força aplicada por um trabalhador que acidentalmente vá de encontro ou caia sobre a proteção. Nenhuma medição com a régua "gotcha stick" ou programa padronizado para proteções pode impedir que uma proteção seja deliberadamente contornada. Quando instalada à distância especificada do perigo, as aberturas da proteção manterão o trabalhador a uma distância razoável dos riscos comuns a correias de transportadores para o manuseio de materiais a granel.

Projetos de estruturas para painéis de proteção de acordo com a "nova norma"

Os painéis de proteção podem ter projeto pendente ou fixo. Um painel de proteção pendente autônomo consiste em uma construção de tela e estrutura ou de chapa metálica, com montagem pendente usando pinos ou parafusos cativos.

Painéis de proteção pendentes são utilizados onde as proteções devem ser removidas ou abertas frequentemente. Um painel de proteção fixo é concebido para ser instalado em uma estrutura fixa e utiliza múltiplos pontos de fixação para resistir às forças às quais é submetido. Os painéis de proteção fixos são utilizadas onde o acesso é raramente necessário ou para reduzir a possibilidade de remoção não autorizada.

Painéis de proteção pendentes podem ser fabricados com chapas metálicas cortadas a laser ou telas instaladas em molduras.

A estrutura do painel pendente deve ser suficientemente sólida para resistir à deformação por flexão e manter o formato pretendido. Uma proteção articulada deve ser concebida como um painel pendente. Uma construção típica consiste em uma cantoneira ou moldura plana, com a tela soldada à estrutura em intervalos frequentes, por exemplo, a cada 50 milímetros [≈ 2 pol.].

Painéis de proteção pendentes requerem algum tipo de retenção para os pinos ou cativos, como pinos de engate, cadeados ou fixadores rosqueados. As aberturas para fixar o painel pendente ou moldura na estrutura frequentemente têm grandes dimensões, para facilitar a remoção e a recolocação e, portanto, muitas vezes são posicionados nos cantos do painel.

Uma moldura do painel de proteção fixo utilizando a mesma tela de um painel pendente pode ter uma constituição mais leve, pois a resistência à flexão é obtida pela fixação semipermanente da proteção na estrutura do equipamento. O material da tela é normalmente soldado na moldura, que é perfurada em intervalos regulares para receber fixadores rosqueados. A fixação semipermanente em uma subestrutura ajuda a direcionar as forças alinhadas à tela, reduzindo a tendência de flexão da moldura.

(Figura 10.25.)

Um dos materiais típicos para estruturas é a canaleta em U, que recobre as bordas

afiadas das chapas em metal expandido ou aço. Canaletas em U pré-formadas são disponibilizadas em centros de serviço de aço, que vendem itens em metal expandido e telas de arame. (Figura 10.26.)

As cargas aplicadas à tela de acordo com as normas são muito baixas para a maioria das seções transversais das estruturas. Fórmulas padrão de deformação de vigas e de momentos de inércia para formatos estruturais comuns podem ser usadas para projetar estruturas.

Sobre a utilização de redes de tela em proteções

Estruturas de painéis de proteção utilizando redes de tela são normalmente construídas com tubos, pois há grande variedade de fixações disponíveis para as telas. As redes de tela também podem ser facilmente adaptadas a outras estruturas.

A carga descrita nas normas diz respeito ao contato acidental de um trabalhador, e não

a acúmulo de derramamentos. Quando a rede de tela é usada para proteção contra derramamentos, as cargas potenciais devem ser consideradas na seleção do tamanho da tela, bem como as forças aplicadas ao método de fixação e à estrutura.

O uso das redes de tela é recomendado para redes contra a queda de materiais e para cercas para proteções de área. A rede de tela é diferente na medida em que o método de fixação na estrutura de tubos envolve esticar a tela e usar ripas e arames para fixação. Isso resulta em grandes variações na tensão da tela. O instituto Chain Link Manufacturers Institute não oferece nenhuma orientação sobre o uso de redes de tela para proteções além de sua abordagem padrão: limitar a carga aplicada, de modo que a resistência à ruptura de um único fio não seja excedida. Para o fio calibre 9, a força de ruptura necessária para a rede de tela é especificada como 1.290 libras força [≈ 5.740 N], conforme o manual *Chain Link Fence Manufacturers Institute*

Figura 10.25.

Materiais recomendados para proteções com estruturas pendentes em transportadores de correia.

Materiais recomendados para proteções com estruturas pendentes em transportadores de correia

Maior dimensão da proteção	Material para estrutura pendente típica, especificações mínimas
≤ 1 m [≈ 3 pés]	Chapa de aço de 38 mm x 5 mm [$\approx 1\frac{1}{2}$ x $\frac{3}{16}$ pol.], chapa metálica calibre 10 [≈ 3 mm] ou cantoneira de 38 x 38 x 3 mm [$\approx 1\frac{1}{2}$ x $1\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{8}$ pol.].
≥ 1 m [≈ 3 pés]	Chapa de aço de 50 mm x 6 mm [≈ 2 x $\frac{1}{4}$ pol.], chapa metálica de 5 mm [$\approx \frac{3}{16}$ pol.], cantoneira de 50 x 50 x 6 mm [≈ 2 x 2 x $\frac{1}{4}$ pol.] ou tubo série 40 de 2 polegadas [≈ 50 mm].

Figura 10.26.

Materiais recomendados correia para proteções fixas em transportadores de correia.

Materiais recomendados para proteções fixas para transportadores de correia para proteções fixas em

Maior dimensão da proteção	Material para estrutura fixa típica, especificações mínimas
≤ 1 m [≈ 3 pés]	Canaleta plana em U de 25 mm [≈ 1 pol.], chapa de 25 mm x 3 mm [≈ 1 pol. x $\frac{1}{8}$ pol.] ou chapa metálica calibre 10 [≈ 3 mm].
≥ 1 m [≈ 3 pés]	Chapa de 38 x 6 mm [$\approx 1,5$ pol. x $\frac{1}{4}$ pol.], cantoneira de 38 x 38 x 5 mm [$\approx 1\frac{1}{2}$ x $1\frac{1}{2}$ x $\frac{3}{16}$ pol.] ou tubo série 40 de 2 polegadas [≈ 50 mm].

Product Manual CLF-PM0610. Esse valor é significativamente menor do que a carga utilizada nos projetos de proteções, mas deve ser considerado quando a rede de tela for usada para capturar e reter derramamentos.

Uma nova era para as proteções

Como observado no *guia MSHA's Guide to Equipment Guarding*, várias novas tecnologias demonstram ser promissoras como sistemas de proteção avançados; elas incluem:

Sensores de proximidade

Sensores de proximidade demonstraram sua eficácia na redução de acidentes em minas subterrâneas, especialmente onde problemas de visibilidade e ruídos reduzem a capacidade de reação do operador do equipamento a outros trabalhadores da área. O NIOSH está desenvolvendo atualmente a tecnologia que trabalhará em conjunto com proteções interligadas para dificultar que as travas das proteções sejam contornadas ou que as proteções sejam fechadas quando ainda houver trabalhadores em uma área de risco.

(Consulte o Capítulo 4 Botões e sensores.)

Cortinas de luz

Esses dispositivos são sensores fotoelétricos que projetam feixes de luz infravermelha entre um transmissor e um receptor. Sempre que a transmissão é interrompida, por um trabalhador estendendo a mão em direção a uma zona de risco, por exemplo, o dispositivo interromperá o movimento e/ou a alimentação do equipamento perigoso. As cortinas de luz podem proteger a equipe contra lesões e podem ser utilizadas como uma alternativa às barreiras mecânicas e a outras formas de proteções tradicionais para máquinas.

Tapetes sensíveis à pressão

Esses sistemas são conectados ao controle de alimentação da máquina e desligam o sistema quando o peso de derramamentos excessivos ou de um trabalhador é

detectado sobre o tapete. Esses tapetes mecânicos com detecção de pressão abrem contatos elétricos para parar um motor quando o acúmulo de material indica uma perturbação da produção ou quando alguém pisa sobre o tapete ou se aproximar de uma área de risco.

Sistemas de travamento avançados

Sistemas de travamento agora são oferecidos com várias zonas ou camadas de proteção. Vários contatos ou zonas podem ser usados para acionar um alarme de aviso de entrada em uma área e, então, o sistema é desligado se a pessoa continuar a avançar após o aviso e se aproximar demasiadamente de um perigo.

Embora as novas tecnologias possam ser adequadas a algumas situações, há armadilhas que devem ser consideradas em sistemas que utilizam esses sistemas de proteção alternativos. O *guia MSHA's Guide to Equipment Guarding* sugere que os questionamentos a seguir sejam respondidos:

- O sistema reage rapidamente e a uma distância suficiente para evitar o contato com as peças móveis antes que seu movimento seja interrompido?
- O sistema é redundante?
- Ele pode ser contornado, como uma pessoa se abaixando para passar sob um feixe de laser?
- Testes regulares e frequentes são realizados?
- O sistema é à prova de falhas?

O futuro: como serão as proteções para transportadores

A crescente sofisticação dos controles e sistemas computadorizados das fábricas pode exigir métodos melhores para gerenciar a segurança da fábrica, incluindo a segurança do transportador. Conforme novos sistemas de transportadores são desenvolvidos e mais funcionários com experiência em tecnologia

ingressam no local de trabalho, estilos atualizados de proteções podem se tornar mais comuns.

Em um artigo de 2004, "Safeguarding: Future Trends in Machine Safeguarding", disponível em *ehstoday.com*, Joseph Lazzara apresentou algumas reflexões sobre o futuro das proteções. Sua lista incluiu as tendências mostradas a seguir; a discussão após cada ponto representa os pensamentos do autor sobre os sistemas de transportadores.

Tendência: mobilidade da mão de obra

Não é incomum que trabalhadores em diversos setores sejam transferidos entre operações em vários países. A tendência é particularmente comum com equipes técnicas e de gestão, que muitas vezes têm experiências que entram em conflito com as práticas locais. Em seu setor, trabalhadores de fábricas também se deslocam de um país para outro. A segurança seria reforçada por normas mundiais de segurança.

Tendência: globalização das normas

O ritmo da tendência de globalização e o rápido desenvolvimento das normas internacionais para a segurança no trabalho com máquinas, incluindo transportadores, vai continuar ou mesmo acelerar. Atualmente, os Estados Unidos estão atrasando, alguns diriam, até mesmo, combatendo, a tendência de harmonização mundial das normas. Em muitos casos, as normas europeias servem como modelo para os órgãos internacionais de padronização, como a International Electrotechnical Commission (IEC). Em outros casos, as normas australianas são vistas como as mais rigorosas e, assim, representam os mais elevados marcos, que deveriam ser adotados por todas as jurisdições.

Tendência: integração antecipada da segurança no ciclo de projeto do transportador

Acabou-se o tempo em que era suficiente apenas adicionar algumas proteções ao transportador na etapa final do projeto. Os riscos e os custos das lesões e o aumento da pressão regulatória exigem a integração da segurança nas etapas iniciais do ciclo de projeto da máquina.

Certamente, os riscos e as considerações de segurança devem ser, e são, avaliados e atenuados no início do ciclo de projeto da máquina, por meio do uso do conceito de "Prevenção no design". Com essa tendência, a segurança torna-se uma consideração cada vez mais importante na sequência do projeto de um transportador. (**Consulte o Capítulo 31 Projeto e construção de transportadores mais seguros.**)

É importante observar que proteções eficazes incorporadas na fase de concepção de uma máquina serão menos dispendiosas. Modificações após uma máquina ser introduzida podem ser tecnicamente complicadas ou mesmo inviáveis; certamente serão mais caras.

A integração da segurança e das proteções no design dos equipamentos também oferece outros benefícios. Enfatizar a segurança no processo do projeto aprimora a acessibilidade, bem como melhora a estética da máquina, o que proporciona modelos mais simples, com manutenção melhorada.

Tendência: sistemas de segurança mais inteligentes

A tendência de dispositivos de segurança mais inteligentes é um componente natural da evolução das proteções para transportadores. Conforme novas tecnologias são desenvolvidas e alternativas para proteger os trabalhadores são disponibilizadas, sua utilização pode garantir um nível de proteção que supera as proteções convencionais.

Tendência: análises de riscos/ processos de redução de riscos mais formais

A próxima tendência envolve o uso de programas de análise de riscos e redução de riscos mais formais. O desempenho de um programa de análise de risco formalizado ajudará a garantir que os transportadores de correia e outras máquinas sejam projetados, operados e mantidos considerando a segurança e a integridade da máquina nos estágio inicial do desenvolvimento da máquina. Isso também orientará a aplicação das proteções nos pontos adequados desses equipamentos.

MELHORES PRÁTICAS

Projeto e construção de proteções para transportadores de correia:

1. As proteções não devem ser projetadas para que seja possível subir ou andar sobre elas. Nesse caso, construa as proteções como se fossem superfícies de passagem/trabalho (grades) ou forneça uma passarela.
2. Proteções articuladas devem necessitar de menos de 75 Newtons [$\approx 16,9$ lb_f] de força para abrir ou fechar, e as dobradiças e travas devem ser resistentes à corrosão e sujeira.
3. Para permitir a inspeção, a área aberta na tela deve ser de 50% ou mais.
4. Painéis de proteção fixos devem ter projeto com fixações a cada 200 milímetros [≈ 8 pol.]
5. Painéis de proteção pendentes devem ser projetados com um mínimo de quatro pontos de fixação, preferencialmente nos cantos.
6. Painéis de proteção que pendem livremente sobre uma estrutura e que são projetados para remoção frequente devem pesar menos de 23 kg [≈ 50 lb].
7. Proteções de tela de 50 x 50 milímetros [≈ 2 x 2 pol.] não devem ficar a menos de 200 milímetros [≈ 8 pol.] do perigo que deve ser protegido.
8. Painéis de proteção devem ter alças. Painéis de proteção com mais de 23 quilos (≈ 50 lb) devem ter pontos de elevação para uso com equipamentos de elevação mecânica.
9. Painéis de proteção de tela ou de metal expandido com 12,7 x 12,7 milímetros [$\approx 1/2$ x $1/2$ pol.] não devem ficar a menos de 50 milímetros [≈ 2 pol.] do perigo que deve ser protegido.
10. Os fixadores devem contar com método próprio de retenção ou cordões, para que não sejam perdidos quando as proteções são removidos. É necessário utilizar uma ferramenta para a remoção de qualquer proteção.
11. As cantoneiras da estrutura devem ter um raio, e todas as bordas afiadas da estrutura da correia e/ou de tela devem ser removidas.
12. Onde existem aberturas no painel de proteção (por exemplo, para acesso para lubrificação), elas devem ter bordas com material adequado para eliminar bordas afiadas.
13. Os painéis de proteção que não forem construídos como descrito nesta seção devem ser testados quanto à deformação antes da instalação, para garantir que uma distância segura do perigo seja mantida.
14. Proteções que utilizem travas elétricas ou tecnologia de detecção remota sem contato, como etiquetas RFID, devem ser testadas quanto à interferência de outros sinais elétricos. Proteções equipadas com esse tipo de tecnologia devem ser testadas mensalmente; um registro dos testes deve ser mantido.

CONCLUSÕES

Otimismo protegido

Proteções adequadas para transportadores podem garantir uma operação segura sempre e dar confiança à equipe de operação e manutenção, que devem trabalhar com esses sistemas. Proteções devidamente projetadas, instaladas e mantidas ajudam a aumentar a capacidade de produção da máquina.

A eliminação de riscos mecânicos, fornecendo proteções eficazes, é um ganho positivo para os transportadores de correia, em particular, e para as operações das fábricas, em geral.

É evidente que a tendência na regulamentação e na aplicação das normas é aumentar o número de locais no transportador que exigem proteções, com muitas empresas internacionais se posicionando a favor de proteger todo o transportador. Um projetista inovador deve considerar projetos de transportadores modulares que podem ser completamente protegidos com painéis padronizados e modulares. ⚠





Capítulo 11 O mito da “proteção devido à localização”

INTRODUÇÃO	165
Perigos suspensos	166
REGULAMENTOS E NORMAS.....	167
Os problemas da "proteção devido à localização".....	169
MELHORES PRÁTICAS	170
CONCLUSÕES	170

INTRODUÇÃO

Na área da segurança industrial, o conceito de "proteção devido à localização" define que um perigo posicionado a uma determinada distância, de maneira que fique fora do alcance do trabalhador é considerado "seguro", e, assim, o perigo não precisa contar com uma proteção. (**Figura 11.1.**)

Essa expressão é usada em debates sobre os componentes do transportador, ou sobre outros tipos de peças móveis de máquinas, que, quando posicionados próximos ao trabalhador, ao local de trabalho ou à passagem, representam um risco.

Na série de documentos on-line Small Business Safety and Health Management Series, *Safeguarding Equipment and Protecting Workers from Amputations* (OSHA 3170-2001), a OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional), dos Estados Unidos, define "proteção devido à localização" como:

o posicionamento ou a concepção de uma máquina de maneira que a peças perigosas fiquem longe das áreas onde os funcionários trabalham ou por onde passam ou, alternativamente, a instalação de muros para compartimentação ou cercas que restrinjam o acesso às máquinas.

Perigos suspensos

A "proteção devido à localização" cria o que pode ser considerado como uma exceção aos requisitos gerais de proteção contra riscos no local de trabalho.

A norma *The American Society of Mechanical Engineers (ASME) B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment* observa, na seção 5.9.2(a), que "o isolamento contra a presença frequente de funcionários ou de outras pessoas constitui proteção devido à localização".

Em sua seção de definições, a Norma de Segurança da ASME (American Society of Mechanical Engineers, Sociedade Norte-americana de Engenheiros Mecânicos) explica o conceito de "proteção devido à localização":

... descreve as peças móveis que estão protegidas devido ao seu afastamento do chão, plataforma, passarela ou outro local de trabalho ou que, por sua localização em relação ao quadro, base ou estrutura, elimina o risco previsível de contato acidental de pessoas ou objetos. O isolamento contra a presença regular ou frequente de funcionários ou de outras pessoas pode, sob circunstâncias normais, constituir proteção devido à localização. Pontos e áreas de perigo desprotegidos, que não possam ser acessados pela equipe operacional durante o desempenho normal de suas funções, serão considerados protegidos devido à localização.

Em sua seção 2.13.1 Proteções: geral, a norma *AS/NZS 4024.3610 Safety of Machinery – Conveyors – General requirements*, da Austrália/ Nova Zelândia, utiliza praticamente as mesmas palavras usadas pela ASME para descrever o que designa como "proteção devido à localização ou posição".

Existem muitas áreas de perigoso que ficam fora do alcance normal do trabalhador durante o trabalho ou deslocamento sob ou próximo a transportadores aéreos. (**Figura 11.2.**)

Frequentemente, esses riscos são incluídos na exceção da "proteção devido à localização"; muitas vezes, eles consistem em pontos de pressão em movimento, localizados entre a correia e os rolos de retorno ou componentes de acionamento, como eixos de polias, acoplamentos, correias de acionamento, engrenagens e correntes.



Figura 11.1.

O termo "proteção devido à localização" é usado para indicar componentes que representariam um risco caso estivessem posicionados mais próximos ao trabalhador, ao local de trabalho ou à passagem.



Figura 11.2.

"Proteção devido à localização" significa que um perigo está fora do alcance de um trabalhador durante o trabalho sob ou nas proximidades de transportadores aéreos.

REGULAMENTOS E NORMAS

Em geral, os regulamentos indicam uma distância específica a partir da qual um perigo pode ser considerado "protegido devido à localização", eliminando a necessidade do uso de grades de proteção convencionais. Os regulamentos de algumas jurisdições especificam que um risco está a pelo menos 2,1 metros [≈7 pés] da superfície de trabalho ou passagem; outros regulamentos têm distâncias de teste maiores.



Austrália

A norma *AS/NZS 4024.3610* discute a proteção devido à localização na seção 2.13.1 Proteções - geral. Nessa seção, fica estabelecido que a "proteção devido à localização ou posição" descreve locais que estão automaticamente protegidos devido à sua distância do piso, plataforma, passagem ou área de trabalho.

No item 2.13.2.2, a norma observa que todos os pontos de cisalhamento e pressão acessíveis que apresentem riscos devem ser protegidos. A explicação específica que qualquer ponto de pressão ou cisalhamento é considerado **acessível** se estiver localizado a menos de 2,7 metros [≈9 pés] acima de qualquer piso, plataforma, mercadoria ou material. [Grifo nosso - ed.]

Para aplicações de manuseio de materiais a granel, a norma *AS/NZS 4024.3610* faz referência à norma *AS/NZS 4024.3611*, que detalha os locais que devem ser protegidos, **a menos** que eles já estejam protegidos devido à sua localização. [Grifo nosso - ed.]



Brasil

De acordo com a norma brasileira *NR-12* (Seção 12.85.1), a distância mínima dispensada das exigências de proteção é de 2,70 metros [≈9 pés], "desde que não haja circulação nem permanência de pessoas nas zonas de perigo".



Canadá

A norma *Standard Z432 (R2014) Safeguarding of machinery*, da CSA (Canadian Standards Association, Associação Canadense de Normas), especifica, no anexo C.1:

Se houver baixo risco na zona de perigo, então a altura da zona de perigo deve ter 2.500 mm [≈99 pol.] ou mais. Se houver alto risco na zona de perigo, então

- (a) ou a altura da zona de perigo deve ser de 2.700 mm [≈9 pés] ou mais; ou
- (b) outras medidas de segurança devem ser aplicadas.

[O Anexo não é uma parte obrigatória da norma, "mas é escrita em caráter de obrigatoriedade para acomodar sua adoção por todos que pretendam fazê-lo". – ed.]

Sem fazer referência ao conceito de "proteção devido à localização", a recomendação da publicação *A User's Guide to Conveyor Safety, do IRSST (l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail): Proteção das zonas de perigo* é a proteção que deve ser fornecida se um "perigo estiver a uma distância inferior a 2,5 m [≈99 pol.] do piso ou da plataforma de trabalho". Em seguida, a publicação apresenta a nota de rodapé: "As especificações da norma Regulation Respecting Occupational Health and Safety [que abrange Quebec] é de 2,1 m [≈7 pés]; porém, as normas internacionais especificam 2,5 m [≈ 99 pol.]".

A província de Alberta vai além, pois a publicação *Best Practices on Conveyor Safety*, da Work Safe Alberta (Trabalho Seguro em Alberta), uma iniciativa do governo local, especifica que medidas preventivas devem ser implementadas quando o perigo do transportador estiver a uma distância de "2.700 mm [≈9 pés] ou menos do piso ou plataforma de trabalho".



Europa

As normas europeias *DIN EN 620 Continuous handling equipment and systems – Safety e EMC requirements for fixed belt conveyors for bulk materials* especificam, no item 5.1.6.2, que "quando a altura livre sob as peças móveis for inferior a 2,5 m [≈99 pol.], as peças móveis devem contar com proteções fechadas e fixas".

A norma continua: "Onde houver passarelas sob o transportador para fins de inspeção, limpeza e manutenção a altura livre será de, no mínimo, 2,0 m [≈79 pol.]".

Essas indicações de distância são reforçadas na norma *BS EN ISO 13857:2008 Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*. Na seção 4.2.1.2, ela especifica: "Se houver baixo risco na zona de perigo, então a altura da zona de perigo deve ser de 2.500 mm [≈ 8,25 pés] ou mais". Na seção 4.2.1.3 seguinte, o texto continua: "Se houver risco elevado (consulte 4.12) na zona de perigo, então a altura da zona de perigo deve ser de 2.700 mm [≈ 9 pés] ou mais".



África do Sul

A edição de 2016 da Diretriz *Safety Around Belt Conveyors* da Conveyor Manufacturers Association of South Africa Limited (Associação Sul-africana de Fabricantes de Transportadores Limitada) oferece a seguinte contribuição:

Qualquer polia ou rolete que esteja a 3,5 metros [≈11,5 pés] ou mais de altura e, portanto, fora do alcance no sentido vertical, pode ter sua posição considerada segura e não precisa ser protegido.

Entretanto, a possível redução dessa distância segura devido a um acúmulo de derramamento ou descarga de material deve ser levada em conta.



Estados Unidos

Os regulamentos da MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração), através da norma 30 C.F.R., seções 56/57.14107, especificam que "proteções não serão exigidas quando as peças móveis expostas estiverem a, pelo menos, 7 pés [≈2,1 m] de distância de superfícies de passagem ou trabalho".

A norma *ASME B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment* também observa, na seção 5.9.2 Proteção devido à localização ou posição (c):

Quando um transportador passa sobre uma passarela, via ou estação de trabalho, ele será considerado protegido devido à localização se todas as peças móveis estiverem a pelo menos 2,44 m (8 pés) de distância do piso ou superfície de circulação ou se estiverem localizadas de maneira que os funcionários não possam entrar em contato com as perigosas peças móveis inadvertidamente.

A *ASME B20.1-2015* também observa, no item 5.10 Altura livre (a):

Caso um transportador seja instalado acima de acessos à saída, passagens ou corredores, haverá um espaço livre mínimo de 2 m (6 pés e 8 pol.), medido verticalmente entre o piso ou superfície de circulação e a parte mais baixa do transportador ou das proteções.

Nos regulamentos específicos para terminais marítimos, apresentados na norma *29 CFR 1917.151(b)(1)*, a OSHA observa:

... peças giratórias, como engrenagens e polias, localizadas à distância de sete pés (2,13 m) ou menos acima das superfícies de trabalho, devem receber proteção para evitar o contato do funcionário com as peças móveis.

Em seus regulamentos sobre sistemas mecânicos de transmissão de força, norma 29 CFR 1910.219 (d)(1), a OSHA estabelece as seguintes exigências:

... polias, e qualquer de suas partes, que estejam à distância de sete (7) pés [≈2,1 m] ou menos do piso ou plataforma de trabalho, devem contar com proteção em conformidade com as normas especificadas nos parágrafos (m) e (o) desta seção.

[Os parágrafos (m) e (o) apresentam as exigências gerais para proteções normais; isto é, (m)(1)(i) "... metal expandido, chapa metálica perfurada ou lisa, tela de arame com a moldura da estrutura em ferro ou tubo de ferro firmemente fixado no chão ou na estrutura da máquina" e (m)(ii) "... livre de rebarbas e bordas afiadas". - ed.]

Os problemas da "proteção devido à localização"

O problema óbvio para os projetistas é: quais são as normas aplicáveis? Muitas vezes, o equipamento é fabricado em um país, fornecido e instalado em outro país e, então, revendido como equipamento usado para

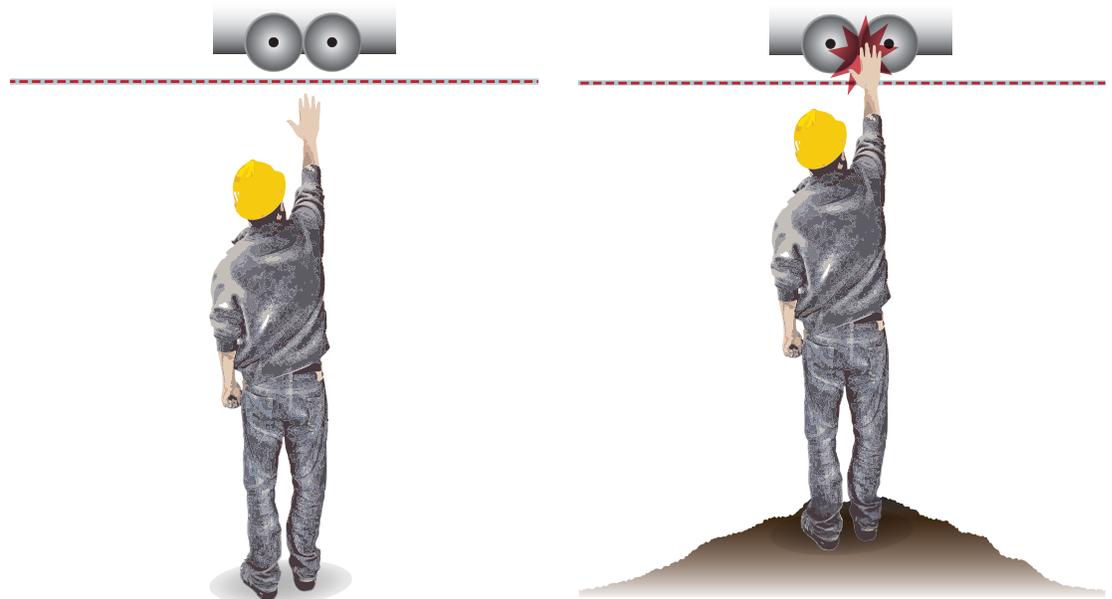
um terceiro país. A variação entre 2,1 e 3,5 metros [≈7,0 e 11,5 pés] é muito grande para permitir uma possível conformidade em nível mundial. Simplesmente satisfazer ao padrão mínimo pode significar que uma especificação não elimina um risco. Para os projetistas que têm consciência de sua responsabilidade, a distância de segurança de 3,5 metros [≈11,5 pés] é a escolha óbvia. Porém, essa escolha pode representar custos que o proprietário que compra pelo menor preço não vai pagar. Essa questão aponta para a necessidade da definição de normas mundiais de segurança no trabalho com transportadores.

Os problemas que permitem, ou mesmo incentivam, os comportamentos de risco ao trabalhar com transportadores, geralmente, a fim de manter a produção ou evitar danos ao equipamento, normalmente não são invalidados devido à localização ou posição.

A maioria dos regulamentos não considera o acúmulo potencial de derramamentos ou de material de retorno, o que pode facilmente alterar a distância entre a superfície de trabalho e o perigo. (**Figura 11.3.**) É prática comum em muitas situações de manutenção criar pilhas de material ou encher silos intencionalmente para ter acesso e realizar

Figura 11.3.

Em fábricas onde materiais a granel são manuseados, o acúmulo de materiais fugitivos (como mostrado à direita) pode aproximar os trabalhadores de perigos antes considerados protegidos devido à localização, reduzindo a distância em relação ao risco potencial, criando, assim, um perigo que não conta com uma proteção.



trabalhos de manutenção ou inspeção. O uso de ferramentas para ampliar o alcance do trabalhador com o objetivo de limpar os roletes de retorno durante o funcionamento da correia é uma ação comum, embora perigosa, que contribui para acidentes graves e, possivelmente, fatais. As correias de acionamento e correntes podem estar protegidas devido à localização durante seu funcionamento, mas perdem a proteção devido à localização em caso de rompimento e projetadas por um acionamento ou componente de acionamento ainda em rotação. Um transportador pode ser "operado passo a passo" ou mesmo ser colocado em funcionamento a toda a velocidade para inspeções e para verificações de reparos ou ajustes.

Atividades de manutenção podem envolver elevadores ou escadas, o que coloca o trabalhador muito próximo a perigos que, supostamente, estariam protegidos devido à sua localização. Nesse caso, a regra da distância de segurança não protege o trabalhador adequadamente contra um possível contato acidental. Componentes normalmente considerados protegidos devido à localização apresentam riscos para os trabalhadores que realizam a manutenção, porque, embora o acionamento do transportador submetido ao serviço esteja bloqueado, esses componentes podem não estar.

A exceção da "proteção devido à localização" não aborda esses riscos. Consequentemente, devemos observar que essas regras de "proteção devido à localização" são ineficazes como medidas de segurança, especialmente no que diz respeito aos transportadores de correia.

MELHORES PRÁTICAS

Apesar de sua aceitação em vários regulamentos, a prática de considerar alguns componentes móveis dos transportadores "protegidos", exclusivamente devido a uma distância mínima específica entre a instalação e o trabalhador, está ultrapassada como conceito e sua aplicação é ineficaz. Essa prática deve ser abandonada.

- Aplique proteções a todos os pontos de pressão, pontos de cisalhamento e componentes móveis ou giratórios, independentemente da localização ou acesso.

CONCLUSÕES

Acabe com este mito

Apesar de sua aceitação quase em nível mundial como um conceito de segurança industrial, a prática da "proteção devido à localização" continua a ser um problema para aplicações que envolvem transportadores aéreos. Na melhor das hipóteses, o conceito oferece um padrão vago, sujeito a interpretações e circunstâncias variáveis; na pior das hipóteses, ele perpetua condições perigosas, que põem os trabalhadores em risco.

É hora de aceitar que, no que diz respeito a transportadores, a "proteção devido à localização" é um mito, e, como tal, é um conceito que deve ser abandonado para tornar os transportadores mais seguros e proteger aqueles que trabalham próximos a eles. ⚠



Capítulo 12 Proteções dos roletes de retorno

INTRODUÇÃO	171
Proteção na parte inferior do transportador	172
Proteções dos pontos de pressão	172
Instalação das proteções dos roletes	178
REGULAMENTOS E NORMAS.....	179
MELHORES PRÁTICAS	180
CONCLUSÕES.....	180

INTRODUÇÃO

Um dos tipos de proteção entre aquelas comumente exigidas em transportadores de correia são as proteções instaladas nos roletes de retorno ou próximas a eles. (Figura 12.1.)

Roletes de retorno que possam ser tocados pelos trabalhadores são particularmente perigosos, pois eles criam pontos de pressão em movimento ao longo de toda a largura da correia, que podem puxar e prender os funcionários. Como os roletes de retorno geralmente ficam expostos ao contato quando os trabalhadores passam sob o transportador, ou executam serviços de limpeza próximos a ele, a presença de proteções nos roletes de retorno é uma exigência comum. Os roletes de retorno também são perigosos porque apresentam o risco de queda do componente em caso de quebra do suporte. Instalados sob a correia de retorno, eles não são visualizados com facilidade, pois, muitas vezes, os trabalhadores estão de joelhos, e acabam não sendo inspecionados.

Figura 12.1.

Proteções são comumente instaladas nos roletes de retorno de transportadores de correia para reduzir o risco de ferimentos.



Os roletes de retorno também devem ser protegidos por estarem em contato com o lado "sujo" da correia. Por esse motivo, eles estão particularmente sujeitos ao acúmulo de material fugitivo. O material pode ficar depositado no próprio rolete e sobre o chão (ou outras superfícies) abaixo do rolete, como resultado do efeito de raspagem da correia, que desliza sobre o rolete. É provável que esses acúmulos de material chamem a atenção dos trabalhadores que executarão tarefas de limpeza no transportador ou próximo a ele. No decorrer da execução da limpeza, esses trabalhadores correm o risco de entrar em contato com pontos de pressão em movimento. (Figura 12.2.)

[Esta seção trata de roletes de retorno com rolete simples (plano); porém, transportadores de correia às vezes contam com roletes de retorno em V. Roletes de retorno em V requerem uma proteção para o ponto de pressão que corresponda aos contornos dos roletes em V; grades de proteção podem ser utilizadas universalmente. - ed.]

Na opinião dos autores, todos os pontos de pressão em movimento representam um grave risco que deve ser protegido com proteções laterais fixas. Uma norma deve ser aplicada para evitar que todos os pontos de pressão sejam alcançados, por meio de uma combinação de requisitos de distância, para impedir que a proteção seja contornada, e barreiras, para que os trabalhadores não passem sob ou sobre o transportador.

Proteção na parte inferior do transportador

Uma solução é ocultar completamente os roletes na parte inferior da correia usando uma barreira contínua (deque, teto ou painel de proteção). Proteções como essas são particularmente eficazes quando há a passagem de pessoas sob os transportadores de correia.

Essa proteção pode ser sólida, como uma parede ou deque, ou conter aberturas, como

uma cerca. (Figura 12.3.) Se houver aberturas, o devido cuidado deve ser tomado para garantir que sejam mantidos o tamanho e a distância adequados entre as aberturas, a fim de evitar contatos perigosos. Entretanto, também deve ser tomado o devido cuidado para que as aberturas sejam suficientemente grandes e permitam que as partículas de material fugitivo caiam, de forma que o material não fique acumulado e chegue a impedir a rotação do rolete. Se a barreira for mais sólida, deve ser fornecido algum método para a remoção segura do material fugitivo.

Além disso, é preciso ter cuidado com a passagem de fragmentos de grandes dimensões, que podem apresentar o risco de queda de materiais. As aberturas da proteção devem ser suficientemente grandes para permitir a queda do material fugitivo. No entanto, a tela não deve ser tão grande que permita a queda dos fragmentos e crie o risco de ferimentos.

Proteções dos pontos de pressão

As proteções dos roletes de retorno normalmente são projetadas como proteções dos pontos de esmagamento, evitando o contato do trabalhador com um ponto de

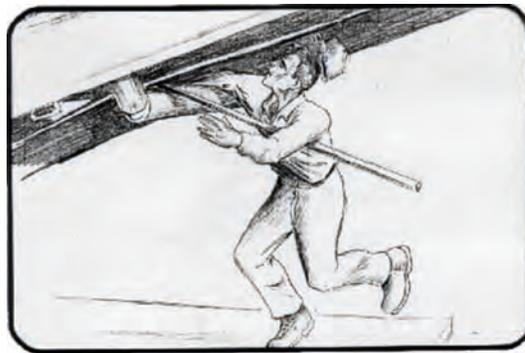


Figura 12.2.

Ao executar trabalhos de limpeza próximo a roletes de retorno sem proteção em um transportador em funcionamento, os trabalhadores podem ser feridos entrando em contato com os pontos de pressão em movimento. Arte gentilmente cedida pela MSHA dos EUA.



Figura 12.3.

Uma grade de proteção contínua pode ser usada para isolar uma longa fileira de roletes de retorno e proteger os trabalhadores.

Figura 12.4.

Um ponto de pressão em movimento com espaço suficiente para permitir que o membro de um trabalhador fique preso deve ser protegido.



pressão em movimento. (Figura 12.4.) A compressão por um ponto de pressão é um dos principais riscos que levam a acidentes fatais durante a realização de tarefas de manutenção ou limpeza nas proximidades dos transportadores de correia.

A proteção deve ser instalada próxima à correia para isolar o ponto de pressão entre o rolete e a correia. Ela deve ultrapassar as extremidades do

rolete para proteger adicionalmente os pontos de pressão existentes. Assim, as extremidades do rolete devem ficar cobertas, a fim de proteger o contra contato acidental com esses pontos.

O projeto e a instalação da proteção a mantém próxima à parte dianteira (onde há movimento) do rolete. Isso reduz a possibilidade de que uma ferramenta ou uma parte do corpo de um trabalhador fique presa no rolete.

As proteções dos roletes de retorno não precisam isolar completamente o rolete, embora devam ser projetadas para afastar os membros ou ferramentas de um trabalhador do ponto de esmagamento, e não permitir que itens sejam puxados em direção à pressão.

Existem dois tipos de proteções com essas características: um consiste em uma cerca ou grade, que age como um defletor no lado onde

Ferimentos ocasionados por rolete de retorno sem proteção resultam em multa de USD\$ 60.000 da MSHA para pedreira dos EUA

Nos Estados Unidos, uma lesão resultante da ausência de uma proteção adequada em um rolete de retorno custa a uma pedreira uma multa no valor de USD\$ 60.000 da Mine Safety and Health Administration (MSHA).

A Mainline Rock and Ballast, Inc.'s Torrance Quarry do Novo México recebeu a multa após um acidente em 2009, em que um trabalhador sofreu lesões quase fatais ao ficar preso entre a correia e o rolete. O trabalhador estava ajoelhado para limpar sob o transportador, este posicionado 33 polegadas [≈838 mm] acima do chão. Ele foi ferido quando um rolete de retorno prendeu a pá e o puxou em direção ao rolete sem proteção.

O trabalhador passou dois meses e meio no hospital, se recuperando de graves lesões internas que exigiram uma traqueostomia e cirurgias na bacia, pâncreas, quadril e baço. Ele sofreu danos permanentes nos rins e também quebrou o braço, a clavícula e todas as costelas.

A multa foi cobrada pela MSHA pela violação da norma 30 CFR, seção 56.14107(a), o padrão de segurança obrigatório que exige que peças móveis de máquinas sejam protegidas para impedir que os mineiros entrem em contato com elas.

A multa foi aplicada pela MSHA apesar da alegação da pedreira de que o rolete estava protegido devido à sua localização e que não havia como ter acesso sem, intencionalmente, passar sob o transportador. Em uma apelação, a empresa ainda argumentou que a norma não abrange ações intencionais, defendendo que o contato não havia sido acidental, pois o trabalhador ficou sob o transportador para desalojar rochas e limpar usando a pá, como parte de suas atividades regulares.

As conclusões e a multa foram confirmadas por um juiz de direito administrativo e, após apelação, foram ambas mantidas em uma decisão de 2012 do Tribunal de Apelações dos EUA para o Décimo Circuito. (Consulte Mainline Rock & Ballast, Inc. v. Secretary of Labor, 693 F.3d 1181, 10th Circuit 2012.)

Em resumo, a incapacidade de reconhecer e proteger o risco criado por um rolete de retorno acessível resultou em consequências onerosas para o trabalhador e para o empregador.

Então, para o funcionário, o importante é adicionar a segurança à sua rotina. E este é o nosso lema: **Production Done Safely™** (Produção com segurança).

há o movimento do rolete (**Figura 12.5.**); o outro é um cesto ou gaiola ao redor de todo o rolete. (**Figura 12.6.**)

Proteções defletoras

Uma prática comum para proteger os pontos de pressão dos roletes é usar uma placa curva, em metal ou plástico, fixada no suporte do rolete para criar uma proteção do tipo defletora. (**Figura 12.7.**)

Uma proteção do tipo defletora para o ponto de pressão do rolete de retorno consiste, basicamente, em uma obstrução ao longo da largura do rolete. Esse dispositivo serve como um defletor para evitar o acesso ao ponto de pressão ou como uma rampa para direcionar ferramentas ou membros a fim de que passem sobre o rolete, evitando, assim, que eles sejam puxados. (**Figura 12.8.**) Essa proteção é instalada bem próxima à correia e ao rolete, impedindo que qualquer objeto ultrapasse os defletores.

A limpeza regular dos defletores deve ser considerada, a fim de evitar o acúmulo de material sobre as superfícies inclinadas.

Proteções curvas para roletes de retorno fabricadas em plástico não são eficazes em impedir que um trabalhador seja puxado em direção ao ponto de pressão; também é possível que as proteções para roletes fabricadas com placas metálicas curvas sejam dobradas, possibilitando que uma pessoa seja puxada. Os autores desta publicação acreditam que, como podem ser dobradas, as proteções curvas para pontos de pressão fabricadas em plástico ou chapas metálicas não são suficientes para impedir que pessoas sejam puxadas em direção a um ponto de pressão. Isso pode expor os trabalhadores a novos riscos, que podem ocorrer caso a correia se desprenda do rolete. Os autores não recomendam proteções do tipo indicado nas **Figuras 12.5, 12.7 e 12.8**, porque a (frequentemente exigida) distância de 5 milímetros [$\approx 0,2$ pol.] é impraticável no manuseio de materiais a granel, devido ao acúmulo nos roletes. Além disso, essas proteções geralmente são demasiado frágeis para impedir o aprisionamento.

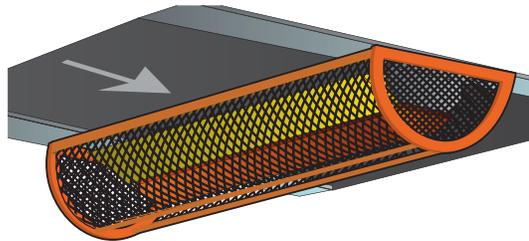
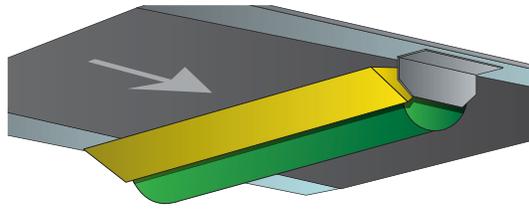


Figura 12.5.

Uma proteção defletora é instalada no lado onde há o movimento do rolete para evitar contato acidental e o risco de aprisionamento.

Figura 12.6.

Geralmente construída com telas para permitir inspeções e reduzir o acúmulo de material, uma proteção do tipo gaiola é instalada ao redor de todo o rolete.

Figura 12.7.

Essa proteção defletora serve como uma obstrução que cobre toda a largura da correia para impedir o acesso do trabalhador ao rolete. Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association (Associação Norte-americana de Resgates em Minas).

Figura 12.8.

Uma proteção defletora atua como uma rampa para direcionar ferramentas ou membros para longe do ponto de esmagamento em movimento.

Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association (Associação Norte-americana de Resgates em Minas).

Figura 12.9.

Essa proteção "artesanal" protege contra o movimento e a extremidade; as extremidades expostas do fio podem violar o conceito de que uma proteção não deve ser um perigo em si mesma.

Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association (Associação Norte-americana de Resgates em Minas).



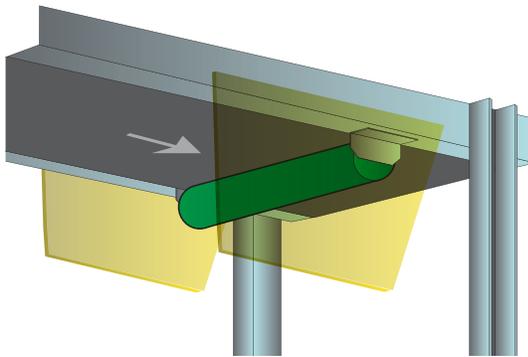
Nesses casos, uma placa lateral na parte externa do rolete pode ser usada para impedir o acesso à zona de perigo.

Placas laterais podem ser associadas a proteções estilo gaiola quando houver riscos combinados de queda de componentes (por exemplo, um risco protegido devido à localização, porém, sobre uma passarela ou edifício) e de acesso ao ponto de pressão (por exemplo, da passarela). (Figura 12.9.)

O guia *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*, publicado em 2009 pelo Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) de Quebec, permite o uso desses dispositivos de restrição como proteções para os roletes de retorno apenas em correias que não estejam a uma altura superior a 700 milímetros [≈27,5 pol.] acima do chão. Como a publicação indica, mesmo quando a correia está em um plano nivelado (não inclinado) e próxima ao chão, a proteção da extremidade do rolete deve ser estendida pelo menos 300 milímetros [≈12 pol.] abaixo da parte inferior do rolete, a fim de reduzir ainda mais a possibilidade de que uma área de perigo sob a proteção seja alcançada. (Figura 12.10.)

Figura 12.10.

Placas laterais nas proteções do rolete podem melhorar a segurança se houver folga limitada diretamente abaixo do rolete.



Além disso, a publicação observa que, quando houver placas laterais instaladas, o serviço de limpeza, isto é, a limpeza próxima ao transportador, "só deve ser realizada enquanto o transportador não estiver em funcionamento".

A Martin Engineering recomenda que a limpeza só seja realizada quando o transportador estiver desligado, a menos que a elevação do transportador e a proteção instalada permitam uma limpeza segura sob o transportador. A limpeza dos roletes só deve ser executada quando o sistema estiver travado, etiquetado, bloqueado e tiver sido testado. (Consulte o Capítulo 24 Trabalho seguro nas proximidades de transportadores.)

Figura 12.11.

Uma proteção que isole todo o rolete e conte com placas laterais pode reduzir o risco de ferimentos aos trabalhadores.



Proteções com placas laterais

Há circunstâncias em que a proteção não precisa ser estendida por todo o comprimento do rolete. As aplicações que requerem esse tipo de proteção são aquelas em que a proximidade entre o transportador e o solo ou outras proteções ou obstruções exijam que o trabalhador seja impedido de alcançar a extremidade do rolete e entrar em contato com um perigo sob a parte central da correia.

Proteções estilo gaiola

Outra abordagem para roletes de retorno é proteger todo o rolete usando uma proteção fixa com placas laterais. (**Figura 12.11.**)

Essas proteções geralmente são apresentadas sob a forma de uma gaiola, com uma tela com aberturas que permitam a realização de inspeções e a queda ou a limpeza do material. A tela deve ser selecionada de maneira que esteja alinhada com as especificações de proteção para pontos de esmagamento. O tamanho das aberturas na tela deve ser suficientemente pequeno para impedir o contato com os pontos de pressão. (**Consulte o Capítulo 10 Proteções.**)

Devido ao acúmulo de material em sua parte interna (**Figura 12.12.**), essas proteções apresentam problemas operacionais e são, muitas vezes, deixadas abertas em campo, invalidando o motivo de sua instalação.

Se as aberturas da tela de proteção forem muito pequenas, pode haver acúmulo de material dentro da proteção. Portanto, as proteções devem ser projetadas de modo que a limpeza de rotina dos derramamentos e do material acumulado possa ser executada sem afetar a proteção ou a instalação. A limpeza pode ser feita manualmente (por exemplo, com um raspador) e/ou com jato de água. A limpeza manual só deve ser executada com o transportador travado; durante o funcionamento da correia, talvez seja possível limpar a proteção mantendo uma distância segura aplicando um jato de água potente (por exemplo, usando uma mangueira de incêndio), embora esse procedimento apenas mova o acúmulo. O material acaba caindo sobre alguma superfície, sujando o local.

É importante que a proteção permita fácil remoção para inspeção, lubrificação ou substituição do rolete com o transportador devidamente desligado e travado. A proteção deve ser projetada para permitir limpeza do rolete ou lubrificação do rolamento sem que seja necessário remover toda a proteção; muitas vezes, isso envolve seções removíveis ou painéis de balanço. (**Figura 12.13.**)



Figura 12.12.

Cestos podem coletar material fugitivo e requerem limpeza.



Figura 12.13.

Proteções para roletes de retorno podem ser projetadas com painéis que podem ser abertos e permitem a remoção do material acumulado.



Figura 12.14.

Roletes suspensos soltos podem ficar presos na estrutura do transportador.

Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association

Cestos coletores

Outro risco de ferimento decorrente dos roletes de retorno é a possibilidade de que um rolete se desprenda do respectivo suporte e caia. Algumas vezes, esses roletes soltos podem ficar presos na estrutura do transportador (**Figura 12.14.**); outras vezes, o rolete poderá cair no chão ou sobre outras superfícies abaixo do transportador. (**Figura 12.15.**) Se a queda for de uma altura suficiente ou se o rolete estiver instalado sobre áreas públicas, vias ou estruturas da fábrica, essa falha pode resultar em riscos de lesões aos funcionários e danos aos veículos, estruturas e outras instalações. (**Figura 12.16.**)

Figura 12.15.

Roletes que se soltam do suporte podem cair no chão, apresentando riscos de ferimentos aos trabalhadores ou danos ao equipamento.

Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association (Associação Norte-americana de Resgates em Minas).



Se um rolete padrão instalado 60 metros [≈200 pés] acima do solo se desprendesse e caísse, o rolete de 20 quilos [≈44 lb] atingiria o chão a 31 metros por segundo [≈69 mph]. Isso equivale à mesma energia de ser atingido por um carro com deslocamento de 7 metros por segundo [≈15 mph]. Embora não pareça muito, quando uma pessoa é atingida por um carro, toda a força é distribuída pela área de contato com a vítima. Isso pode não matar, mas a pessoa seria jogada a uma distância considerável e, provavelmente, sofreria ferimentos graves. Se um trabalhador fosse atingido por um rolete, toda a força de impacto da queda estaria concentrada em uma pequena área. Essa pressão ocasionaria ferimentos na pele, ossos quebrados, esmagamento de órgãos internos e, talvez, até mesmo morte instantânea, dependendo do local atingido pelo rolete.

Figura 12.16.

Um transportador que atravessa uma via ou passagem apresenta o risco de ferimentos caso um rolete caia do respectivo suporte.

Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association (Associação Norte-americana de Resgates em Minas).



Conseqüentemente, esses transportadores requerem a instalação de outra forma de proteção para o rolete de retorno, conhecida como cesto coletor. (**Figura 12.17.**) O cesto só é necessário em aplicações em que o rolete fica suspenso a uma altura suficiente para que sua queda possa causar ferimentos ou danos.

Figura 12.17.

Instalado abaixo de um rolete suspenso, o cesto apanhará o rolete caso ele venha a se soltar.



No entanto, é preciso ressaltar que os cestos não consistem em uma proteção contra os perigos dos pontos de esmagamento. O cesto tem como objetivo capturar um rolete que seja desprendido do respectivo suporte. O cesto deve ser instalado suficientemente próximo para que a queda de um rolete não alcance uma força de queda suficiente para danificar o cesto e/ou "quicar" e escapar. (**Figura 12.18.**)

Figura 12.18.

Cestos coletores são instalados para reduzir os riscos de ferimentos ou danos caso um rolete se solte do respectivo suporte suspenso.



Muitas das considerações sobre o projeto dos cestos coletores são idênticas às das proteções para os pontos de esmagamento dos roletes; entretanto, o cesto não precisa ser instalado tão próximo à correia para eliminar os riscos do ponto de esmagamento.

O rolete deve estar localizado suficientemente alto para eliminar o risco de contato acidental, pois esses cestos não protegem contra os perigos dos pontos de pressão em movimento.

É possível instalar um painel suspenso com um cesto de grandes dimensões, que recubra diversos roletes. O painel pode ser levantado e baixado com um guincho, para facilitar o acesso para a limpeza e a manutenção do rolete.

Embora, normalmente, não seja especificamente mencionado, esse tipo de proteção estaria incluído nos regulamentos relativos à prevenção do lançamento ou queda de materiais. Como um exemplo, a norma europeia *EN 620*, seção 5.1.5.1 Peças do maquinário, inclui o seguinte: "Roletes de retorno acima de áreas de trabalho ou de trânsito devem ser equipados com um dispositivo de retenção (por exemplo, uma canaleta de captura) para evitar a queda de materiais". (**Consulte o Capítulo 14 Proteção contra a queda de materiais**)

Roletes de retorno em posições elevadas podem ser protegidos de maneira eficaz por um cesto coletor com grandes aberturas; assim, ele deverá capturar roletes que possam cair, acumulando apenas quantidades limitadas de material fugitivo e facilitando a limpeza.

Instalação das proteções dos roletes

É evidente que o transportador precisará ser desligado e travado para permitir a instalação e a manutenção das proteções dos roletes de retorno. A instalação deverá seguir as orientações do fabricante a fim de que sejam obtidas a distância e o resultado adequado.

Para eliminar o risco de que entrem no ponto de esmagamento, as proteções dos roletes de retorno devem ser instaladas o mais próximas possível da correia e do rolete, sem realmente tocá-los. A norma *EN 620*, seção 5.1.4.2, especifica uma distância máxima de 5 milímetros [$\approx 3/16$ pol.] entre a proteção e a superfície da correia ou do rolete. A norma para transportadores *AS/NZS4024.3610* da Austrália/Nova Zelândia exige, na seção 2.13.5.4 Proteções para pontos de pressão, que a distância entre as peças móveis e fixas não seja superior a 5 milímetros [$\approx 3/16$ pol.]. (**Figura 12.19.**)

A instalação de uma proteção tão próxima ao ponto de pressão apresenta alguns problemas práticos. Muitas polias e alguns roletes têm tolerância de excentricidade superiores a 5 milímetros [$\approx 3/16$ pol.]. Além disso, essa distância especificada é praticamente impossível de ser mantida quando há acúmulo de materiais no rolete ou na polia.

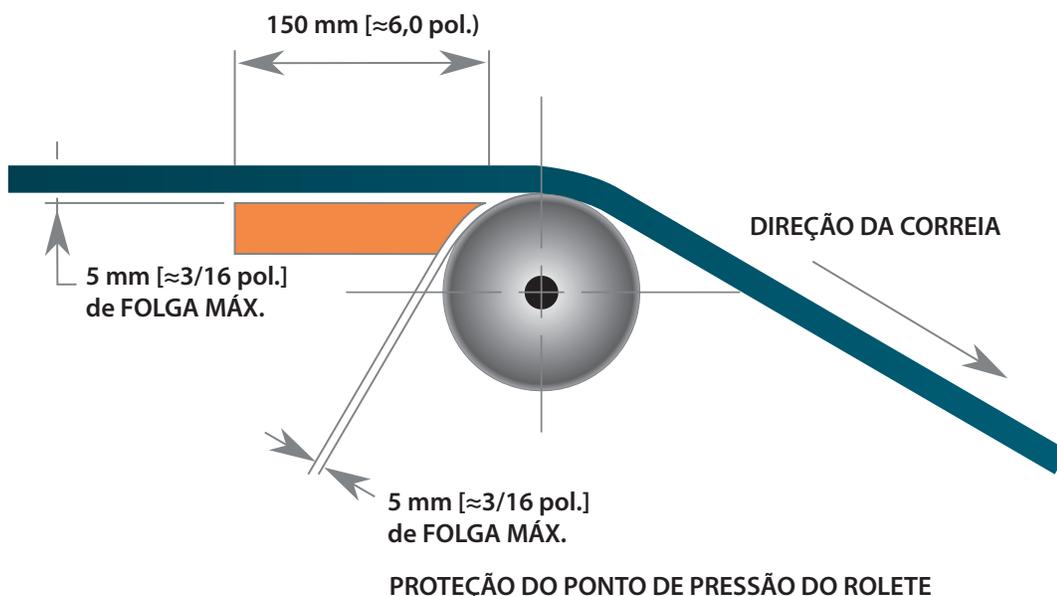


Figura 12.19.

As distâncias máximas das proteções dos pontos de pressão são especificadas em diversas normas, em todo o mundo.

Proteções individuais para roletes de retorno são instaladas no suporte "suspenso" usado no rolete de retorno típico. As proteções são normalmente fornecidas com um suporte universal, para serem adaptadas a roletes de qualquer fornecedor, embora talvez seja necessário especificar o tamanho do rolete ou do suporte.

A proteção pode ser aparafusada à estrutura do transportador. O fabricante da proteção deve projetar o equipamento para permitir a instalação na parte inferior ou na parte externa da estrutura de aço e possibilitar ajustes em caso de padrões estruturais diferentes.

REGULAMENTOS E NORMAS

Os riscos dos pontos de pressão podem parecer mais graves em polias do que em roletes, especialmente em roletes de retorno. De fato, algumas normas indicam que, se a correia tiver tensão baixa e puder ser levantada a 50 milímetros [≈ 2 pol.] do rolete, o ponto de pressão não precisa ser protegido. Embora essa não seja uma prática aceitável, o raciocínio por trás dela é: se a correia puder ser levantada, o trabalhador será capaz de escapar se for apanhado.

Os autores não recomendam essa exceção, pois ocorreram muitas lesões em que a pele foi removida até o osso antes que a mão pudesse ser movida do ponto de pressão.

Se a equipe trabalhar sob um transportador acessível durante seu funcionamento, ou puder se deslocar sob ele, toda a extensão dos pontos de pressão em movimento formados pelos roletes de retorno precisa estar protegida.

Pontos de pressão em polias são comumente protegidos pelas paredes do chutes na descarga ou por uma proteção fixa ao redor da polia traseira. Geralmente, polias côncavas e roletes em curvas convexas não são protegidos, mas deveriam ser.

As regulamentações não são específicas em relação às proteções para os roletes de retorno. Normalmente, os regulamentos aplicáveis são fornecidos nas normas gerais, sobre transportadores ou sobre proteções para máquinas, ou nos requisitos para a prevenção de lançamento ou queda de materiais.

A questão, então, é a acessibilidade ao transportador e a seus componentes. Se o trabalhador não puder alcançar os pontos de esmagamento, como os roletes de retorno, esses pontos serão considerados "protegidos devido à localização". A definição de proteção devido à localização varia de acordo com a jurisdição.

Os autores não concordam com a prática da "proteção devido à localização". (**Consulte o Capítulo 11 O mito da "proteção devido à localização"**)

Nos Estados Unidos, a OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) recorre à norma *ANSI B20.1.1957* do American National Standards Institute (Instituto Norte-americano de Padrões), como incorporada por referência à norma *29 CFR 1926.555(a)(8)*.

A norma *ANSI B20.1* foi atualizada várias vezes; a versão atual é a norma *ASME B20.1-2015*, da American Society of Mechanical Engineers (Sociedade Norte-americana de Engenheiros Mecânicos). Essa versão de 2015, específica, na seção 5.9.2 Proteção devido à localização ou posição, subseção (c):

Quando um transportador passa sobre uma passarela, via ou estação de trabalho, ele será considerado protegido devido à localização se todas as peças móveis estiverem a pelo menos 2,44 m (8 pés) de distância do piso ou superfície de circulação ou se estiverem localizadas de maneira que os funcionários não possam entrar em contato com as perigosas peças móveis inadvertidamente.

Na norma 30 CFR 56/57 14107, a MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) dos Estados Unidos especifica que "Não será exigido o uso de proteções quando as peças móveis expostas estiverem a pelo menos sete pés [$\approx 2,1$ m] de distância das superfícies de circulação ou trabalho".

Na Austrália, a norma AS/NZS 4024.3610 especifica que os pontos de pressão e cisalhamento a "menos de 2,7 m [≈ 108 pol.] acima de qualquer piso de acesso, plataforma, mercadoria armazenada ou material devem ser considerados acessíveis" e, portanto, devem ser protegidos.

Existem algumas preocupações justificáveis relacionadas ao conceito de "proteção devido à localização". (**Consulte o Capítulo 11 O mito da "proteção devido à localização"**)

MELHORES PRÁTICAS

Proteção para roletes de retorno

As proteções para os pontos de esmagamento e os cestos devem ser concebidos de maneira que o material fugitivo não fique acumulado, para não danificar o rolete, e que o compartimento conte com um mecanismo para permitir a limpeza e a inspeção.

Os roletes de retorno não devem ser considerados protegidos devido à localização, independentemente de sua posição. Isso se deve ao fato de que todos os roletes de retorno precisarão passar por inspeções e manutenções; o acúmulo sob os roletes pode alterar a distância da proteção devido à localização; e ainda há o risco da queda de roletes quebrados.

Proteção do ponto de esmagamento do rolete de retorno

Todos os roletes de retorno acessíveis devem ser protegidos por proteções adequadamente construídas, instaladas e mantidas para evitar o contato com os perigos dos pontos de pressão em movimento.

A construção dessas proteções deve estar em conformidade com as normas locais e/ou com os Padrões de proteção das melhores práticas globais da Martin Engineering, consoante com o que for mais rigoroso.

Cesto coletor para roletes de retorno suspensos

Para evitar lesões e danos, os roletes de retorno de transportadores instalados sobre espaços ocupados, áreas de trabalho, passarelas e vias devem ser equipados com uma proteção estilo cesto, que vai capturar e conter o rolete caso ele se desprenda do respectivo suporte.

CONCLUSÕES

Retornos protegidos

Com a proteção adequada nos roletes de retorno, é possível oferecer segurança às equipes que trabalham próximas ao transportador. As proteções devem impedir o contato com os pontos de pressão em movimento e, caso os roletes tenham instalação suspensa, elas devem eliminar o risco de lesões devido à queda dos roletes.

O ideal seria que a designação "protegido devido à localização" fosse evitada, e todos os roletes de retorno fossem adequadamente protegidos. (**Consulte o Capítulo 11 O mito da "proteção devido à localização"**) ⚠



Capítulo 13 Tensores

INTRODUÇÃO	181
Funções do sistema tensor	182
Tipos de tensores	183
Perigos dos tensores e como controlá-los	186
REGULAMENTOS E NORMAS.....	188
MELHORES PRÁTICAS	192
CONCLUSÕES	193

INTRODUÇÃO A tensão dos tensores

Todos os transportadores de correia adequadamente projetados requerem o uso de algum tipo de dispositivo tensor. (Figura 13.1.) Sistemas tensores são usados para ajustar a tensão da correia a fim de evitar deslizamentos, reduzir quedas, compensar o alongamento e permitir uma folga para a instalação da correia e emendas.

Como definido no glossário *Conveyor Terms and Definition (ANSI/CEMA 102-2006)*, produzido pelo ANSI (American National Standards Institute, Instituto Norte-americano de Padrões) e pela CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores), um tensor é:

O conjunto de peças estruturais e mecânicas necessárias, que oferece os meios para ajustar o comprimento das correias, cabos, correntes etc., para compensar alongamento, encolhimento ou desgaste e manter a tensão adequada.

Em um artigo de 2009, “How to Design Take-up Travel for a Fabric Conveyor Belt”, apresentado no boletim informativo *Belt Line* da NIBA (National Industrial Belting Association, Associação Nacional de Correas Industriais) dos EUA, Mitesh Kadakia observa:

O objetivo dos dispositivos tensores em transportadores de correia é estabelecer e manter um nível predeterminado de tensão na correia. A manutenção da tensão correta do tensor reduz as chances de deslizamentos do acionamento e/ou quedas excessivas da correia.

Kadakia explica ainda:

O deslizamento do acionamento pode resultar em desgaste excessivo da cobertura da polia, ricocheteio do contrapeso do tensor e possível ruptura da correia se o contrapeso “quicar” a uma altura suficiente. A queda excessiva da correia ocorre quando a tensão da correia está baixa e ela inclina (cai) entre os roletes além do que seria considerado normal. ... Uma queda muito reduzida criará problemas de alinhamento devido à ausência de atrito entre a correia e as polias. Quedas excessivas geram atrito excessivo entre a correia e as polias, o que, por sua vez, gera uma maior exigência de potência do motor de acionamento e desgaste acelerado das coberturas das polias.

Funções do sistema tensor

A norma indiana *IS 11592: 2000 Selection and Design of Belt Conveyors – Code of Practice* lista as quatro funções principais de um sistema tensor:

- a) garantir a tensão adequada da correia na saída da polia de acionamento, de modo a evitar deslizamentos da correia;
- b) garantir permanentemente a tensão adequada da correia no ponto de

carga e em qualquer outro ponto do transportador, para manter o formato da correia côncava e limitar a queda da correia entre os roletes de carga;

- c) compensar a variação operacional do comprimento da correia devido a fatores físicos (tensões instantâneas, alongamento permanente, temperatura externa, temperatura do material transportado, umidade etc.); e
- d) disponibilizar, se necessário, um comprimento extra de correia, para permitir a reintegração sem a adição de mais um pedaço de correia.

A fim de manter a tensão ideal da correia, é importante garantir, desde o projeto do sistema do transportador, a extensão adequada para o deslocamento do tensor. Uma distância insuficiente do tensor fará com que o tensor atinja seu limite de distância conforme tensiona a correia.

O mecanismo tensor deve ser projetado para oferecer uma distância de deslocamento suficiente para lidar com o alongamento da correia. Existem duas formas de alongamento; a primeira é o alongamento permanente, normalmente observado nos primeiros 30 a 60 dias de uso, conforme a correia é carregada e tensionada.



Figura 13.1.

Mecanismos tensores removem a folga da correia, tensionando a correia para proporcionar uma transferência de energia eficiente e mover a correia e a carga.

Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association (Associação Norte-americana de Resgates em Minas).

A segunda forma é o alongamento elástico, que é uma condição de expansão e contração, semelhante ao movimento de esticar e liberar um elástico comum. Isso ocorre quando o transportador é iniciado ou a correia é submetida a condições de carga variáveis.

O tipo de sistema tensor e sua localização no transportador geralmente depende da configuração e do comprimento do transportador e do espaço disponível.

Não importa qual tipo de tensor é usado, é fundamental manter as polias do contrapeso e polias côncavas, carros e trilhos associadas livres de material fugitivo para que o sistema possa responder adequadamente às alterações na tensão da correia e alongar.

Tipos de tensores

Existem três tipos comuns de tensores. Eles são geralmente referidos de acordo com mecanismo que permite o movimento de cada um deles para acomodar o alongamento ou encurtamento da correia.

Os tipos são: Manual, que tem um parafuso de cada lado da polia para ajuste; Automático, que normalmente apresenta um mecanismo esticador horizontal ou vertical; e Acionado, que frequentemente utiliza um guincho ou cilindro pneumático ou hidráulico como o método de ajuste.

E em inglês, qual é o termo correto: take up, takeup ou take-up?

Qual é o termo correto em inglês: take up, takeup ou take-up? Todos esses termos são palavras compostas e todos representam o mesmo sistema de componentes do transportador, o "tensor", em português. As opiniões sobre o uso correto são divergentes.

O termo composto "fechado" "takeup" e o termo com hífen, "take-up", têm um número maior de ocorrências do que o termo composto "aberto" "take up".

A publicação *Conveyor Terms and Definitions ANSI/CEMA 102-2006* usa a versão com hífen: "take-up".

A publicação da American Society of Mechanical Engineers (ASME), *B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*, utiliza o termo "take-up"; a versão com hífen é também a ortografia encontrada na norma europeia *DIN EN 620 Continuous handling equipment and systems – Safety and EMC requirements for fixed belt conveyors for bulk materials* e nas normas australianas *AS/NZS 4024.3610 Safety of Machinery – Conveyors – General requirements* e *AS/NZS 4024.3611 Safety of Machinery – Conveyors – Belt conveyors for bulk materials handling*.

Dicionários impressos e on-line normalmente sugerem a versão com hífen. O glossário do livro

FOUNDATIONS™ Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo do Pó e Material a Granel, 4ª Edição, da Martin Engineering, também usa o termo com hífen.

A publicação do comitê Mining and Quarrying Occupational Health & Safety Committee, da região Sul da Austrália, *A Guide to Conveyor Safety, e a publicação Belt Conveyors for Bulk Materials*, da CEMA, usam o termo "takeup".

Uma explicação é que quando uma palavra composta é usada como um substantivo, ela não é hifenizada. Quando a palavra composta é usada como um adjetivo seguido por um substantivo, a palavra é geralmente hifenizada.

O site *englishplus.com* explica que "conforme algumas palavras são mais amplamente utilizadas, o hífen é descartado. Por exemplo, no início do século XIX, a palavra "blackbird" (melro, em português), era geralmente grafada com hífen, "black-bird". Agora, o hífen não é mais usado".

Para manter a consistência, esta publicação em inglês utiliza o composto fechado "takeup", exceto quando apresentar uma citação direta que use outra ortografia. Em trechos de citações de fontes atribuídas, a ortografia original será mantida.

Tensores manuais

Esse tipo de tensor usa ajustes rosqueados nas laterais da polia e geralmente é denominado parafuso tensor.

Em um sistema tensor tipo parafuso, a polia do contrapeso gira em dois blocos de rolamentos que deslizam sobre guias estacionárias.

(**Figura 13.2.**) A polia pode se mover para dentro ou para fora, aplicando mais ou menos tensão à correia. A polia desliza ao longo de um trilho; as superfícies deslizantes ficam convenientemente protegidas contra a entrada de sujeira. Nesse sistema, a posição é ajustada manualmente por meio de dois parafusos, um em cada lado da polia, que podem ser apertados simultaneamente ou sucessivamente. Os parafusos devem ser apertados de forma idêntica para manter a polia em alinhamento com todos os três eixos do trajeto desejado da correia.

No mínimo, a faixa de ajuste deve ser suficiente para permitir a realização de uma emenda e o alongamento da correia. Quanto mais longo o transportador, mais longos os parafusos de ajuste precisam ser. Por essas razões, um parafuso tensor normalmente é utilizado apenas em um transportador curto, como uma correia alimentadora ou um transportador na fábrica com requisitos de tensão menores. Esses transportadores têm extensão tipicamente inferior a 60 metros [≈ 200 pés].

Nesse sistema, a tensão aplicada geralmente não é mensurável e requer ajuste para compensar o alongamento da correia. Isso pode levar a sobretensionamentos ou subtensionamentos significativos da correia.

O principal problema do uso de um parafuso tensor é que ele requer um operador vigilante e cuidadoso para observar quando o ajuste for necessário. O ajuste de tensão correto desse tipo de sistema pode ser muito difícil.

Tensores manuais são usados para ajustar o alinhamento da correia, pois eles apresentam uma maneira fácil de alterar o ângulo de

uma polia traseira em relação à estrutura do transportador. Essa prática não é recomendada, pois pode alterar a tensão da correia de maneira irregular entre os lados, resultando em problemas de alinhamento adicionais e o risco de danos à correia e aos rolamentos.

Além disso, esses ajustes são geralmente realizados durante o funcionamento da correia, com risco para o trabalhador. Portanto, o mecanismo de ajuste do tensor manual deve ser concebido de forma que o mecanismo de ajuste esteja fora da proteção.



Figura 13.2.

Em um tensor do tipo parafuso, a polia do contrapeso é movida ajustando os parafusos nos lados da polia.



Figura 13.3.

Em um tensor esticador, a tensão do conjunto de pesos (contrapeso) tensiona a correia.

Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.



Figura 13.4.

Se o conjunto do tensor esticador ficar desalinhado, ele pode fazer com que a correia fique descentralizada.

Tensores automáticos

Os tensores automáticos são projetados para manter automaticamente a tensão mínima necessária para acionar a correia e compensar o alongamento, também ajudando a armazenar comprimento suficiente da correia para permitir a emenda. Eles normalmente usam a força da gravidade, como representada por um contrapeso, para mover a polia do contrapeso e, assim, manter a tensão da correia. (**Figura 13.3.**)

A maior parte das correias de transportadores com extensões consideráveis utilizam sistemas tensores automáticos de esticadores horizontais ou verticais.

Um tensor esticador pode ser instalado em qualquer local do sistema e geralmente está localizado em um ponto do transportador para minimizar a força exigida da correia ou para minimizar os efeitos dinâmicos durante a inicialização e o desligamento do transportador.

Em um tensor esticador, a correia é tensionada pela força da gravidade sobre um conjunto de pesos. (**Figura 13.4.**) O conjunto é normalmente mantido verticalmente, em uma torre estrutural que permite que o peso e a polia se desloquem para cima e para baixo em uma estrutura com guias, conforme a tensão na correia muda e à medida que a correia alonga e contrai. Por vezes, a torre de peso do tensor é instalada ao lado do transportador, e a força é aplicada à polia do contrapeso através de um sistema de cabos.

A disposição comum de um tensor esticador requer que a correia de retorno se desloque em torno de uma polia côncava e, em seguida, para baixo, em ângulo, por uma polia de contrapeso suspensa. Após dar a volta em torno da polia do contrapeso, a correia é direcionada de volta para cima, para outra polia côncava, que redireciona a correia ao longo de seu trajeto original para a polia traseira. A polia é suspensa da correia em uma estrutura e puxada para baixo pelo peso, criando a força para manter a correia de

devidamente tensionada. Esse é um tensor esticador vertical.

Existem também tensores esticadores horizontais. Neles, o movimento da polia é horizontal, como transmitido para a polia montada no carro pela gravidade em um peso conectado à polia com cabos e o mecanismo de roldanas.

Os tensores automáticos oferecem uma série de benefícios:

- Eles são autoajustáveis e automáticos, e, assim, lidam melhor com o alongamento da correia e o estresse da inicialização.
- Permitem um movimento maior do tensor, se comparados aos tensores manuais.
- São adequados para instalações horizontais ou verticais.
- Podem ser usados em transportadores com qualquer extensão.
- Eles armazenam um comprimento extra de correia para emendas e podem ser projetados para sistemas onde haja a necessidade de estender frequentemente o comprimento da correia.

É fundamental manter o mecanismo tensor esticador alinhado e nivelado adequadamente, pois qualquer movimento ou posicionamento descentralizado pode produzir um desalinhamento da correia.

Tensores acionados

Um tensor acionado usa força fornecida por uma fonte de energia para mover a polia, assim alongando a correia. (**Figura 13.5.**)

Dispositivos tensores acionados hidráulicamente, pneumaticamente ou eletricamente têm sido frequentemente utilizados em circunstâncias em que o espaço disponível limita a capacidade de instalar um sistema tensor esticador. Em aplicações em que o espaço é limitado, como minas subterrâneas ou transportadores portáteis, tensores acionados são comuns, independentemente do comprimento do transportador.

Em um sistema alimentado, a polia do contrapeso é instalada sobre lâminas ou sobre um carro, permitindo movimento livre. O deslocamento geralmente é horizontal na estrutura do transportador, ao mesmo tempo em que a tensão constante e o ajuste do comprimento da correia são automaticamente mantidos por um guincho ou cilindro. Normalmente um conjunto de cabos de aço conecta o carro do tensor à fonte de alimentação, enquanto as lâminas ou trilhos e o projeto do carro mantêm a polia do contrapeso alinhada ao deslocamento da correia. Em alguns casos, várias polias de cabos ou polias côncavas podem ser usadas para tornar o sistema mais compacto. Para correias maiores, é comum utilizar um tensor acionado com um controlador para controlar a velocidade do movimento e ajudar a manter a tensão da correia dentro dos limites seguros.

Esses sistemas também requerem cuidadosa verificação da tensão da correia e podem levar ao sobretensionamento da correia.

Um indicador de tensão pode ser incluído entre o guincho ou o cilindro e a polia. Dispositivos tensores com guincho também podem ser usados em sistemas automáticos

quando o ajuste da tensão puder ser aplicado utilizando elementos de carga ou sensores eletrônicos. A saída desses sensores ativa o motor do guincho para executar um número específico de voltas ou para obter um valor de tensão da correia predeterminado.

Perigos dos tensores e como controlá-los

A inclusão de peças móveis nos mecanismos da polia do contrapeso, como pesos suspensos e polias dos carros, em um projeto de transportador cria peças móveis e pontos de pressão. Eles precisarão de proteções, assim como os outros pontos de pressão nos transportadores. **(Consulte o Capítulo 2 Zonas de risco dos transportadores de correia; consulte o Capítulo 10 Proteções.)**

Além disso, existem outros perigos, incluindo o potencial de queda dos contrapesos e os riscos causados pela pelas correias desalinhadas.

Queda dos contrapesos

Se uma correia for rompida, uma polia do tensor esticador e seu contrapeso suspenso cairão. Como o peso do tensor é, muitas

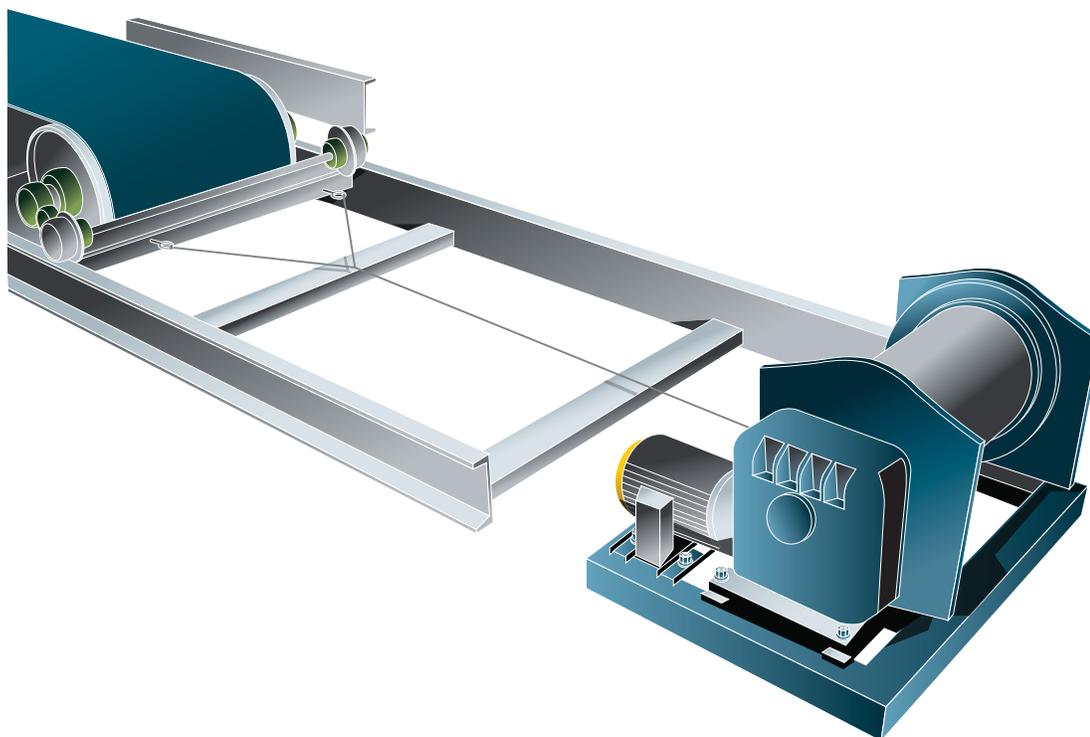


Figura 13.5.

Um tensor com guincho usa um guincho motorizado e um cabo para mudar a localização da polia e ajustar a tensão da correia.

vezes, considerável, são necessários milhares de quilos para esticar uma correia carregada, a queda do peso pode causar danos estruturais

Figura 13.6.

Um contrapeso suspenso solto ou que possa se mover livremente pode danificar propriedades e ferir os trabalhadores.



Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

Figura 13.7.

Os cabos usados em um tensor esticador podem representar um perigo no local de trabalho.



Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

Figura 13.8.

O acúmulo de material fugitivo pode afetar negativamente o funcionamento do tensor e também colocar em risco o funcionamento da correia.



Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

significativos e, se houver trabalhadores próximos, ferimentos graves ou fatais. (Figura 13.6.)

A 7ª edição do guia *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA observa:

Se a correia ou o cabo de tensionamento falhar, esses pesos serão liberados, em queda livre, sobre a parte inferior da torre e da estrutura de suporte. Essas energias potenciais e cinéticas podem ser muito elevadas e podem causar danos extensos às fundações e às estruturas de aço, e ferimentos aos funcionários nas proximidades. Geralmente essas torres estão suspensas sobre passagens ou sobre infraestruturas críticas da fábrica.

A prática comum de colocar uma pilha de material a granel ou pneus usados sob o peso do tensor geralmente não atenua os danos ao sistema tensor ou à estrutura, muitas vezes acrescentando outros danos devido a reações secundárias. Esses sistemas raramente absorvem o impacto uniformemente, resultando em danos à estrutura ou ao tensor devido a grandes forças irregulares. Um ponto adicional sobre o motivo pelo qual pneus velhos, molas ou pilhas de sujeira não são eficazes, é que a eficiência da absorção de energia desses sistemas "caseiros" é de três a quatro vezes menor do que a do amortecedor ou dispositivo de segurança para tensores com base em energia.

Há dispositivos disponíveis para controlar de forma segura a queda dos pesos do tensor. Os dispositivos de segurança que absorvem energia cinética são úteis para controlar as cargas estruturais máximas na base da torre e na estrutura de suporte. Esses dispositivos estão disponíveis para um impacto único ou para vários impactos. A aplicação e a frequência de falhas da correia determina o tipo de absorção de energia necessário.

Um perigo relacionado advém da falha dos cabos utilizados em um tensor esticador ou em um sistema acionado ou de guincho. (Figura 13.7.) O cabo, as conexões e as roldanas estão

sujeitos a desgaste, pois são usados em um ambiente que geralmente envolve materiais a granel abrasivos e/ou corrosivos. Quando uma corda é rompida sob tensão, ela pode chicotear, um risco que pode levar a ferimentos graves ou à morte. Quando sistemas de cabos são usados, é importante proteger não apenas o mecanismo tensor, mas também o percurso de deslocamento do cabo.

Os riscos do desalinhamento

O risco mais comum criado pela operação incorreta do tensor é o desalinhamento da correia. O desalinhamento pode ter várias causas, incluindo guias soltas do tensor, acúmulos de material fugitivo na curva do tensor e nas polias do contrapeso, queda de rolamentos das polias ou uma condição de descentralização ou desnível da polia do contrapeso. Essas condições permitem que o mecanismo tensor aplique forças desiguais a um lado da correia, resultando em desvio da correia. Essa força desequilibrada pode causar falha prematura do rolamento.

O desalinhamento pode causar danos à correia e, se o desvio da correia for suficientemente severo, o calor gerado pela fricção pode causar e, até mesmo, incêndios pela fricção entre a correia e as estruturas ou componentes. Desalinhamentos frequentes ou graves podem fazer com que a correia corte a estrutura. Um tensor desalinhado pode ocasionar um abaulamento permanente da correia, tornando mais difícil manter a correia no trajeto adequado posteriormente.

Correias desalinhadas também criam um risco de derramamento de material. O lançamento ou a queda de materiais é um risco para os trabalhadores próximos ao transportador e, ao mesmo tempo, este material aumenta a necessidade de que os trabalhadores estejam próximos ao transportador, executando tarefas de manutenção e limpeza do material fugitivo. **(Consulte o Capítulo 2 Zonas de risco dos transportadores de correia.)**

Acumulado na polia do contrapeso, no mecanismo ou sobre outros componentes

de rolagem, o derramamento também pode levar a mais desalinhamentos. Isso resulta no aumento dos derramamentos, o que, por sua vez, aumenta o acúmulo de material fugitivo nos componentes, perpetuando o problema.

O acúmulo no peso do tensor geralmente advém do material de retorno do transportador. **(Figura 13.8.)** O peso do tensor é calculado especificamente para cada projeto de transportador e classificação de correia. Quando peso adicional é acrescentado, seja de forma intencional ou não, ele cria o potencial de falha precoce nas emendas da correia, polias, rolamentos e outros componentes, novamente criando um risco de segurança.

REGULAMENTOS E NORMAS

Todas as normas se concentram em proteger a área ao redor dos tensores para evitar danos pessoais.

Essas normas não são muito específicas; o mais comum é que o tensor seja incluído de forma genérica no regulamento, como parte das orientações no sentido de que "todas as peças móveis que representem um risco para os trabalhadores devem ser protegidas".

Veja a seguir exemplos desses regulamentos.



Austrália

A norma da Austrália/Nova Zelândia *AS/NZS 4024.3610:2015 Safety of machinery – Conveyors – General requirements* discute o "Controle do tensor" no item 2.6.1.3. Essa cláusula observa que os controles devem ser acessíveis da parte externa da área protegida; isso se refere aos tensores acionados, e, assim, não se aplica aos tensor esticador, que não têm nenhum mecanismo de controle.

A norma continua, exigindo que dispositivos de tensão operados manualmente não permitam rotação livre sob nenhuma condição e que eles estejam acessíveis da parte externa da área protegida. Caso um tensor acionado seja controlado automaticamente, o sistema deverá

fornecer uma opção de operação manual com isolamento do funcionamento automático.

A norma especifica que os cabos utilizados nos sistemas de contrapeso do tensor devem ter um fator de segurança dinâmica de 2,25, e um fator de 4,5 de carga estática máxima.

Trechos da norma australiana *AS/NZS 4024.3610 General Requirements* têm preocupação com as precauções relacionadas à energia armazenada no tensor para permitir a manutenção. A cláusula 2.4.2.5 destaca a necessidade da inclusão no sistema de um acesso seguro ao tensor, bem como de um método para manter qualquer energia armazenada no tensor. Pensamento semelhante é apresentado no item 2.6.1.2.2 Isolamento do tensor esticador, que exige uma maneira de proteger qualquer peso de tensor para garantir a segurança dos procedimentos de manutenção.

Na discussão sobre "Situações perigosas e peças que exigem proteções", a norma *AS/NZS 4024.3610* inclui os tensores em sua lista de itens que precisam de proteções. Na cláusula 2.13.2.7, é observado que proteções devem ser instaladas para evitar danos ocasionados pelos componentes do tensor, incluindo guincho, cabos, carro de tensão ou peso.

A norma para transportadores de materiais a granel, *AS/NZS 4024.3611-2015*, reafirma esse requisito no item 2.10.2(d), onde inclui polias do contrapeso em sua lista de pontos de pressão e cisalhamento que devem ser protegidos em todos os transportadores.



Brasil

A norma brasileira *NR-12 Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos* observa, na seção 12.85:

Os movimentos perigosos dos transportadores contínuos de materiais devem ser protegidos, especialmente nos pontos de esmagamento, agarramento e aprisionamento formados pelas esteiras, correias, roletes, acoplamentos, freios, roldanas, amostradores, volantes,

tambores, engrenagens, cremalheiras, correntes, guias, alinhadores, *região do esticamento e contrapeso* e outras partes móveis acessíveis durante a operação normal. [Grifo nosso - ed.]

A seção 12.88 continua:

Os cabos de aço, correntes, eslingas, ganchos e outros elementos de suspensão ou tração e suas conexões devem ser adequados ao tipo de material e dimensionados para suportar os esforços solicitantes.

A norma *NR-22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração* do Brasil faz apenas menção, na seção 22.8 Transportadores contínuos através de correia:

22.8.2 O dimensionamento e a construção de transportadores contínuos devem considerar o tensionamento do sistema, de forma a garantir uma tensão adequada à segurança da operação, conforme especificado em projeto.



Canadá

A seção 3 - Transportadores, da norma *Occupational Health and Safety In Mines Regulation (O.C. 1236-98, S. 1)*, observa:

373. Todos os transportadores devem:

- (1) ... ter rolos de cabeça, retorno, acionamento e tensão protegidos por um dispositivo que se estenda pelo menos 0,9 m (3 pés) além de cada ponto rebaixado;

De acordo com a norma *Occupational Health and Safety Act, Revised Regulations of Ontario, 1990*, Regulamentação 854 Minas e instalações de mineração, a seção 196 especifica:

- (2) Um transportador deve ter,
 - (d) ... polias de cabeça, traseira, acionamento, desvio e tensão protegidas em qualquer ponto de esmagamento que seja ou possa se tornar acessível.

(3.1) uma proteção para uma polia, como referida na cláusula (2) (d), deve se estender pelo menos 0,9 metro [≈3 pés] a partir do ponto de esmagamento.



Europa

A seção 5.1.2.3 Dispositivos tensores, da norma europeia *DIN EN 620 DIN EN 620, Continuous handling equipment and systems – Safety and EMC requirements for fixed belt conveyors for bulk materials*, especifica o seguinte:

Em dispositivos tensores esticadores, o contrapeso, e qualquer outro equipamento que se mova ao tensionar a correia do transportador, devem ser protegidos por proteções fixas fechadas ou de distância em áreas de tráfego e de trabalho.

Se o espaço diretamente abaixo do contrapeso de um dispositivo tensor esticador não estiver protegido por proteções fixas fechadas ou de distância, então o contrapeso deverá ser equipado com um dispositivo de segurança, por exemplo, freios, dispositivos de travamento mecânico, para controlar a descida do peso em caso de falha da correia, cabo de suspensão, corrente etc. Uma distância de segurança de pelo menos 2,5 m [≈99 pol.] acima dessa área de tráfego deve ser fornecida. ...

Dispositivos tensores ajustados manualmente devem ser concebidos de modo a permitir que seu ajuste seja realizado pelo lado de fora das proteções. Caso as proteções precisem ser removidas para fazer ajustes, proteções de travamento deverão ser fornecidas.

Onde dispositivos tensores horizontais forem projetados para operar automaticamente, proteções fixas de distância deverão ser fornecidas ao longo de toda a extensão do deslocamento, para impedir que pontos de perigo sejam alcançados.



Índia

A norma indiana *IS 7155-2 Code of recommended practice for conveyor safety, Parte 2*, seção 3.2.1, indica:

Dispositivos tensionadores com contrapeso devem ser protegidos em pontos normalmente acessíveis à equipe. As proteções devem impedir o acesso ao espaço diretamente abaixo do contrapeso; na ausência dessas proteções, deverão ser instalados dispositivos de sustentação, com folga de pelo menos 2,5 m [≈99 pol.] acima do solo ou outro plano operacional.



Estados Unidos

Em sua ficha técnica *Data Sheet #569 Belt conveyors for bulk materials Part 1*, o U.S. National Safety Council (Conselho Nacional de Segurança dos EUA) afirma:

Pontos de pressão nas polias de cabeça, traseira e do contrapeso devem ter proteção completa. Os lados de cada correia devem ter proteção suficientemente fechada ao longo da correia (pelo menos 36 polegadas) [≈915 mm], de modo que não seja possível alcançar e tocar o ponto de pressão entre a correia e a polia.

Na seção 5 Normas gerais de segurança, a norma *ASME B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment* observa o seguinte:

5.8 Contrapesos

Quando os contrapesos forem suportados por cintas, cabos, correntes e outros meios semelhantes, os pesos deverão ser confinados em um compartimento para impedir a presença de funcionários abaixo do contrapeso. Como alternativa, a instalação deverá fornecer um meio para impedir a queda do peso em caso de falha do suporte normal do contrapeso.

Em sua seção 6 Normas de segurança

específicas, 6.1 Transportadores de correia - fixos, 6.1.1 Considerações de segurança, a norma ASME B20.1-2015 observa:

- (a) Pontos de pressão e cisalhamento deverão ser protegidos. Os locais típicos são:
 - (1) nos terminais, acionamentos, tensores e rolos tensores, onde a correia muda de direção
- (c) Os mecanismos tensores podem ser protegidos como uma unidade, por meio da instalação de corrimões padrão ou cercas ao redor da área, com sinalização de aviso adequada, como uma alternativa à proteção dos pontos de pressão e cisalhamento individuais.

A MSHA não oferece nenhuma regulamentação específica voltada para tensores além de seu requisito "comum" de proteção de peças móveis das máquinas, incluindo polias do contrapeso, conforme discutido na norma 30 CFR 56/57.14107 (a).

A norma *General Industry Safety Standards MIOSHA-STD-1114*, da Occupational Safety and Health Administration do estado de Michigan, inclui a seguinte seção na Parte 14 Transportadores:

Figura 13.9.

Um tensor esticador e a área abaixo da carga suspensa devem contar com uma proteção fechada para impedir o acesso.



Foto gentilmente cedida pela United States Mine Rescue Association.

R 408.11422 Contrapesos:

- (1) Um contrapeso e suas polias deverão contar com um compartimento, de acordo com a regra 730(2) da norma, Parte 7. Proteções para sistemas de transmissão de força, R 408.10730(2), do Código administrativo de Michigan, de acordo com a comissão de normas de segurança no trabalho.
- (2) Um contrapeso e suas polias, suspensos a mais de 7 pés [$\approx 2,1$ m] acima do piso ou solo e em uma área onde um funcionário possa caminhar, deverão ter um compartimento ao redor da área de impacto ou um recipiente coletor sob o contrapeso, com resistência suficiente para reter o contrapeso e a polia em caso de queda sobre o solo, pavimento ou plataforma.
- (3) Um contrapeso instalado em um braço deverá ter um parafuso próximo à extremidade do braço, cabo ou corrente ligada ao contrapeso, para evitar sua queda do braço.

A norma *MIOSHA-STD-1108 General Industry Safety Standards*, Parte 7 Proteções para sistemas de transmissão de força, R408.10730, fornece os seguintes requisitos:

- (1) Um tensor da correia suspenso contrabalanceado, e suas peças, deve contar com um cabo ou dispositivo de segurança para impedir que o tensor fique exposto a contato em caso de ruptura da correia, ou deverá ser protegido de acordo com a norma R 408.10751 a R 408.10754.
- (2) Um contrapeso suspenso exposto a contato, ou uma parte de um contrapeso que possa causar ferimentos a um funcionário, deverá ter proteção de acordo com as normas R 408.10751 a R 408.10754, ou deverá contar com um cabo ou dispositivo de segurança para evitar a queda.

O guia *Guide to Equipment Guarding* da Mine Safety and Health Administration (MSHA), publicado em 2004, fornece esta sugestão adicional: "Precauções, como uma barreira, corrimões ou uma proteção, deverão ser tomadas para impedir o acesso na área abaixo da carga suspensa". (**Figura 13.9.**)

MELHORES PRÁTICAS

Como a natureza do tensor é enrolar a correia em torno de uma polia e permitir que a polia se mova para controlar a tensão da correia, é óbvio que esses sistemas criarão riscos devido a pontos de pressão. Portanto, eles devem contar com proteções adequadas para proteger os trabalhadores de qualquer movimento esperado ou inesperado do mecanismo.

- Todas as normas exigem proteções de barreira ao redor dos componentes móveis dos tensores. Essas proteções devem estar em conformidade com as Melhores práticas para a proteção de peças móveis. (**Consulte o Capítulo 10 Proteções.**)
- Sistemas projetados para a absorção de energia devem ser incorporados a todos os projetos de tensores para controlar o movimento do tensor em caso de rompimento da correia ou dos cabos.
- Os tensores nunca devem ser considerados protegidos devido à localização.
- Nenhum tráfego de veículos ou pessoas, nem equipamentos ou espaços ocupados são permitidos abaixo ou próximos ao mecanismo tensor.
- O mecanismo de ajuste de um tensor manual deve ser projetado de forma que o ajuste seja feito fora da proteção.
- O trajeto de deslocamento do tensor automático e a área sob o peso do tensor devem ser protegidos.
- Se forem usados sistemas de cabos, proteções devem ser instaladas tanto para proteger o movimento normal do cabo quanto para controlar o movimento em caso de falha do cabo ou das roldanas de suporte.
- O comprimento do carro deve ser pelo menos 2,5 vezes maior do que a largura da correia, para manter o alinhamento da polia do contrapeso.
- O espaço entre o carro e as guias da estrutura deve ser controlado usando contatos deslizantes ou rolos de baixa fricção.
- A absorção da energia cinética devido à queda do peso de um tensor e a proteção da área ao redor contra a queda ou lançamento potencial de detritos devem ser consideradas.
- As guias da estrutura devem ser concebidas e mantidas verticalmente e em alinhamento com as polias terminais.
- A polia do contrapeso e as guias devem ser protegidas contra materiais fugitivos, que podem cair no lado limpo da correia, instalando um raspador em V no lado "sujo" da correia, antes da primeira polia côncava.
- O peso do tensor (ou carro) deve ser protegido contra acúmulo de materiais fugitivos por meio de um telhado inclinado ou outro defletor.
- Instalar um revestimento na polia do contrapeso ajudará a controlar o alinhamento da correia.
- O controle da reação de uma correia rompida em transportadores inclinados deve ser considerado. (**Consulte o Capítulo 7 Freios.**)

CONCLUSÕES

A segurança dos tensores

Devido às forças de tensão da correia, o estresse sobre outros componentes do tensor, incluindo cabos e pesos suspensos, e a capacidade de movimento repentino do tensor, é muito importante que os mecanismos tensores sejam adequadamente projetados e cuidadosamente protegidos. Transportadores mais longos, particularmente, estão sujeitos a reações dinâmicas, que devem ser consideradas ao conceber e operar o tensor. Tomar as precauções adequadas contribui muito para melhorar a segurança dos funcionários que trabalham próximos aos tensores dos transportadores. ⚠



Capítulo 14 **Proteção contra a queda de materiais**

INTRODUÇÃO	195
O risco da queda de materiais	196
Captura de fragmentos, proteção para os trabalhadores...	198
Utilização de redes como método de proteção	199
Utilização de telas de arame como redes	199
Rede ou caixa de tela	200
Especificações para telas	200
REGULAMENTOS E NORMAS	200
MELHORES PRÁTICAS	203
CONCLUSÕES.....	205

INTRODUÇÃO

O convés de voo dos porta-aviões conta com redes de segurança instaladas nas bordas para apanhar marinheiros que possam cair da borda ou pular para evitar riscos, como aviões aterrissando ou a detonação de material bélico. Muitos projetos de construção elevados contam com redes para proteger trabalhadores, que podem se desequilibrar e cair.

As redes para transportadores têm uma função semelhante. As redes são instalados para capturar materiais que possam cair do transportador de correia e que representam riscos de danos aos trabalhadores, veículos ou equipamentos da fábrica. (**Figura 14.1.**) Sistemas de redes são adequados para utilização em sistemas de transportadores aéreos há o risco de queda da carga.

Se a carga for carregada muito próxima à borda da correia ou se o transportador for parado ou iniciado bruscamente (ou ambos),

Foto gentilmente cedida por <http://fallarrestsafetynets.com.au/>

a mudança no movimento da correia pode empurrar, projetar ou fazer com que o material deslize pela lateral da correia. Entretanto, redes "apanhadoras" para transportadores adequadamente posicionadas capturam materiais que caem, aumentando a segurança do trabalhador.

O risco da queda de materiais

Transportadores de materiais a granel manipulam uma ampla variedade de dimensões e formatos de materiais. Uma carga pode ter suas propriedades consideravelmente alteradas durante o transporte e o processamento. Os padrões de projetos levam em conta as dimensões dos fragmentos, mas, geralmente, não consideram o formato do material. Alguns formatos, como os arredondados e alongados, são muito suscetíveis a derramamentos devido ao movimento do transportador ao longo de toda sua extensão. Outros formatos de materiais, como grânulos, escoam ou se movimentam livremente em transportadores com aclives e declives. Os equipamentos que alimentam os transportadores, como os alimentadores de esteira e trituradores, por vezes, fornecem alimentação irregular. Alguns materiais serão combinados (aglomerados) para formar massas maiores do que o tamanho padrão indicado nos testes ou nas especificações do material.

Todas essas questões podem levar à movimentação descontrolada ou aleatória de materiais, o que resulta em derramamentos e quedas de material. O controle do derramamento que ocasiona a queda ou o lançamento de materiais a granel é uma consideração de design básica para o funcionamento seguro do transportador de correia.

Muitos transportadores movimentam fragmentos de grandes dimensões. Em mineração, a especificação para a saída de um triturador primário típico é "menos 200". Para finalidades de projeto do sistema,

deve-se considerar que um material "menos 200" tem fragmentos com dimensões até $200 \times 200 \times 500$ milímetros [$\approx 8 \times 8 \times 20$ pol.]. Dependendo da densidade do material a granel, esses fragmentos podem, facilmente, pesar 20 quilos [≈ 45 lb]. Se tal fragmento fosse ejetado de um transportador com deslocamento de 5 metros por segundo [≈ 1.000 pés/min], ele teria uma energia cinética de 250 joules [≈ 184 lb-pés].

De acordo com uma publicação on-line de consultoria, *Kinetics... a part of Law Enforcement*:

Na década de 1970, o U.S. Army Land Warfare Laboratory (Laboratório de Pesquisas sobre Guerras Terrestres do Exército dos EUA) conduziu uma pesquisa e publicou um relatório sobre armas de impacto contundente, descrevendo a descoberta de que energias de impacto entre 30 e 90 libras-pé [≈ 41 a 122 J] são "perigosas", isto é, causam contusões, abrasões, costelas quebradas, concussões, perda da visão ou lesões superficiais aos órgãos, enquanto "danos graves" ocorrem com impactos que excedam 90 libras-pé [≈ 122 J], resultando em graves lacerações da pele, traumatismo craniano extensivo, ruptura do coração e dos rins, fragmentação do fígado e hemorragias.

Os 250 joules [$\approx 56,2$ lb-pés] de impacto resultantes da queda ou do lançamento de cargas do transportador com fragmentos "menos 200" é mais do que suficiente para causar lesões graves.



Figura 14.1.

Redes para capturar materiais em queda devem ser instaladas sob os transportadores caso a correia passe sobre espaços de trabalho ou passagens.

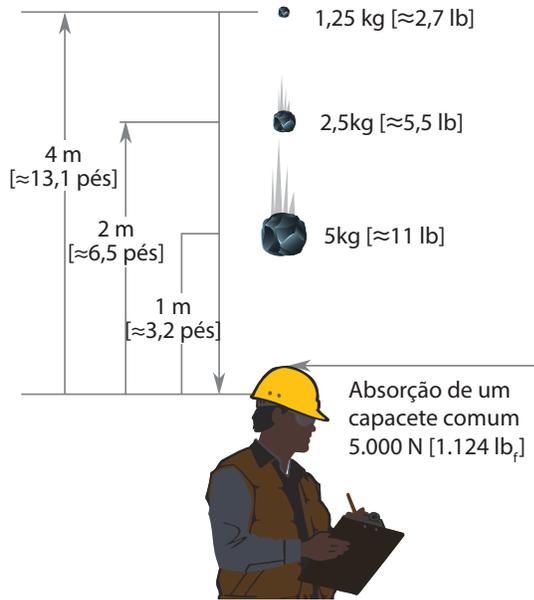
Foto gentilmente cedida por <http://fallarrestsafety-nets.com.au/>

Outra forma de analisar a necessidade de proteção contra a queda de materiais é comparar as forças de impacto produzidas pela queda de objetos relativamente pequenos e as forças que podem danificar um capacete de proteção. Espera-se que um capacete comum absorva cerca de 5.000 newtons [≈ 1.124 lb-pés] de força. A energia necessária para produzir esses impacto de 5.000 newtons [≈ 1.124 lb-pés] é produzida por um objeto de

5 quilos [≈ 11 lb] caindo de 1 metro [$\approx 39,5$ pol.] de altura. O mesmo impacto pode ser produzido por um objeto de 1,25 quilo [$\approx 2,7$ lb] caindo de 4 metros [$\approx 13,1$ pés] de altura. Para pesar 1,25 quilo [$\approx 2,7$ lb], um fragmento de carvão poderia ter as reduzidas dimensões de 75 x 75 x 230 milímetros [$\approx 3 \times 3 \times 9$ pol.]. (**Figura 14.2.**) Em resumo, mesmo um pequeno fragmento não precisa cair de grandes alturas para transmitir energia suficiente para causar ferimentos graves e, até mesmo, fatais.

Figura 14.2.

Quando um fragmento de tamanho suficiente cai a uma distância suficiente, ele pode exceder o valor nominal de impacto de um capacete convencional. (Não ilustrado em escala)



Independentemente dos materiais a granel, as zonas de carga e descarga do transportador estão suscetíveis à criação de derramamentos, vazamentos e pó, que podem cair e criar um risco direto e imediato. O material também pode ficar acumulado na estrutura e nos componentes do transportador e criar um risco latente que pode liberar grandes massas sem aviso, mesmo quando o transportador está parado.

A queda de materiais também pode resultar em acúmulos sobre as passagens, criando o risco de escorregões e quedas. Em alguns casos, pode ser útil fornecer uma estrutura ao longo da passagem que sirva como um guarda-chuva e direcione o material em queda para uma área de coleta, da qual o material pode ser facilmente removido.

Figura 14.3.

Nessa instalação, a rede está suspensa a certa distância dos transportadores, permitindo uma queda maior.



Figura 14.4.

A queda de um rolo de um conjunto de roletes abriu um buraco no telhado do edifício; isso poderia ter causado sérios danos ou mortes.



Falhas dos componentes do transportador são a segunda consideração mais importante no que diz respeito à proteção contra a queda ou o lançamento de objetos. Os rolos dos roletes de retorno representam um risco caso se soltem dos respectivos suportes ou apresentem desgaste e quebrem. Componentes soldados ou aparafusados, como placas de desgaste, podem se soltar e cair, causando lesões nos funcionários ou levando a danos à correia e a outros componentes, o que, por sua vez, leva a riscos de danos adicionais.

Foto gentilmente cedida por Dick Stahura, Jr. e Larry Engle.

Captura de fragmentos, proteção para os trabalhadores

As redes são um tipo de proteção instalada para proteger os trabalhadores (e os equipamentos) contra o bombardeio de material fugitivo que é derramado dos transportadores. (**Figura 14.3.**) Por diversas razões, o derramamento é um problema que afeta muitos transportadores de manuseio de materiais a granel. Porém, ele representa um risco maior à segurança em transportadores elevados e que passam sobre passarelas, vias e áreas de trabalho.

Isso não quer dizer que os trabalhadores ou as áreas de trabalho não possam ser cobertos por telhados, protetores ou barreiras de outros tipos. Entretanto, muitas coberturas, especialmente chapas metálicas onduladas, geralmente presentes em áreas de manutenção de fábricas, não são projetadas para lidar com as cargas de impacto geradas pela queda de grandes objetos. Já ocorreram incidentes em que roletes de retorno caíram de transportadores e perfuraram telhados; alguns incidentes resultaram em ferimentos graves. (**Figura 14.4.**)

A instalação de redes de segurança para capturar fragmentos oferece algumas vantagens. Suspensas abaixo do transportador, em um plano mais ou menos horizontal, essas redes contêm os derramamentos, bem como protegem os trabalhadores. Se adequadamente instaladas e dimensionadas, as redes apanharão os fragmentos maiores, ao mesmo tempo permitindo que pedaços menores e partículas caiam pelas aberturas. Isso evita ferimentos e minimiza a carga de material suportada pela rede. (**Figura 14.5.**)

A desvantagem da captura de partículas muito pequenas é que o peso suportado pela rede aumentará mais rapidamente. Como resultado de uma tela com aberturas muito estreitas, a rede e a estrutura sofrerão maior tensão, e a rede precisará ser esvaziada mais rapidamente ou a intervalos de tempo menores.

Deve-se considerar quais equipamentos e procedimentos serão necessários para remover

com segurança os fragmentos presentes na rede apanhadora, especialmente se a própria rede tiver instalação em altura. É difícil determinar quantas vezes a rede precisará ser esvaziada até que ela esteja instalada, embora a limpeza de derramamentos anteriores possa fornecer uma indicação.

A rede pode ser pendurada próxima ao transportador, minimizando a distância da queda e a energia do impacto.

As características de uma rede suspensa proporciona alguns benefícios de absorção de impactos. Ela amortece e retém os fragmentos, em vez de desviá-los, como ocorreria com uma telhado metálico inclinado.

A rede suspensa absorve a força do impacto sem dobrar ou curvar, protegendo a estrutura do transportador. Ao contrário das telas metálicas, as redes são flexíveis e podem ser adaptadas a retas, curvas, junções e gradientes, sem rupturas ou aberturas. A flexibilidade das redes "trançadas" ou entrelaçadas com nós viabiliza um sistema de proteção que acompanha perfeitamente o traçado do transportador.



Figura 14.5.

Nessa instalação, fragmentos maiores foram capturados pela rede, mas partículas menores caíram no chão através da tela.

Foto gentilmente cedida por <http://fallarrestsafety-nets.com.au/>



Figura 14.6.

As redes são instaladas para proteger a infraestrutura e as pessoas contra a queda de itens do transportador.

Utilização de redes como método de proteção

Sistemas de redes protegem instalações e pessoas de itens que podem cair de transportadores parados ou em movimento. (**Figura 14.6.**) As redes para transportadores são similares àquelas utilizadas em canteiros de obras para reter detritos e materiais de construção. As redes para detritos de construções podem ter diversos tamanhos de telas, tipicamente, de 20 a 100 milímetros [$\approx 0,75$ a 4 pol.], e resistências de acordo com os requisitos.

As redes para transportadores foram desenvolvidas para serem duráveis e reutilizáveis, sendo fabricadas com fibras de alta tenacidade. A tenacidade é uma medida de resistência da fibra ou fio, definida como a força máxima (de ruptura) de uma fibra. Fibras sintéticas modernas, como o polipropileno e a poliamida, são incorporadas a muitas redes industriais de segurança (contra quedas). Portanto, essas fibras devem fornecer um desempenho eficaz e duradouro na aplicação das redes contra os derramamentos dos transportadores.

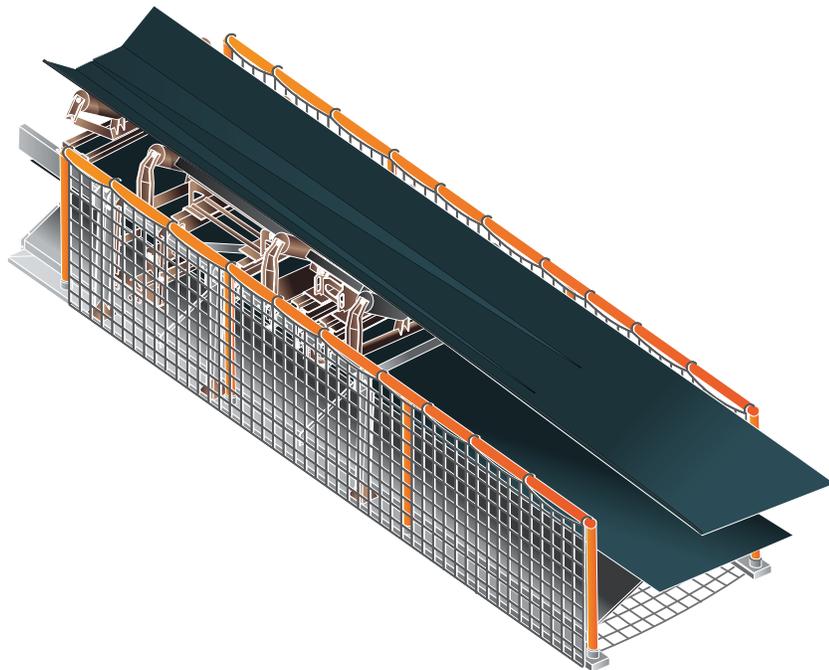
Utilização de telas de arame como redes

Como uma alternativa às redes de tela para a captura de materiais, telas de arame, como aquelas utilizadas em cercas, podem ser utilizadas. Há diversos motivos pelos quais as telas de arame podem ser instaladas com sucesso como redes "apanhadoras" para impedir a queda de itens, entre eles:

- Elas são resistentes, duráveis e suportam vários materiais e condições desafiadoras.
- Elas podem ser facilmente encontradas com diversos tamanhos de aberturas, de $\frac{1}{2}$ por $\frac{1}{2}$ polegada até 3 por $5\frac{1}{2}$ polegadas [≈ 12 por 12 mm até 75 por 140 mm].
- Os materiais disponíveis incluem cabos de aço carbono, galvanizado e inoxidável, em diversos calibres.
- A tela padrão, calibre 11, com 2 x 2 polegadas [≈ 50 por 50 mm], passa no teste de deformação padrão para proteções.
- Muitos trabalhadores têm experiência com telas de arame.
- Os componentes para a construção de estruturas modulares podem ser encontrados com facilidade.

Figura 14.7.

Uma "caixa" construída com redes pode ser instalada ao redor do transportador para impedir a queda de cargas e componentes.



Cercas de arame geralmente são usadas em outras partes da fábrica/mina/instalações, o que ajuda na padronização das proteções e na pronta disponibilidade dos materiais no local. (**Consulte Recomendação: cercas de arame como redes de proteção contra a queda de materiais.**)

Rede ou caixa de tela

Embora em sua maioria as "redes apanhadoras" sejam suspensas nos pontos necessários, isto é, onde é mais provável que o material seja lançado da correia em movimento, há sistemas disponíveis em que todo o transportador pode ser envolto por uma caixa de tela. (**Figura 14.7.**) Há um fornecedor que oferece uma estrutura de caixa com três lados, com 3 pés [≈900 mm] de cada lado, que cobre uma seção do transportador com 25 pés [≈7,6 m] de extensão usando telas de 1 polegada [≈25 mm]; é possível que sistemas semelhantes possam ser desenvolvidos para correias mais largas. Esses sistemas foram concebidos para transportadores de rolos em operações de armazenagem, mas podem funcionar bem para proteger funcionários que trabalham próximos a transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel, especialmente em espaços confinados ou em ambientes internos.

Especificações para telas

Há telas disponíveis em vários tamanhos, de 100 por 100 milímetros [≈4 por 4 pol.] até para 10 por 10 milímetros [≈0,375 por 0,375 pol.] ou menores. As telas de arame estão disponíveis com aberturas de ½ por ½ polegada até 3 por 5½ polegadas [≈12 por 12 mm até 75 por 140 mm]. Como observado anteriormente, telas menores reterão mais material e, como resultado, ficarão cheias e precisarão ser esvaziadas mais depressa.

Um fornecedor de redes deve ser capaz de oferecer diversas especificações de telas. A especificação deve incluir os tipos de fibras e as dimensões do "fio" utilizado na fabricação

da rede, a carga nominal e detalhes sobre a fixação das bordas. O fornecedor também deve oferecer orientação sobre a instalação da rede na estrutura do transportador.

Obviamente, as redes instaladas devem ser inspecionadas para verificar suas condições e seu desempenho em intervalos regulares. Muitas vezes, as redes podem ser adquiridas com telas adicionais, que podem ser "sacrificadas" em testes de resistência periódicos.

REGULAMENTOS E NORMAS

Na maioria dos casos, as normas de segurança estabelecidas para transportadores indicam que os trabalhadores devem ser protegidos contra a queda ou o lançamento de materiais, mas elas fornecem pouca orientação sobre como alcançar esse objetivo. As normas publicadas sobre redes de segurança geralmente dizem respeito às redes de segurança contra quedas para as equipes que trabalham em altura e, por isso, têm pouca aplicação às redes utilizadas para conter a queda das cargas do transportador. (**Figura 14.8.**)

No entanto, é uma exigência geral proteger os trabalhadores contra a queda de materiais da correia do transportador.



Austrália

A norma da Austrália/Nova Zelândia *AS/NZS 4024.3610:2015 Safety of Machinery – Conveyors – General requirements* contém



Figura 14.8.

Redes devem ser instaladas sob as correias para proteger os trabalhadores debaixo dos transportadores.

Foto gentilmente cedida por <http://fallarrestsafety-nets.com.au/>

requisitos para a redução dos riscos à segurança por meio da contenção do material derramado. Na cláusula 2.13.2.6, é observado que, sempre que o material transportado puder cair ou ser lançado em uma área acessível aos trabalhadores, proteções deverão ser obrigatoriamente instaladas. Ao considerar quais tipos de proteções devem ser fornecidas, a cláusula estabelece que as propriedades físicas do transportador e da carga, como as dimensões e a massa dos fragmentos, a velocidade da correia e a altura do transportador, deverão ser analisadas.

Da mesma maneira, a seção 2.13.2.1 observa que as proteções devem impedir a queda e o lançamento dos materiais sobre as pessoas.

Em relação às passarelas sob os transportadores, a seção 2.4.2.3 também indica que o equipamento deve ser protegido, a fim de evitar a queda de rochas sobre os trabalhadores que se deslocam abaixo do transportador.



Brasil

Indicações sobre a proteção contra a queda de materiais transportados são fornecidas em duas normas no Brasil:

NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos (seção sobre transportadores de materiais):

12.90.2-3

A permanência e a circulação de pessoas sobre os transportadores contínuos devem ser realizadas por meio de passarelas com sistemas de proteção contra quedas, conforme item 12.70. [Trecho anterior extraído sem alterações do texto da norma.]

NR-22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração (seção 22.8 Transportadores contínuos através de correia):

22.8.5

O trânsito por baixo de transportadores contínuos só será permitido em locais protegidos contra queda de materiais.

22.8.9

Os transportadores contínuos elevados devem ser dotados de dispositivos de proteção onde houver risco de queda ou lançamento de materiais de forma não controlada.



Canadá

De acordo com a norma *Occupational Health and Safety Act, Revised Regulations of Ontario, 1990*, Regulamentação 854 Minas e instalações de mineração, seção 196 (4):

Devem ser fornecidas proteções sob transportadores:

- (a) que passem sobre os trabalhadores; ou
- (b) que ponham em risco um trabalhador devido à possibilidade de queda de materiais ou peças.

Na seção 3 - Transportadores da Regulamentação *Quebec's Occupational Health and Safety in Mines Regulation (O.C. 1236-98, s.1) Revised Regulations of Quebec*, é exigido que

373 Todos os transportadores devem: ...

- (2) ser equipados com um dispositivo que impeça a queda de qualquer objeto ou material caso o transportador esteja instalado sobre locais onde haja deslocamento dos trabalhadores; (O.C. 119-2006, s.25)



Europa

Na seção 5.1.5.2 Materiais manuseados, a norma *DIN EN 620:2011-07* estabelece:

Todo o trajeto do transportador, principalmente os pontos de carga, descarga e transferência, deverão ser concebidos de modo a minimizar o risco de derramamento de materiais.

Para minimizar os problemas ocasionados por possíveis

derramamentos, atenção especial deve ser dada às polias de cabeça e traseira, principalmente à última, que pode apresentar problemas devido a materiais inadvertidamente transportados no lado do retorno da correia do transportador.

Caso o transportador passe sobre áreas de trabalho ou trânsito, deve ser fornecida proteção adequada contra a queda dos materiais transportados ou de resíduos, de acordo com o tipo de material manipulado, por exemplo, por meio de placas de proteção, telas de arame...

A instalação deve ser projetada de maneira a facilitar a limpeza. Se houver a possibilidade de aderência de materiais à correia, dispositivos devem ser fornecidos para impedir a entrada de material nos pontos de pressão. Esses dispositivos devem ser concebidos de maneira que não haja risco de queda de material nas áreas de trabalho ou trânsito, por exemplo, usando chutes de coleta, caixas etc.

Os equipamentos de transporte devem ser concebidos para evitar que os materiais transportados escorreguem ou caiam, considerando a utilização a que são destinados.



Índia

A norma indiana *IS.7155 (Parte 2)-1986* apresenta a exigência em pelo menos três áreas:

3.1.22

As partes suspensas de pórticos em cruzamentos de vias e ferrovias, passagens, galerias, locais de trabalho sob transportadores aéreos utilizados pela equipe deverão ser protegidos por coberturas adequadas, tais como placas/chapas de aço, para impedir a queda de materiais/objetos sobre tais áreas/os funcionários.

3.2.10

Caso o equipamento passe sobre estações de trabalho ou passarelas, proteções adequadas deverão ser fornecidas contra a queda acidental de materiais transportados.

3.2.21.2

Em pontos ao longo do transportador onde houver a probabilidade de que o material fique solto e onde a queda represente um perigo para as pessoas, proteções adequadas ou abas de retenção deverão ser fornecidas.



Estados Unidos

Nos Estados Unidos, várias agências reguladoras exigem medidas para evitar acidentes e ferimentos como resultado da queda de materiais de transportadores. Nas *Parte 56 e 57, Normas de segurança e saúde – minas de superfície para a exploração de metais e não metais, da norma 30 CFR* da MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em Mineração), é observado:

56.14110/57.14110

Queda ou lançamento de materiais.

Em áreas em que o lançamento ou a queda de materiais decorrente da operação de peneiras, trituradores, ou transportadores represente um risco, proteções ou outros dispositivos que protejam contra o lançamento ou a queda de tais materiais devem ser fornecidas para resguardar as pessoas.

As regulamentações da OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) são semelhantes; a norma *29CFR 1926.555 (a)(5)* observa:

Caso o transportador passe sobre áreas de trabalho, corredores ou vias, proteções adequadas deverão ser fornecidas para proteger os trabalhadores que tiverem como atribuição trabalhar abaixo dos transportadores.

A norma *ASME B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment* contém uma prescrição ainda mais geral:

5.9.2 Proteção devido à localização ou posição...

- (d) Embora os transportadores aéreos possam estar protegidos devido à sua localização, proteções contra derramamentos, proteções do tipo bandeja ou equivalentes deverão ser fornecidas caso o material possa cair do transportador e colocar a equipe em risco.

Há um trecho semelhante no item 5.13 Pontos de transferência, carga e descarga:

- (a) Nos pontos de transferência, carga e descarga, onde a queda livre incontida e não controlada de materiais possa ser ocasionada por transbordamento, ricochete, sobrecarga, trajetória, vazamento ou uma combinação desses fatores, tal queda livre incontida e não controlada de materiais deverá ser prevenida, caso ela represente um risco para a equipe.

O código State of Washington Administrative Code, seção *WAC 296-806-42020*, registra os seguintes requisitos para proteções contra derramamentos:

Você deve:

- Instalar proteções contra derramamentos sempre que os transportadores passarem próximos ou sobre áreas de trabalho ou de passagem.

Figura 14.9.

"Rede de proteção" instalada ao longo da extensão de um transportador aéreo.

Imagem gentilmente cedida por <http://fallarrestsafetynets.com.au/>



- Essas proteções devem ser projetadas para apanhar e reter materiais que possam ficar soltos ou cair.

MELHORES PRÁTICAS

Proteção contra a queda de materiais ou componentes

- Reduza a capacidade nominal do transportador para minimizar problemas com cargas intermitentes ou surtos.
- Projete o transportador para que a correia não tenha inclinação superior a 5 graus no ponto de carga, a fim de reduzir a chance de deslocamento ou deslizamento e retorno do material.
- Opere o transportador de acordo com sua capacidade de carga projetado, nunca acima.
- Mantenha trituradores e outros equipamentos do processo operando de maneira que os fragmentos da carga não tenham dimensão superior àquela especificada no projeto do transportador.
- Instale calhas guia suficientemente longas na zona de carga, para permitir que o material seja acomodado antes de deixar a extensão do chute.
- Forneça proteções ou defletores que conterão a queda ou o lançamento de materiais nos pontos de transferência.
- Forneça proteções ou redes que suportem a queda de fragmentos ao longo da extensão do transportador.
- Forneça proteções de área ao longo da extensão do transportador para impedir a passagem sob o transportador, exceto nas áreas protegidas e designadas para a travessia.
- Forneça cestos coletores para os rolos de retorno nos pontos onde o transportador passa sobre vias, edifícios ou outras áreas acessadas por pessoas.

- Use um raspador em V ou diagonal antes do retorno da correia na polia traseira, a fim de orientar o material para fora da correia e em direção a um local definido e protegido, ao mesmo tempo impedindo que o material seja lançado pela polia giratória ou pela correia em movimento.

Características das redes

A rede deve ser:

- Suficientemente grande para cobrir a área onde os fragmentos podem cair ou ser desviados (pela estrutura); quanto mais próxima ao transportador a rede for instalada, menor sua dimensão total poderá ser. É uma boa prática superdimensionar a rede, pois os pontos de queda do material podem ser muito diferentes daqueles inicialmente previstos, devido a alterações na velocidade, trajetória ou configuração estrutural do material.
- Suficientemente resistente para capturar e reter o maior objeto que poderia ser transportado. A resistência pode ser avaliada em comparação com a energia cinética calculada, que é definida pela dimensão e massa máximas do fragmento na distância de queda local.
- Capaz de suportar o impacto de fragmentos de grandes proporções, mesmo com o peso de um ou mais fragmentos grandes. O método de fixação e a estrutura na qual a rede foi instalada devem suportar o peso de uma rede cheia de materiais a granel.
- Capaz de suportar bordas afiadas. Resistência a rupturas (ou tecidos do tipo "ripstop" que rasgam mas não engarçam) prolongarão a vida útil da rede.
- Capaz de manter o desempenho no ambiente ao qual será submetida. As redes estão sujeitas às condições de sua instalação, incluindo clima, luz do sol, temperaturas extremas, insetos, animais e exposição a substâncias químicas industriais, poluição e sujeira.

- Ter uma tela suficientemente pequena para capturar fragmentos, independentemente do tamanho, que possam levar a lesões consideráveis para os trabalhadores ou pedestres na área de impacto.

Características de instalação das redes

As melhores práticas de instalação incluem:

- As redes de proteção devem ser instaladas o mais próximas possível do plano do transportador.
- As redes devem ficar suspensas sob o transportador e devem ser instaladas em um plano mais ou menos horizontal. Os fragmentos "quicarão" e deslizarão em direção à parte mais baixa da rede e poderão afetar a estrutura do transportador ou outros componentes ao longo da queda. Os materiais na rede cairão em direção à parte mais baixa da rede, tanto durante o movimento de descida inicial quanto como resultado do impacto dos fragmentos subsequentes.
- As redes devem ser posicionados para capturar detritos que caem em qualquer direção. Isto é, a carga cairá da correia com movimentos na direção de transporte do transportador, no sentido oposto ao da direção de deslocamento do transportador ou de qualquer um dos lados da correia.
- As redes só devem ser instaladas em locais onde haja espaço suficiente abaixo para permitir deformações como resultado do impacto dos fragmentos. Isso absorverá o impacto sem oferecer riscos aos trabalhadores ou danos ou desgaste indevido (do fragmento ou do solo) à rede.
- A forma como a rede será descarregada após suportar o peso dos fragmentos também deve ser levada em consideração.

CONCLUSÕES

O resultado da utilização das redes protetoras

As redes para transportadores são uma solução simples para proteger os trabalhadores contra lesões e os equipamentos contra danos ou perdas. (**Figura 14.9.**) Como visto anteriormente, a maior parte das normas de segurança para transportadores não exige, especificamente, o uso das redes; a aplicação de redes e outras barreiras é um método comprovadamente eficaz para conter a queda ocasional de materiais derramados e, assim, reduzir o risco de ferimentos no trabalho com transportadores de correia.

Entretanto, é preciso observar que, caso haja um problema repetitivo acentuado de derramamentos de materiais ao longo do transportador, medidas deverão ser tomadas para corrigir as causas do derramamento.

As causas devem ser avaliadas; elas podem incluir qualquer um ou todos os seguintes problemas: danos estruturais, sobrecarga, padrão e práticas de carregamento inadequados, problemas a montante com o posicionamento da carga ou com as dimensões dos fragmentos, influência do vento e do clima sobre a correia ou desvios da correia devido a outras causas. A operação deverá, então, considerar a correção desses problemas para reduzir a necessidade e a dependência das redes.

As redes são disponibilizadas por fornecedores comerciais em diversos materiais e com diversas especificações; um fornecedor confiável pode ajudar a desenvolver uma opção de rede adequada. Não importa se o sistema do transportador está localizado próximo ao nível do solo ou se é suspenso: as redes protetoras são uma resposta viável para o problema de queda das cargas.

As redes são uma solução eficaz e comum, mas elas geralmente não resolvem a causa original do perigo. As redes protetoras representam um paliativo, em vez de uma solução para problemas com o derramamento de materiais.



Recomendação: cercas de arame como redes contra a queda de materiais

Uma forma de proteger e reduzir o risco de queda de materiais é utilizar cercas de arame instaladas paralelamente à estrutura da correia, em substituição a redes de tela de outros materiais. Essa aplicação é compatível com o uso de cercas de arame estruturadas, como recomendado no **Capítulo 10 Proteções**.

As cercas de arame, também conhecidas como malhas de arame, entre outros nomes, podem ser instaladas na horizontal e posicionadas mais ou menos planas, para apanhar materiais em queda. Instaladas dessa maneira, elas oferecem várias vantagens se comparadas às redes de tela.

Estas vantagens incluem:

- Redes de tela podem ser mais adequadas à utilização temporária, não suportando, assim, anos de sol e intempéries em aplicações de transportadores.
- É mais difícil fixar as redes de tela na estrutura de maneira adequada. O uso de braçadeiras, que também não têm valor nominal de carga adequado e sofrem deterioração ambiental, é comum.

As cercas de arame e materiais para a estrutura (como indicados no manual do produto CLF-PM0610 do Chain Link Fence Manufacturers Institute (Instituto dos Fabricantes de Cercas de Arame), atualizado em junho de 2016) sugeridos incluem:

- Estruturas
Tubo de aço ASTM F1083 grau Regular, 1,875 polegada [≈47 mm], Série 40 limite de elasticidade de 30.000 libras por polegada quadrada [≈0,208 MPa]
- Tela
Tela de 2 polegadas [≈50 mm] com cabo de aço calibre 6 diâmetro nominal do fio de 0,192 polegada [≈4,88 mm] grau de aplicação Comercial/Industrial/Segurança

Acabamento do material: revestimento galvanizado ou em aço

Essa recomendação foi feita pelo mesmo motivo que levou esta publicação a recomendar três tamanhos de telas, incluindo o arame, como painéis de proteção; a padronização reduz a chance de cometer erros na aplicação do material como proteção.



"Rede protetora" instalada ao longo da extensão de um transportador aéreo



Capítulo 15 Transportadores, correias e incêndios

Crédito

Este capítulo foi preparado com a generosa ajuda de Geoff Normanton, VP sênior de tecnologia da Fenner Dunlop Americas.

Foto de Phil Hearnell Fairfax Syndication, protegida por direitos autorias.

INTRODUÇÃO	207
Impacto dos incêndios sobre correias de transportadores	210
Causas de incêndios em correias de transportadores	211
O incêndio da mina Creswell	214
Determinação das propriedades retardadoras de chamas das correias.....	215
Densidade e toxicidade da fumaça ..	221
REGULAMENTOS E NORMAS.....	223
Determinação do nível adequado das propriedades retardadoras de chamas.....	232
Tecnologias de detecção de incêndios em correias	234
Combate a incêndios em correias de transportadores	235
MELHORES PRÁTICAS	241
CONCLUSÕES	243

INTRODUÇÃO

O desafio dos incêndios em transportadores

Correias convencionais são facilmente inflamáveis, propagam o fogo rapidamente e liberam quantidades consideráveis de fumaça. Para operações que dependem de correias transportadoras, incêndios nessas correias representam riscos especialmente elevados para a segurança dos trabalhadores e para os resultados da empresa, por dois motivos.

O primeiro motivo é a capacidade dos transportadores de espalhar um incêndio por longas distâncias. Há um grande risco de que o transportador com uma correia (ou carga) em chamas transporte as chamas por toda a instalação. Como Sytze Brouwers observou em um artigo na publicação *Bulk Solids Handling*, um transportador de correia pode "literalmente transportar o fogo por todo o local. E as consequências podem ser catastróficas". (**Figura 15.1.**)

Um segundo desafio é a dificuldade de combater incêndios em transportadores. A correia é uma estrutura longa, e o fogo pode se espalhar ao longo desse percurso prolongado. O trajeto da correia muitas vezes passa ao redor ou através de diversos compartimentos e estruturas que apresentam riscos de iniciar ou manter as chamas de um incêndio, o que dificulta o combate. Além disso, a estrutura do transportador frequentemente está em uma posição elevada ao longo dessa extensão prolongada.

Correias de transportadores, sejam elas fabricadas com borracha natural ou sintética, ou mesmo plástico, devem ser consideradas capazes de propagação autossustentada das chamas, independentemente da ausência ou presença de outros materiais combustíveis. Assim como Brouwers, um engenheiro de aplicações de um fabricante de correias, observou:

As superfícies superior e inferior que protegem a carcaça da correia e a camada de borracha entre as dobras de tela da carcaça podem ser projetadas para resistir ao fogo, mas não é possível tornar toda a estrutura da correia à prova de incêndio. ... Em outras palavras, toda correia entrará em combustão caso seja exposta a uma chama com energia suficiente para inflamá-la.

Uma vez em chamas, as correias de transportadores podem dar origem à uma fumaça negra e densa. Essencialmente, o fogo e a fumaça são semelhantes àqueles presentes em um incêndio de pneus. (**Figura 15.2.**) A chama e a fumaça complicam ainda mais as tarefas de evacuação dos trabalhadores e de combate ao incêndio.

Se uma correia em chamas for rompida sob tensão, as extremidades podem ser lançadas em direções opostas, resultando em dois incêndios separados, em locais diferentes, bem como no lançamento de respingos de resíduos de borracha quente.

Em um sistema de transportador, a carga principal (ou potencial) do incêndio está contida no material transportado e na própria correia. Cargas combustíveis incluem lascas de madeira e pedaços de madeira, grãos, açúcar e carvão. O produto em chamas pode ser passado de uma correia para outra, espalhando o incêndio. Materiais a granel com temperaturas elevadas, gerados por processos de alta temperatura, como cimento ou coque, podem criar riscos para a correia e para a operação como um todo.

Compartimentos e estruturas de transportadores normalmente têm construção não inflamável. No entanto, qualquer grande incêndio no sistema do transportador pode danificar suas estruturas. Transportadores inclinados podem criar um efeito como o de uma chaminé, aumentando a propagação de um incêndio e ampliando o potencial dos danos.

Em um artigo que discutiu um incêndio em uma correia, ocorrido em 2004 na empresa Northam Platinum, um consultor de segurança do sul-africano observou: "Quando um incêndio em um transportador



Figura 15.1.

Para operações que dependem de correias de transportadores, incêndios nessas correias representam altos riscos para a segurança dos trabalhadores e para os resultados da empresa.



Figura 15.2.

Incêndios em correias liberam uma fumaça negra e densa, semelhante à de um incêndio de pneus.

Foto gentilmente cedida por Greater Eagle Fire Protection District.

começa, ele logo cresce e se torna um evento que não pode ser facilmente controlado".
(Consulte Os custos de um incêndio em um transportador, em termos de vidas e lucros para uma empresa.)

Preocupações adicionais em operações subterrâneas

Incêndios em correias são ainda mais preocupantes em aplicações subterrâneas. Isso ocorre devido ao aumento dos riscos do fogo para a equipe e ao aumento da dificuldade em combater os incêndios nas áreas remotas da aplicação, onde há acesso limitado e ventilação restrita ou controlada. Como o relatório de 1993 do Health and Safety Executive do Reino Unido, *Safe use of belt conveyors in mines*, afirmou:

Os incêndios são o maior perigo associado a correias de transportadores subterrâneas, pois eles têm o potencial

de causar várias mortes. Minas podem ser comparadas a plataformas de petróleo e gás offshore em sua complexidade e risco potencial, ambos tendo pessoas e máquinas em espaços confinados e com atmosferas potencialmente perigosas. Em minas e plataformas offshore, pode ser difícil escapar rapidamente do incêndio e da fumaça. Além disso, o incêndio embaixo do solo cria fumaça e possíveis concentrações letais de monóxido de carbono e outros gases tóxicos, que podem ser levados pela corrente de ventilação pela mina.

Em um artigo de 2008, *Conveyor belt entry fire hazards and control*, Harry Verakis e Michael Hockenberry da Mine Safety and Health Administration (MSHA), observaram:

Não demora muito para que um incêndio em uma correia de um transportador cresça em intensidade e

O incêndio da mina Aracoma: calor por atrito resulta em tragédia

No dia 19 de janeiro de 2006, ocorreu um incêndio na correia do transportador da mina de carvão Aracoma Alma Coal Mine, em Melville, Condado de Logan, West Virginia. A fumaça passou pelas aberturas nas paredes da mina e entrou pela passagem de ar que os mineiros deveriam usar para a evacuação, reduzindo a visibilidade e levando, por fim, à morte de dois trabalhadores. Os dois mineiros morreram de envenenamento por monóxido de carbono, depois de se separarem dos outros membros da equipe. O incêndio não foi totalmente extinto até o dia 24 de janeiro de 2006, cinco dias depois do início.

Segundo a investigação da MSHA, o incêndio ocorreu devido ao aquecimento por atrito quando a correia do transportador vertical sofreu um desalinhamento. O aquecimento, em conjunto com outros materiais combustíveis, gerou o incêndio na correia do transportador.

Após o incêndio na mina Aracoma, testes realizados pela MSHA em duas amostras de correias concluíram

que ambas cumpriam os requisitos então vigentes dos testes laboratoriais de incêndios da MSHA, norma *Título 30 CFR 18.65* (conhecida como Schedule 2G). As amostras não cumpriam a norma mais rigorosa dos testes Belt Evaluation Laboratory Test (BELT), propostos pela MSHA no final da década de 1980, mas nunca implementados. A norma BELT já é adotada atualmente.

A indicação do atrito como a fonte de ignição desse incêndio na correia é consistente com os dados gerais do setor. De acordo com uma apresentação do ano de 2008, *Conveyor Belt Entry Fire Hazards and Control*, de Harry Verakis e Michael Hockenberry, da MSHA, para o simpósio U.S./North American Mine Ventilation Symposium, dos sete incêndios em correias de transportadores nos Estados Unidos, entre 1º de janeiro de 2006 e 16 de maio de 2008 (incluindo o incêndio de Aracoma), as análises mostram que 3 (≈43%) deles foram causados por aquecimento por atrito ao longo da correia do transportador e um (≈14%) teve origem nos rolos ou rolamentos.

crie uma atmosfera potencialmente letal. ... A correia de um transportador que tem pouca resistência ao fogo espalhará as chamas ao longo das superfícies expostas da correia e, eventualmente, inflamará outros materiais combustíveis, como o carvão.

Os perigos específicos de incêndios em correias subterrâneas foram indicados em uma carta, enviada em 1996 pelos tecnólogos da Monsanto para a MSHA (como citada em uma resposta ao documento *Request for Information RIN 1219-AB60 on Conveyor Belt Smoke and Flame Standards*):

Os efeitos da fumaça são bastante intensificados em uma mina subterrânea, onde a visibilidade, as rotas de fuga e o acesso das equipes de resgate já são severamente limitados. Essa situação é agravada pela prática cada vez mais comum de usar o "ar da correia" para ventilar a mina.

Como observou o relatório *Safe use of belt conveyors in mines*:

Até mesmo um incêndio [subterrâneo] de curta duração pode pôr em risco pessoas longe do incêndio, pois transportadores de correia estão predominantemente em vias de admissão, e todas as pessoas no seu entorno estão em risco.

Impacto dos incêndios sobre correias de transportadores

Os problemas criados pelos incêndios em transportadores tem sido rapidamente manifestados de muitas maneiras.

Em primeiro lugar, é claro, os incêndios em correias resultam em lesões graves e perdas de vidas humanas. Além disso, os incêndios têm um impacto financeiro significativo sobre as operações em que ocorrem. Uma companhia de seguros listou os custos de incêndios envolvendo correias de transportadores diretamente como uma média de

aproximadamente US\$ 8 milhões por sinistro.

Faíscas de solda levaram a um incêndio em um transportador de correia que custou um milhão de dólares a uma usina termoeletrica no Colorado, em 2013. Mais de 300 pés [≈91 m] de correias estavam em chamas quando os bombeiros chegaram ao local. Um incêndio secundário foi criado quando pedaços de correia em chamas caíram sobre o estoque de carvão da usina. As iniciativas de combate ao incêndio foram complicadas pela localização do fogo na estrutura do transportador, a mais de 180 pés [≈55 m] acima do solo. (**Figura 15.3.**) As estimativas iniciais dos danos foram em torno de US\$ 1 milhão; felizmente, ninguém ficou ferido. Como relatado em *KRDO.com*, o incêndio foi atribuído às faíscas de trabalhadores terceirizados soldando o sistema do transportador.

No artigo de 2008, *Conveyor belt entry fire hazards and control*, Harry Verakis e Michael Hockenberry, pesquisadores da MSHA, listaram algumas áreas onde esses impactos financeiros negativos são observados, incluindo:

- Dias perdidos de produção
- Custos de horas extras trabalhadas
- Custos de agentes químicos e equipamentos utilizados no combate
- Custos de isolamento de uma seção da mina ou da mina em si
- Custos de reabilitação das áreas afetadas

De acordo com Verakis e Hockenberry, o custo



Figura 15.3.

Um incêndio em uma correia em um transportador aéreo causou sérios danos a uma usina termoeletrica.

Foto gentilmente cedida pela KRDO-TV.

do incêndio na correia da mina Marianna, da empresa Bethlehem Steel, em março de 1988, é estimado em cinco a seis milhões de dólares, apenas para os esforços de combate ao incêndio. Esse número não inclui outros custos associados, incluindo o eventual fechamento da mina.

Causas de incêndios em correias de transportadores

O relatório da Comissão Europeia, *Early detection and fighting of fires in belt conveyor (Edaffic)*, forneceu uma lista mais abrangente, embora, como o próprio relatório observou, "não exaustiva", de "possíveis fontes de ignição":

- Fricção das correias
- Defeito do rolamento do rolete
- Incêndios de líquidos inflamáveis
- Deslizamento de uma correia em um acionamento
- Rolos emperrados
- Fricção do freio
- Derramamentos de carvão
- Temperatura excessiva do acionamento
- Gripagem dos rolamentos
- Gripagem das engrenagens
- Defeito do rolamento da polia
- Faíscas, causas elétricas
- Fricção entre a correia e a construção

Os custos de um incêndio em um transportador, em termos de vidas e lucros para uma empresa

Um incêndio em um transportador pode não apenas resultar em ferimentos graves e perda de vidas entre os trabalhadores da operação, mas também pode ter um efeito significativo sobre o desempenho financeiro de uma empresa de mineração.

Em setembro de 2004, um incêndio em uma correia a mais de uma milha sob a terra, na mina Northam Platinum, na África do Sul, tirou nove vidas. No momento do incêndio, a mina tinha mais de 1.000 trabalhadores no subsolo. O incêndio foi limitado a uma área onde 55 mineiros estavam trabalhando; 46 foram resgatados, 9 morreram. Os relatórios iniciais afirmaram que o incêndio foi detectado primeiramente em uma correia subterrânea usada para o transporte de minério e resíduos. Os nove mineiros morreram como resultado de asfixia por gases venenosos.

O incêndio interrompeu as operações na mina por seis semanas, a quarta maior produtora de platina da África do Sul. A produção ficou parada durante as investigações sobre o acidente e a mineração foi retomada em novembro.

De acordo com o artigo "Conveyors come under scrutiny after Northam Platinum fire", de Helene Le

Roux, publicado no boletim *Mining Weekly* da África do Sul, as perdas de receitas totais para a empresa devido à suspensão das operações foram estimados em aproximadamente US\$ 25,9 milhões, com base nos preços dos metais e taxas de câmbio em vigor. O dano real da área afetada foi estimado aproximadamente US\$ 1,5 milhão.

Um artigo em *mineweb.com* "Northam Platinum recovers from fire", de Geoff Candy, afirmou que a paralisação da produção resultou em uma queda de 40% nos lucros da empresa no período de seis meses encerrado em 31 de dezembro de 2004. Os lucros da empresa caíram para cerca de US\$ 11,1 milhões nesse período de seis meses, comparados aos quase US\$ 18,3 milhões no período correspondente do ano de 2003. Isso levou a um dividendo reduzido a 57% da taxa do ano anterior, pagando aproximadamente US\$ 0,04 no período de seis meses encerrado em 31 de dezembro de 2004, em comparação com os quase US\$ 0,08 pagos no primeiro semestre de 2003.

As consequências do incêndio na correia foram consideráveis para todos, desde os trabalhadores subterrâneos até os investidores, que ficam distantes do local da mina.

- Superfícies quentes
- Combustão lenta de pó de carvão

O calor devido à fricção parece ser a principal causa dos incêndios em correias. Incêndios em correias de transportadores são mais frequentemente iniciados por falhas mecânicas como roletes paralisados, que ficam ainda mais perigosos quando combinados ao pó de carvão. Essas combustões por atrito são uma fonte comum de incêndios em correia, representando cerca de 20 a 40% de todos os incêndios em correias, dependendo do período e de quem estava mantendo os registros.

O histórico de perdas demonstra que a própria correia apresenta material combustível suficiente para espalhar o incêndio sem a contribuição de outros combustíveis.

O relatório *Safe use of belt conveyors in mines*, um estudo sobre incêndios em transportadores subterrâneos em minas de carvão do Reino Unido, conduzido entre 1986 e 1991, listou

diversas causas, incluindo problemas com roletes e rolamentos e atrito, como mostrado na **Figura 15.4**.

A apresentação de 2008, *Conveyor belt entry fire hazards and control*, de Verakis e Hockenberry, contabilizou 63 incêndios em entradas de correias nos Estados Unidos durante o período de 25 anos, entre 1980 e 2005.

O estudo indicou que o atrito foi a maior causa de incêndios em entradas de correias.

O aquecimento por atrito foi responsável por 36% dos incêndios em entradas de correias, com metade (11 incêndios) sendo originados pelo calor do atrito no acionamento do transportador e a metade restante dos incêndios por atrito sendo causadas pela fricção ao longo da correia. (**Figura 15.5**)

Outras causas incluem "rolamentos de roletes quentes" (por exemplo, roletes com rolamentos defeituosos), que levaram a 10% dos incêndios na entrada da correia, problemas elétricos causaram 13% e 8% tiveram origem

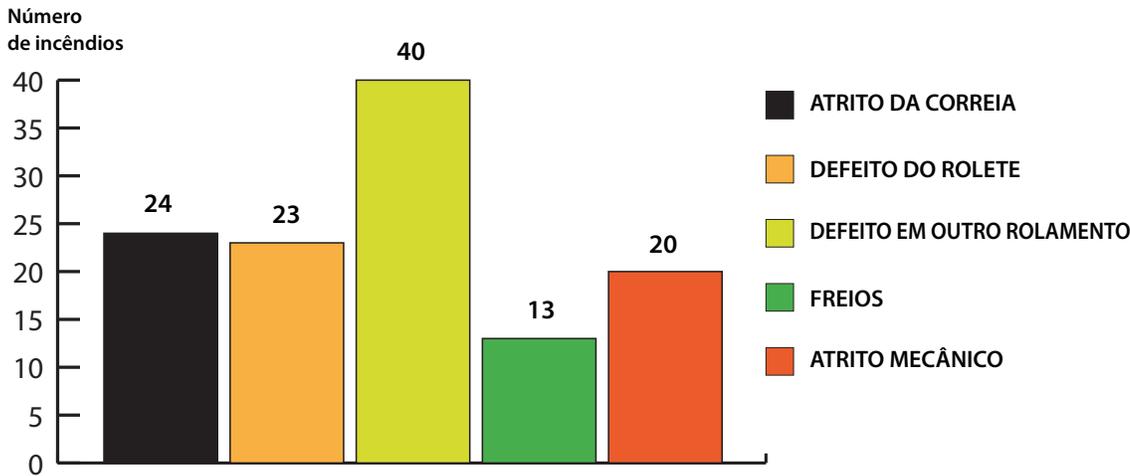


Figura 15.4.

Número e causas de incêndios em correias entre os anos de 1986 e 1991, conforme relatado no relatório *Topic report do HSE, "Safe use of belt conveyors in mines"*.

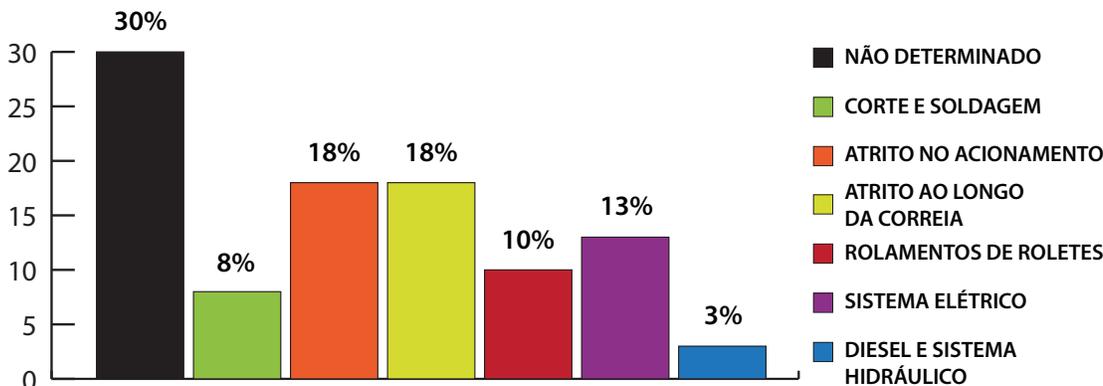


Figura 15.5.

Causas de incêndios em correias como relatadas por Verakis e Hockenberry em sua apresentação do ano de 2008, *Conveyor belt entry fire hazards and control*.



em trabalhos de corte e soldagem.

Conforme observado no *relatório Belt Air Technical Report*, durante o período de 1990 a 1999, nos Estados Unidos:

Havia um total de 87 incêndios relatados em minas de carvão subterrâneas. Esses incêndios foram classificados de diversas maneiras, incluindo pela fonte de ignição e pelo material inflamado, ambos relevantes para uma avaliação das correias como uma fonte de ignição e como combustível. Desses incêndios, 15 (17%) resultaram de ignição por atrito e em 13 (15%) a correia em si foi o principal combustível. A proporção que ocorreu como resultado de ignição de atrito foi ligeiramente menor do que a proporção relatada entre os anos de 1970 e 1988 (17% vs. 22%).

O Boletim SF 10 da FPASA, *Fire Hazards of Belt Conveyors*, publicado em abril de 2000, listou outras causas comuns de incêndios em correias:

- Atividades de corte e soldagem [que] geram partículas quentes de metal fundido, que podem inflamar a correia [carga] ou acúmulos de resíduos abaixo [do transportador].
- Material superaquecido de fornos, estufas ou secadores, que não tenha sido suficientemente resfriado antes de ser colocado na correia.

O atrito como causa

O calor resultante do atrito é uma, se não a principal causa de incêndios em correias. Esse atrito pode surgir em diversos pontos, mas, basicamente, todos estão relacionados ao deslocamento da correia de borracha em direção e sobre a estrutura ou outros componentes do transportador. O atrito adicionado cria o superaquecimento na área do acionamento da correia ou próximo aos roletes ao longo da estrutura da correia.

Quando a correia do transportador é parada, o calor fornece a energia para criar um incêndio na correia. Se a correia do transportador tiver propriedades retardadoras de chama inadequadas, o fogo começará a se propagar ao longo das superfícies expostas.

Uma apresentação de 1981 da Society of Fire Protection Engineers, intitulada *Fire Protection in Coal Handling Facilities New and Retrofit*, do engenheiro K.W. Dungan, registrou:

As estatísticas do setor de mineração de carvão, entre 1951 e 1969, indicam que 91 dos 134 incêndios em transportadores relatados resultaram de aquecimento por atrito. Eles normalmente ocorrem devido ao deslizamento de uma correia em uma polia de acionamento em movimento.

Como observado na **Figura 15.4**, 24 dos 120 incêndios descritos no relatório *Safe use of belt conveyors in mines*, do Health and Safety Executive do Reino Unido, publicado no ano de 1993, resultaram do calor por atrito devido à fricção entre a correia e a estrutura do transportador, e do derramamento de carvão ou outro material. Mais 20 incêndios resultaram de roletes ou rolos girando sobre derramamentos ou contra uma estrutura, também gerando calor devido à fricção. O relatório observou:

Rolamentos defeituosos são, seguramente, a fonte mais comum de ignição de incêndios em transportadores, especialmente aqueles em roletes inferiores, onde há maior probabilidade de contaminação e de contato com material inflamável. Rolamentos em roletes de transportadores fabricados desde o ano de 1986 têm sido lubrificados com graxa FR [Fire-resistant, Resistente ao fogo], o que reduziu a probabilidade de incêndios em rolamentos.

O relatório continua:

Para os projetos atuais de roletes, falhas

dos rolamentos [...] geralmente ocorrem antes do desgaste da carcaça, o que é significativamente menos perigoso e mais controlável com manutenções planejadas. ... A falha do rolamento pode evoluir rapidamente, muitas vezes no período entre as inspeções de rotina, dificultando a manutenção preventiva.

Quando for detectada uma falha iminente do rolamento [geralmente por ruídos do rolamento], deve ser dada prioridade à substituição dos roletes.

O relatório de Dungan também observou que freios defeituosos do transportador podem levar a atrito e calor, que se transformam em incêndios na correia.

Todos os freios mecânicos geram calor por atrito quando acionados, e as lonas do freios podem atingir temperaturas perigosamente altas rapidamente se os freios forem utilizados excessivamente ou se não houver resfriamento adequado. ... A maioria dos incêndios em freios ocorrem quando os freios são acionados acidentalmente ou quando não são totalmente liberados devido a ajustes inadequados, manutenção inadequada ou sujeira.

É importante que os freios mecânicos tenham "capacidade térmica adequada para evitar temperaturas demasiadamente elevadas, se o transportador for parado repetidamente".

O incêndio da mina Creswell

Incêndios em minas no Reino Unido levaram ao desenvolvimento de testes para as correias de transportadores e às especificações para propriedades retardadoras de chamas.

O incentivo mais influente foi o incêndio na Mina Creswell, ocorrido em 1950, em que 80 homens morreram devido ao envenenamento por monóxido de carbono. (**Figura 15.6.**)

Conforme discutido no relatório, *Accident At Creswell Colliery, Derbyshire*, de Sir Andrew Bryan, publicado em 26 de setembro de

1950, um grande desastre resultou do uso de uma correia de transportador subterrâneo. Um princípio de incêndio ocorreu quando o atrito devido a detritos em um ponto de transferência incendiou as correias de borracha. No momento do incêndio, 131 mineiros estavam próximos o incêndio; desses, 80 morreram.

Embora tenha sido detectado alguns minutos após o início, o incêndio se espalhou por aproximadamente 555 metros [≈ 1.820 pés], ao longo de uma estrada de entrada, de acordo com o relatório do Health and Safety Executive, *Safe use of belt conveyors in mines*.

O artigo técnico da NIBA, *MSHA Conveyor Belt "Final Rule"*, relata as investigações:

... Ficou demonstrado que a causa do incêndio foi o rompimento de uma correia, o que bloqueou um chute de

Retardante ou resistente?

Correias de transportadores não podem ser totalmente à prova de fogo.

Sob as condições adequadas (ou, talvez, sob as piores condições) todas as correias, mesmo aquelas com as classificações de propriedades retardadoras de chamas mais elevadas, queimarão e até propagarão as chamas. Os componentes elastoméricos das correias podem ser formulados para resistir ao fogo, mas não podem ser tornados à prova de incêndios.

A definição de trabalho desta publicação é que resistente a chamas significa difícil de inflamar, e retardador de chamas significa que não tem uma boa queima e/ou tem propriedades de autoextinção. A *Wikipedia observa que* "Enquanto um material resistente ao fogo é projetado para resistir à queima e suportar o calor, materiais retardadores de chamas são projetados para queimar lentamente".

Advogados podem ter uma opinião diferente ou, pelo menos, uma opinião que vão justificar em alegações de danos. Porém, nós não somos advogados e para os fins desta publicação, usaremos os termos "resistente" e "retardante" de forma indistinta.

Da mesma forma, as palavras "chama" e "fogo" também serão consideradas sinônimos aqui.

Figura 15.6.

Os trágicos resultados do incêndio na mina Creswell ajudaram a incentivar o desenvolvimento de correias com propriedades retardadoras de chamas.



saída que estava em contato com a correia em movimento. O calor devido ao atrito produzido nesse ponto iniciou o incêndio.

Esse desastre, por sua vez, levou à criação de uma das primeiras normas para correias de transportadores: *National Coal Board Specification P113/1954*. Posteriormente, ela se tornou a norma *NCB 158*, amplamente conhecida. Ela também incentivou a criação de normas em todo o mundo, incluindo o surgimento de órgãos como o Bureau of Mines dos Estados Unidos, que conduziu à introdução de um teste laboratorial de chamas, conhecido como Schedule 2G.

Nos Estados Unidos, a lei *Federal Coal Mine Health and Safety Act* especificou que, após o dia 30 de março de 1970, todas as correias de transportadores adquiridas para uso em minas de carvão subterrâneas deveriam ser propriedades retardadoras de chamas. Os regulamentos de segurança promulgados para implementar as exigências da lei de 1969 especificaram que a correia deveria ser aprovada de acordo com o *Título 30, Parte 18, seção 18.65* (também conhecido como Schedule 2G).

De acordo com o artigo *Reducing the Fire*

Hazard of Mine Conveyor Belts, de Harry C. Verakis da MSHA, durante o período de 19 anos, entre 1970 e 1988, houve 39 incêndios em correias reportados à MSHA. Entre essas ocorrências, 75% ocorreram em entradas de correias da linha principal. Houve um aumento no número de incêndios nos últimos seis anos do período, incêndios que queimaram até 610 metros [≈2.000 pés] de correias e causaram ferimentos e uma morte. Como resultado, um programa de aprimoramento da segurança contra incêndios em correias foi implementado pela MSHA em conjunto com o United States Bureau of Mines. Isso levou ao desenvolvimento do teste B.E.L.T ou BELT (Belt Evaluation Laboratory Test, Teste laboratorial de avaliação de correias), proposto, mas não promulgado até 2007.

Determinação das propriedades retardadoras de chamas das correias

As normas para propriedades retardadoras de chamas de correias de transportadores são baseadas na premissa de que uma correia nunca deve ser a causa de um incêndio, deve ser difícil de inflamar e, se inflamada por uma fonte externa de fogo, não deve propagar

o incêndio. Em resposta à necessidade de estabelecer normas para correias com propriedades retardadoras de chamas e à necessidade concomitante de demonstrar o cumprimento dessas normas, vários testes foram desenvolvidos.

Ao longo das últimas décadas, as normas para testes foram concentradas em quatro requisitos de teste principais, que, por sua vez, geraram os procedimentos de teste. Sem ordem de importância específica, estes requisitos são:

- A superfície da correia deve ser suficientemente condutora para evitar o acúmulo de carga elétrica estática.
- A correia deve resistir a chamas geradas devido ao atrito (como ocorre com um tambor giratório sob uma correia parada).
- A correia deve ser difícil de inflamar (quando em contato com uma chama).
- Uma correia em chamas não deve propagar (espalhar) um incêndio; por exemplo, ela deve ter propriedades de autoextinção.

Esses procedimentos resultaram em correias que impedem incêndios na escala vista na década de 1950, impedindo a ignição e a propagação de chamas geradas por fontes externas e pelo aquecimento por atrito.

Testes de incêndios em correias de transportadores são complexos. Os protocolos detalhados podem exigir grandes porções de correias, métodos controlados de queima e sistemas de medição sofisticados. Até mesmo a fumaça dos procedimentos de teste deve ser cuidadosamente filtrada para cumprir com as normas de controle de poluição do ar.

Teste de descarga estática

A passagem da correia de um transportador por uma polia ou rolete pode criar uma carga estática. A descarga de eletricidade estática pode alcançar os níveis de energia necessários para inflamar alguns tipos de pó.

O melhor é evitar o acúmulo e a subsequente descarga de cargas elétricas estáticas das correias de transportadores em movimento. Em operações onde carvão, gás, fertilizantes, grãos ou outros materiais potencialmente inflamáveis estão presentes, é importante que as correias não acumulem eletricidade estática, que pode gerar uma descarga de faíscas com risco de ignição de pó ou metano, criando um incêndio ou explosão.

De acordo com o documento Tech Note #9 da NIBA, intitulado *Static Electricity Considerations*, uma pesquisa de J.T. Barclay, do National Coal Board (NCB) do Reino Unido, conduzida na década de 1950, estabeleceu que, para correias com valores de resistência superficial de menos de 10^9 ohms, nenhuma carga é mantida. Como resultado, o valor de 3×10^8 ohms (300 megaohms) para a resistência da superfície das correias de transportadores foi estabelecida como norma; esse valor inclui um fator de segurança para permitir inconsistências nas correias.

A resistência elétrica é determinada pela passagem de uma corrente elétrica de tensão especificada entre eletrodos posicionados sobre a superfície da correia. (**Figura 15.7.**) O teste aplica uma tensão CC altamente regulada e estabilizada através das correias, medindo a quantidade de corrente que flui, e, em seguida, calculando uma medição da resistência utilizando a Lei de Ohm. O teste normalmente é realizado com amostras condicionadas à temperatura e umidade especificadas.



Figura 15.7.

Teste de descarga estática.

Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.

Figura 15.8.*Testes de fricção do tambor.**Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.*

Com base no trabalho de Barclay, do NCB, os critérios de aceitação internacionalmente reconhecidos para a condutividade elétrica de correias foi estabelecido como uma resistência máxima de 3×10^8 ohms ($\leq 300 \text{ M}\Omega$), quando testadas pelo método descrito mais recentemente na norma *BS EN ISO 284:2012 Conveyor belts – Electrical conductivity – Specification and test method*. Especificando a resistência elétrica máxima de uma correia de transportador e o método de teste correspondente, o teste garante que a correia seja suficientemente condutora para evitar a acumulação da carga elétrica estática que pode ser desenvolvida durante o funcionamento. Esse teste substituiu o teste *DIN EN 20284 (1993-05)* e outras especificações de testes anteriores.

Essa especificação foi adotada em todo o mundo nos setores de carvão e grãos, incluindo a norma da Occupational Safety and Health Administration (OSHA) dos Estados Unidos, a *29 CFR 1910.272(q)(2)*.

A MSHA não lista atualmente um requisito para descarga estática, fazendo com que os Estados Unidos seja o único grande país com aplicações de mineração que não tem uma norma e um protocolo de testes específicos para resistência estática superficial.

Testes de resistência de aquecimento por atrito

Uma das causas de incêndios em transportadores surge a partir de uma correia parada e um tambor ou polia giratória acionada, ou ainda, devido ao movimento de uma correia passando através de uma polia parada. Isso resulta em um acúmulo de calor que pode se transformar em chamas.

Conseqüentemente, foram desenvolvidos testes para estudar a resistência das correias de transportadores à ignição e ao calor ou faíscas sob condições de fricção. O procedimento comum utiliza uma amostra das correias do transportador tensionadas ao redor de um tambor que gira a uma velocidade especificada. (**Figura 15.8.**) Isso simula uma correia paralisada, onde uma polia de acionamento continua a girar ou um rolete parado com uma correia passando sobre ele. Geralmente, isso é denominado Teste de fricção do tambor.

Nesse procedimento, uma amostra da correia do transportador, adequadamente montada e tensionada, é enrolada em torno de um tambor de aço giratório, simulando uma correia parada. O teste continua, com tensões especificadas e por um período de tempo determinado, ou até que a correia seja rompida. A presença, ou ausência, de chama ou calor é observada, e a temperatura do tambor de acionamento é medida. O teste pode ser conduzido sem deslocamento de ar e/ou com deslocamento de ar.

Na maioria das normas, a correia ou os detritos da correia desprendidos devido à rotação do tambor não devem entrar em combustão pelo período especificado durante o teste. A amostra pode ser rompida ou permanecer intacta, dependendo da norma de teste. A temperatura máxima alcançada pelo tambor durante o teste também é especificada.

Para aplicações em minas de carvão, a temperatura máxima do tambor permitida frequentemente é especificada em 325°C [$\approx 617^\circ\text{F}$], que é abaixo da temperatura de

ignição do pó de carvão. Algumas normas permitem temperaturas do tambor de até 400°C [≈752°F] para cargas não inflamáveis.

Os métodos de teste básicos foram publicados mais recentemente na norma *BS EN 1554:2012*. Os requisitos variam em vários países europeus.

Testes de resistência à ignição

A resistência à ignição é, provavelmente, o teste de execução mais simples e proporciona um teste básico para o controle de qualidade de fabricação, ao mesmo tempo garantindo um nível predeterminado de resistência à ignição das correias dos transportadores. Ele oferece uma medição da possibilidade de provocar a ignição da massa considerável de uma correia de transportador usando uma fonte de ignição relativamente pequena.

Na maioria dos testes, uma amostra da correia do transportador com 1/2 a 1 polegada [≈12 a 25 mm] de largura é submetida a um bico de Bunsen de laboratório durante um período de tempo entre 30 e 60 segundos. (**Figura 15.9.**) A amostra de queima pode ou não ser submetida a um fluxo de ar conhecido durante ou após o teste. Quando a chama do queimador é removida, o tempo necessário para a autoextinção da amostra de correia é medido. Um determinado número de amostras é testado, e o tempo médio para a extinção é calculado. O limite máximo dessa média é especificado na maioria das normas.

Em todo o mundo, existem muitas diferenças nas características das amostras, localização do queimador e fluxo de ar durante e após os testes, o que torna difícil comparar diretamente os normas entre os países.

Na Europa, e em grande parte dos outros países, o teste *EN/ISO 340* envolve a exposição de seis amostras individuais de uma correia à uma chama. Alguns países testam com e sem coberturas, outros países testam somente com coberturas. A especificação exige que cada amostra seja suspensa em um plano vertical,

com o queimador em um ângulo de 45 graus. A fonte da chama é, então, removida, e o tempo de combustão (duração das chamas) da amostra é registrado. Uma corrente de ar é, aplicada à amostra durante um período de tempo especificado, após a remoção do queimador; a chama não deve reacender. O tempo necessário para a autoextinção da amostra de correia é medido. A duração da queima continuada (chama visível) é medida; o tempo deve ser inferior a 15 segundos para cada amostra com uma duração cumulativa de, no máximo, 45 segundos para cada grupo de seis testes. Esse fator de duração é de extrema importância, pois representa o tempo que um incêndio pode ser deslocado ao longo de uma correia em movimento.

Teste de propagação de chamas

O Teste de propagação de chamas pode ser o requisito mais importante para correias de transportadores, e, ao longo dos anos, diversos protocolos de testes em escala real foram adotados em todo o mundo. Esses procedimentos são geralmente conhecidos como Testes de incêndio em galerias. (**Figura 15.10.**)

Historicamente, esses testes têm sido executados em escala real, envolvendo o uso de quantidades consideráveis de correias e combustível para inflamar a amostra.



Figura 15.9.

Procedimento de teste de resistência à ignição estilo bico de Bunsen.

Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.

Figura 15.10.

Disposição para testes de propagação de chamas em galeria em escala real.



Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.

Figura 15.11.

Teste de propagação de chamas em galeria em escala real em andamento.



Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.

Figura 15.12.

Equipamento de teste de chama em escala laboratorial, como o utilizado para o procedimento de teste BELT.



Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.

O método normal de teste é medir o comprimento das correias que não apresentam danos após submeter a amostra ao fogo durante um período de tempo e consumo de combustível fixados. Por vezes o aporte de calor também é medido.

Esses testes em escala real incluem amostras de teste com a largura real das correias, com comprimentos especificados entre 2 e 50 metros [≈6 e 164 pés]. Conjuntos de roletas são, por vezes, utilizados para suportar a correia; os combustíveis complementares variam de madeira e aparas a propano e gasolina.

De acordo com o guia de Fenner Dunlop, de 2013, *MSHA B.E.L.T. or not MSHA B.E.L.T...that is the question?*, o procedimento de teste (**Figura 15.11.**) fazia parte, originalmente, das normas do Reino Unido, Austrália e da Alemanha (German Institute for Normalization, DIN). Nesses procedimentos, uma amostra com dois metros de comprimento de correia, com largura padrão, é apoiada sobre um cavalete, simulando as configurações dos rolete. A amostra era queimada durante 10 minutos, utilizando um queimador de propano, consumindo 1,3 kg [≈2,9 lb] de combustível, sob um fluxo de ar padrão. Após a remoção da fonte de ignição, as chamas devem ser extinguidas, e um comprimento definido das correias não deve apresentar danos. Para satisfazer à norma, 250 milímetros [≈10 pol.] da correia devem estar intactos ao final do teste, após todas as chamas terem sido extintas. A norma *DIN EN 12881-2: 2009* incluiu danos simulados à amostra de correia para expor seu reforço.

Embora esse método de teste seja eficaz e repetível, o teste em si requer instalações em escala real e cria questões ambientais, de saúde e de segurança.

Testes de propagação de média escala

A tendência atual em testes de propagação de chamas é a utilização de amostras muito menores em um dispositivo de testes com dimensões laboratoriais. (**Figura 15.12.**) Conhecidos como testes de média escala, esses procedimentos são projetados para alcançar os mesmos resultados dos testes em escala real, ao mesmo tempo exigindo instalações menores e recursos reduzidos. Os testes de média escala ou "em escala laboratorial" são menos dispendiosos e, reduzindo a emissão de fumaça, reduzem o impacto ambiental do teste.

Por exemplo, nos Estados Unidos, o teste BELT (Belt Evaluation Laboratory Test) da MSHA requer a ignição de uma amostra de correia de 9 x 60 polegadas [$\approx 229 \times 1.524$ milímetros], durante cinco minutos, utilizando um queimador de metano. (**Figura 15.13.**) O fluxo de gás é ajustado em 1,2 pé^3 por minuto [$\approx 34 \text{ l/min}$], como observado no artigo, *Flammability of wider conveyor belts using large-scale fire tests*, de J.H. Rowland III e A.C. Smith. A amostra é apoiada em um suporte com dimensões especificadas, e três testes são realizados. Todas as amostras devem deixar uma extensão de correia sem danos e mensurável após o teste. (**Figura 15.14.**)

A abordagem europeia consiste em utilizar do mesmo compartimento dos testes em escala real, porém com alterações no queimador e nas condições de teste para fornecer resultados de aprovação/reprovação semelhantes aos dos testes maiores.

Como especificado por Bernd Küsel em sua apresentação em PowerPoint intitulada *International Comparison of Fire Resistant Conveyor Belts*, nos testes Laboratory Scale Gallery Test *DIN 22100* e *22118*, uma amostra de correia de 1.200 milímetros de comprimento por 120 milímetros de largura [$\approx 47,2 \text{ pol.}$ de comprimento por $4,72 \text{ pol.}$ de largura] é posicionada sobre um queimador de propano. (**Figura 15.15.**) Semelhante à norma



Figura 15.13.

Procedimento de testes BELT.

Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.



Figura 15.14.

Para ter aprovação no teste BELT, uma porção da amostra de correia deve permanecer intacta após o procedimento de teste.

Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.



Figura 15.15.

Testes europeus de galeria de média escala.

Foto gentilmente cedida pela empresa Fenner Dunlop.

BELT, após a remoção da fonte de ignição, as chamas devem ser extinguidas, e um comprimento definido das correias não deve apresentar danos.

Recentemente, a África do Sul e o Canadá adotaram normas semelhantes aos testes DIN europeus.

Testes do índice limite de oxigênio

Um teste final aplicado em conjunto com as normas para propriedades retardadoras de chamas de correias de transportadores é o teste LOI (Limiting Oxygen Index, Índice limite de oxigênio). Esse teste é utilizado para determinar se uma determinada parte da correia é, de fato, idêntica a uma amostra que foi testada e aprovada anteriormente. Ele fornece uma maneira barata e eficiente para verificar se a correia fornecida está em conformidade com a exigência de proteção contra incêndios acordada.

O Índice limite de oxigênio representa a concentração mínima, expressa em porcentagem, de oxigênio para manter a combustão estável. Ele é medido passando uma mistura de oxigênio e nitrogênio por uma amostra em combustão, e, em seguida, reduzindo o teor de oxigênio na mistura, até atingir um nível crítico em que a combustão não seja mantida.

O ar fresco contém cerca de 21% de oxigênio. Um polímero com um índice de oxigênio inferior vai queimar livremente se exposto ao ar; um polímero com um índice de oxigênio superior vai se extinguir, a menos que uma chama seja aplicada a ele. Assim, um alto índice de oxigênio significa maior resistência à queima autossustentada. O teste típico de LOI verifica se a amostra suportará a combustão por mais de 180 segundos após a ignição.

O LOI não é um teste de retardamento de chamas em si; em vez disso, ele é aplicado como um método de controle de qualidade. O resultado de uma amostra testada deve estar de acordo com os resultados de uma correia do mesmo tipo previamente aprovada.

Os valores de LOI para diferentes materiais são determinados por testes padronizados, como a *norma ISO 4589* na Europa e a *ASTM D2863* nos Estados Unidos. Na Europa, a norma *DIN 22117* especifica o LOI para correias de transportadores usadas em minas de carvão.

De acordo com o PowerPoint de Küsel, a *norma ISO 4589* especifica que uma amostra de correia de 150 x 50 milímetros [≈6 x 2 pol.] deve ser posicionada verticalmente em uma coluna de teste transparente, e a mistura de oxigênio e nitrogênio deve ser aplicada no sentido ascendente, através da coluna. A amostra é inflamada na parte superior e a chama inicial é removida. A concentração de oxigênio é, então, ajustada, até que a amostra apenas mantenha combustão.

Densidade e toxicidade da fumaça

Além dos perigos do incêndio em si, devem haver preocupações com a densidade e a toxicidade da fumaça emitida pela queima das correias. Um fator complicador é que o aumento da quantidade de retardador de incêndio nas correias pode, por sua vez, levar a uma fumaça mais perigosa.

Em 1995, Joseph Main, então administrador do Departamento de Saúde e Segurança Ocupacional do sindicato de trabalhadores United Mine Workers of America, comentou sobre os perigos da fumaça tóxica. Main, que posteriormente se tornou secretário adjunto do Trabalho para Segurança e Saúde em Minas dos Estados Unidos, e, conseqüentemente, líder da MSHA, escreveu:

Outra grande preocupação é a fumaça negra produzida pela queima de correias de transportadores. Essa fumaça pesada impediu a fuga de mineiros por obscurecer a visão e contaminar as vias respiratórias. *O relatório de investigação R.I. [Report of Investigation] 9380* também suporta essa alegação, afirmando em um trecho que "Além disso, os níveis de fumaça e CO [monóxido de carbono] produzidos começam a se aproximar de níveis perigosos, podendo resultar em níveis letais posteriormente, durante a fase de propagação".

Alguns países, incluindo Alemanha, Polônia e República Tcheca, têm normas de testes para correias que abrangem a emissão de fumaça.

No momento, não há regulamentos nos Estados Unidos. Em 19 de junho de 2008, a MSHA publicou um documento de solicitação de informações Request for Information (RFI 1219-AB59 e/ou RFI 1219-AB60) sobre toxicidade da combustão e densidade da fumaça de correias de transportadores (73 FR 35057). As respostas a essa solicitação de informações discutiram muitas das questões relacionadas à fumaça de uma correia em combustão.

A resposta ao documento Request for Information do Center for Regulatory Effectiveness citou uma carta à MSHA, de 05 de fevereiro de 1996, enviada pelos representantes do fornecedor de produtos químicos Monsanto:

Não é incomum que os retardadores de chamas de fato aumentem a quantidade de fumaça produzida por unidade de material queimado. ... O efeito líquido disso, muitas vezes, NÃO é a desejada redução na fumaça; [...] por vezes, a fumaça total gerada aumenta!

... (A) fumaça total gerada poderia ser maior devido à produção muito maior de fumaça por unidade de massa consumida.

Essa carta da Monsanto também observou que a letalidade de uma correia em combustão "é bastante reforçada pela opacidade da fumaça que obscurece todas as pistas visuais e impede que as vítimas escapem da área ameaçada".

Os problemas de saúde relacionados à fumaça das correias incluem:

- Monóxido de carbono
- Gases tóxicos, como cianeto de hidrogênio (HCN) e o dióxido de enxofre (SO₂)
- Irritantes, como partículas de fumaça

- Calor convectivo e radiante
- Esgotamento do oxigênio

Em sua apresentação ao painel técnico Belt Air Panel, Bernd Küsel, da Phoenix Conveyor Belt Systems, da Alemanha, declarou: "Seguramente, a maior ameaça durante um incêndio, além do calor, é o monóxido de carbono, um gás inodoro". Küsel, então, ressaltou que todas as bases comuns de transportadores de correia, as borracha de policloropreno (CR) e de butadieno estireno (SBR), ambos elastômeros, e o cloreto de polivinila (PVC), classificado como um plastômero ou termoplástico, desenvolvem praticamente a mesma quantidade de monóxido de carbono.

A toxicidade da fumaça de um incêndio em uma correia não parece ser uma preocupação, no momento, para os reguladores ou profissionais da segurança. Em sua apresentação ao Belt Air Panel, C. David Litton, um físico do instituto United States National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), observou que a fumaça de um incêndio gera um risco relacionado à visibilidade muito antes do desenvolvimento de um risco de toxicidade.

Em sua resposta à solicitação de informações Request for Information RIN 1219-AB59 da MSHA, Marcelo Hirschler resumiu este ponto:

... Embora cerca de 2/3 das vítimas de incêndios morram pelos efeitos da inalação da fumaça, é extremamente raro que a causa das mortes seja a fumaça originada por um material muito tóxico específico. Fatalidades em incêndios geralmente são o resultado da inalação de muita fumaça de toxicidade média.

O problema, ao que parece, é a quantidade de fumaça, e não sua toxicidade.

REGULAMENTOS E NORMAS

Uma visão geral das exigências de vários países em termos de testes para correias é mostrada na **Figura 15.16**.

A variedade de procedimentos de teste, normas nacionais e órgãos reguladores cria dificuldades para definir o que está em conformidade e o que é seguro. O relatório de pesquisa, *Fire safety testing of conveyor belts*, publicado pelo Health and Safety Executive do Reino Unido, observou que, desde de 2002, quatro tipos diferentes de testes de propagação de chamas em transportador de correia são atualmente especificados na União Europeia para testes de aceitação de correias para uso em minas

de carvão. Os testes variam em termos de tamanho de amostra da correia, tipo, intensidade e duração da aplicação da fonte de calor e geometria do teste de galeria. Um exercício comparativo realizado pela ECSC [European Coal and Steel Community] no início da década de 1990, e acompanhado posteriormente pelo Reino Unido, revelou que correias que cumpriram os requisitos de aceitação em alguns testes, foram reprovadas em outros, e algumas correias que tiveram bom desempenho em determinados testes, foram completamente queimadas em outros.

Ele resumiu:

Houve, portanto, uma variação no

Figura 15.16.

Requisitos de inflamabilidade da correia em alguns países.

Teste	China	EUA	Índia	Austrália	Europa	África do Sul	Rússia
Fricção do tambor	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Queimador de propano com grade	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Queimador de propano de alta intensidade	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
Galeria em escala real	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
Galeria em escala laboratorial	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim
Bico de Bunsen/ queimador a álcool	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Resistência da superfície	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Toxicidade	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Índice de oxigênio	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim

Figura 15.17.

Normas de resistência a chamas para correias de transportadores ao redor do mundo.

PAÍS	NORMA
Austrália	AS 4606
Belarus	MI 600024712.001-2007
Canadá	CSA M422-M14
China	MT914
República Tcheca	CS EN 14973 C1
Alemanha	DIN EN 14973 C2
Índia	IS3181
Itália	UNI EN 14973 C1
Noruega	NS EN 14973C1

PAÍS	NORMA
Polônia	PN EN 14973 C1 + PN-93-05013
Portugal	IPQ EN 14973 C1
Rússia	PD03-423-01
África do Sul	SABS 971
Espanha	UNE EN 14973 C1
Turquia	TS EN 14973 C1
Reino Unido	BS EN 14973 C1
Ucrânia	GTSU 12.0018579.001-99
EUA	MSHA Title 30 Part 14 & MSHA 2G

rigor dos critérios de aceitação e uma indicação de que os testes não mediam necessariamente as mesmas propriedades.

Existem diferentes normas e testes exigidos para correias de transportadores em vários países. Essas normas são identificadas na **Figura 15.17** e serão detalhadas nesta seção.



Austrália

A norma australiana *AS 4606-2000 Fire resistant and antistatic requirements for conveyor belting used in underground coal mines* foi substituída pela norma *AS 4606-2012 Grade S fire resistant and antistatic requirements for conveyor belting and conveyor accessories*.

Os métodos de testes de resistência ao fogo dos transportadores de correia estão incluídos na norma *AS 1334*:

1334.9-1982

Methods of testing conveyor and elevator belting – Determination of electrical resistance of conveyor belting

1334.10-1994

Methods of testing of conveyor and elevator beltings – Determination of ignitability and flame propagation characteristics of conveyor belting

1334.11-1988

Methods of testing conveyor and elevator belting – Determination of ignitability and maximum surface temperature of belting subjected to friction

1334.12-1996

Methods of testing conveyor belting – Determination of combustion propagation characteristics of conveyor belting



Canadá

O sistema de inspeções regulatórias e aplicação de códigos no nível das províncias no qual o Canadá se baseia torna a conformidade um pouco mais confusa do que a conformidade com normas emitidas e aplicadas em nível nacional. Porém, em geral,

os programas e requisitos são relativamente uniformes, com exigências em conformidade com as normas desenvolvidas pela Canadian Standards Association (CAN/CSA).

A Parte 4.4.16 da norma *Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia* (publicada em 2008), especifica:

12) Correias de transportadores para uso no transporte de carvão ou em uma atmosfera explosiva e em todas as instalações subterrâneas devem cumprir os requisitos da norma da CSA, *CAN/CSA-M422-M87 Fire Performance and Antistatic Requirements for Conveyor Belting*, ou uma norma equivalente, sujeito à aprovação do inspetor chefe.

A norma *CSA M422-M87* (publicada em 1987) agora foi substituída, primeiro pela norma *CSA M422-12*, de 2012, e, mais recentemente, com a publicação da norma *2014 CSA M422-14*.

Por muitos anos, as correias utilizadas no Canadá precisavam cumprir as normas para propriedades retardadoras de chamas estabelecidas pela MSHA dos Estados Unidos. No entanto, desde o dia 20 de março de 2013, a universidade Carleton University eliminou a necessidade de recorrer às normas e testes NÃO canadenses, por meio da criação de um laboratório de testes, que valida a Certificação Canadense.

A norma *CAN/CSA M422-14* especifica os requisitos para desempenho contra incêndios e antiestáticos para correias de transportadores novas (não usadas), para utilização em qualquer parte de uma operação de mineração ou escavação abaixo da superfície. Essa norma abrange desempenho contra incêndios e correias de transportadores antiestáticas dos seguintes tipos:

- a. Tipos A1 e A2, destinados ao uso em atmosferas explosivas.
- b. Tipos B1-A, B1-B, B2 e C, destinados ao uso em atmosferas não explosivas.



China

Os padrões chineses para correias com propriedades retardadoras de chamas são identificados nas seguintes normas:

MT 668: 2008 Steel cord fire resistant conveyor belting for coal mine

MT 914: 2008 Solid woven fire resistant conveyor belting for coal mine

Ambas as normas são destinadas a minas de carvão subterrâneas e incluem informações sobre as especificações, requisitos técnicos, métodos de testes, normas de inspeção, sinalização, embalagem, transporte e armazenamento das correias identificadas.



Europa

As normas na Europa e em outras regiões regidas pelas *normas de segurança EN ISO Safety Standards* são emitidas pelo European Committee for Standardization (denominado CEN, de acordo com o comitê francês Comité Européen de Normalisation). Eles incluem:

Requisitos para segurança elétrica e inflamabilidade

EN 12882:2008 General Purpose Belting

EN 14973:2006 + A12008

Underground Belting

Normas para correias de uso geral

EN ISO 14890:2013 Textile Belts

EN ISO 15236-1:2005 Steel Cord Belts

Normas para correias subterrâneas

EN ISO 22721:2007 Textile Belts

EN ISO 15236-3:2007 Steel Cord Belts

A *EN 12882* é a norma para os requisitos de segurança para correias de transportadores terrestres de uso geral. Essa norma divide as correias em cinco categorias de segurança, de acordo com o desempenho da correia sob os vários tipos de testes. (**Figura 15.18.**)

Como observado no relatório da Comissão Europeia, *Early detection and fighting of fires in belt conveyor (Edaffic)*, a norma *DIN EN 14973* define os requisitos de segurança para a proteção relacionada à eletricidade e a incêndios em correias de transportadores usadas em mineração subterrânea, na presença de atmosferas inflamáveis e não inflamáveis.

Além disso, ela lista os seguintes perigos adicionais relativos à utilização de correias de transportadores em aplicações de mineração subterrânea, incluindo:

- Riscos devido a emissões de eletricidade estática;
- Riscos causados pela paralisação da correia do transportador enquanto o acionamento ainda está em funcionamento, o que leva a um aquecimento local da correia, e pode gerar calor por atrito devido ao contato com o tambor do motor ou outras peças;
- Riscos relacionados ao impacto de pequenas chamas na superfície ou na carcaça da correia do transportador;

Figura 15.18.

Resumo das categorias de segurança na norma BS EN 12882:2001.

Resumo das categorias e requisitos da norma BS EN 12882-2002.

Categoria	Requisitos de resistência à eletricidade	Requisitos de ignição	Requisitos de fricção do tambor	Requisitos de propagação de chamas
1	*			
2	*	*		
3	*	*	*	
4	*			*
5	*	*	*	*

- Riscos causados pela propagação de um incêndio ao longo da correia de um transportador. Um incêndio pode ser causado por um pequeno ponto quente; por exemplo, por um rolamento superaquecido de uma polia, ou por grandes incêndios provocados por outros materiais no interior da galeria.

Essa norma para correias subterrâneas estabelece um conjunto de três classes com duas delas divididas, cada uma, em duas subdivisões. (**Figura 15.19.**)

As metodologias de testes para correias de transportadores na Europa são explicitadas nas normas a seguir, embora possa haver diferenças no método de teste e/ou no desempenho necessário para aprovação em várias regiões.

DIN EN ISO 284:2012

Conveyor belts – Electrical conductivity – Specification and test method.

DIN EN 1554:2012

Conveyor belts – Drum friction testing.

BS EN 12881-1:2014

Conveyor belts. Fire simulation flammability testing. Propane burner tests.

A norma *EN 12881-1* descreve quatro métodos para a medição da propagação de uma chama ao longo de uma correia de transportador que tenha sido exposta a uma fonte de calor relativamente alto e localizado, como um incêndio. Os danos sofridos pela correia do transportador,

bem como sua tendência a manter a combustão, são medidos observando a extensão da propagação do incêndio ao longo da amostra.

O Método A utiliza uma amostra de 2 m [$\approx 6,56$ pés] de comprimento e consome gás propano através do queimador a uma taxa de $1,30 \pm 0,05$ kg por 10 min [$\approx 0,286$ lb_m/min].

O Método B utiliza uma amostra de 2,5 m [$\approx 8,2$ pés] de comprimento e consome gás propano através de dois queimadores montados acima e abaixo do cavalete da amostra a uma taxa de $1,30 \pm 0,05$ kg por 10 min [$\approx 0,286$ lb_m/min] para cada queimador.

O Método C utiliza uma amostra de 1,5 m [$\approx 4,9$ pés] de comprimento e consome gás propano através do queimador a uma taxa de 565 ± 10 g por 50 min [$\approx 0,025$ lb_m/min].

O Método D utiliza uma amostra a 1,2 m [$\approx 3,9$ pés] de comprimento e consome gás propano através do queimador a uma taxa de 150 l/h. [$\approx 5,3$ pés³/h](D1) ou 190 l/h. [$\approx 6,7$ pés³/h](D2).

DIN EN 12881-2:2009

Conveyor belts. Fire simulation flammability testing. Large scale fire test.

Esse teste simula uma situação em que há fontes de combustível presentes, que também podem ser inflamadas,

Resumo das categorias de segurança na norma BS EN 14973:2006.

- Classe A, uso geral, o único perigo sendo acesso e meios de fuga limitados
- Classe B, como acima mais uma atmosfera potencialmente explosiva
 - B1 - sem dispositivos de segurança secundários
 - B2 - com dispositivos de segurança secundários
- Classe C, como a Classe B mais pó inflamável ou material transportado
 - C1 - sem dispositivos de segurança secundários
 - C2 - com dispositivos de segurança secundários

Figura 15.19.

Resumo das categorias de segurança na norma BS EN 14973:2006.

além da fonte de ignição na correia do transportador. Essa simulação é realizada provocando um incêndio em um fardo de madeira, conforme descrito no documento *Early detection and fight of fires in belt conveyors (Edaffic)*.

BS EN ISO 340:2013

Conveyor belts. Laboratory scale flammability characteristics. Requirements and test method

Essa norma especifica um método para avaliar, em pequena escala, a reação de uma correia de transportador a uma fonte de ignição usando uma chama. É aplicável a correias de transportadores com carcaça de tela, bem como a correias de transportadores com cabo de aço.

DIN 22117 (1988-02)

Conveyor Belts for Coalmining – Determination of the Oxygen Index

DIN EN ISO 4589-1:1996

Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 1: Guidance

DIN EN ISO 4589-2(2006-06)

Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 2: Ambient-temperature test

DIN EN ISO 4589-3:1996

Plastics – Determination of burning behaviour of plastics by oxygen index – Part 3: Elevated-temperature test

Adicionalmente, as correias devem estar em conformidade com os requisitos da *diretiva ATEX Directive 2014 /34 EU*, que abrange equipamentos e sistemas de proteção destinados ao uso em atmosferas potencialmente explosivas.

Índia



Na Índia, as normas para propriedades retardadoras de chamas em correias de transportadores são abordadas pela norma *IS 1891-5 (1993) Conveyor and elevator textile belting. Part 5: Fire resistant belting for surface*

application.

Essa norma contém as subseções a seguir, que descrevem os procedimentos de teste aprovados:

- Annex A (Clause 9.1) Method of Test for Fire Resistance (Drum Friction Test)
- Annex B (Clause 9.2) Method of Test for Fire Resistance (Flame Test)
- Annex C (Clause 9.3) Method of Test for Electrical Surface Resistance

Correias para uso subterrâneo são abordadas pela norma *IS 3181 (1992): Conveyor belts – Fire resistant conveyor belting for underground mines and such other hazardous applications*, que incluem os seguintes procedimentos de teste:

Annex E (Clause 14) Method of Test for Electrical Resistance

Annex F (Clause 15.1) Method of Test for Fire Resistance (Drum Friction Test)

Annex G (Clause 15.2) Method of Test for Fire Resistance (Spirit Burner Flame Test)

Annex H (Clause 15.3) Propane Burner Test

África do Sul



As normas da África do Sul para o teste das propriedades retardadoras de chamas para correias são enunciadas na norma *SANS 971*; a edição atual foi publicada em 2013.

A norma *SANS 971* detalha os métodos de teste para propriedades retardadoras de chamas para correias com constituições de todos os tipos. Os requisitos de conformidade propriamente ditos são especificados nas demais normas aplicáveis, incluindo:

- *SANS 1366:2006 Steel Cord Reinforced Conveyor Belting*
- *SANS 1173:2006 General Purpose Textile-Reinforced Conveyor Belting*
- *SANS 968:2013 Conveyor Belting –Textile*

Reinforced Solid Woven Conveyor Belting

- *SANS 971:2013* Usa os mesmos métodos de teste para todas as construções de correias transportadoras. Em comparação com as versões anteriores, a edição de 2013 explicita o uso de um teste existente de fricção do tambor, de um teste de resistência elétrica e de um teste de "início" de incêndio, com pequenas alterações, e adiciona um teste de propagação de incêndio de média escala.

Como parte da norma *SANS 971*, as normas que especificam os métodos de teste incluem:

- 6.1 Condicionamento
- 6.2 Resistência a chamas
- 6.3 Condutividade Elétrica
- 6.4 Teste de atrito do cilindro
- 6.5 Teste de propagação de chamas

Essa norma especifica métodos para testar correias de transportadores com propriedades retardadoras de chamas, incluindo correias para uso em aplicações descritas como "minas de fogo" no documento. Uma mina de fogo é definida como uma mina em que a) haja emissão de gases inflamáveis durante seu funcionamento, b) exista um perigo de explosão devido a pós ou gases inflamáveis ou c) já ocorreu anteriormente combustão e explosão de gases.

Além disso, a norma *SANS 971* cita os seguintes documentos como "indispensáveis" para sua aplicação:

- *EN 12881-1, Conveyor belts – Fire simulation flammability testing – Part 1: Propane burner tests.*
- *SANS 340/ISO 340, Conveyor belts – Laboratory scale flammability characteristics – Requirements and test method.*
- *SANS 10284/ISO 284, Conveyor belts – Electrical conductivity – Specification and test method.*
- *SANS 23529/ISO 23529, Rubber –*

General procedures for preparing and conditioning test pieces for physical test methods.



Estados Unidos

Por muitos anos, os Estados Unidos ficaram para trás do mundo padronizado em sua adoção de normas para testes e desempenho para correias com propriedades retardadoras de chamas. O relatório do Belt Air Panel observou:

Fica evidente, a partir da comparação dos requisitos de resistência da correia a incêndios, que os Estados Unidos têm exigências entre as mais baixas do mundo, com apenas um requisito de teste laboratorial em pequena escala, usando um bico de Bunsen.

Todos os outros países exigem um teste de fricção do tambor, e a maioria também exige um teste de queimador de propano com grade em escala real. O teste de galeria em escala real só é exigido na Europa, mas testes de galeria em escala laboratorial são exigidos na Europa e na Rússia.

Porém, as mortes na mina Aracoma Alma, em janeiro de 2006 no estado de West Virginia, reforçou a preocupação com os incêndios relacionados a correias de transportadores e com os riscos que eles criam para a segurança dos mineiros. Essa tragédia motivou os órgãos reguladores a investigar, propor e aceitar normas e procedimentos de teste mais rigorosos.

Como ficou determinado por meio de testes após o incêndio, as correias do transportador no incêndio da Aracoma Alma atendiam à norma, então vigente, de testes laboratoriais de resistência a chamas da MSHA dos Estados Unidos, como expresso pela norma *Title 30 CFR 18.65* (geralmente conhecida como Schedule 2G). (**Consulte O incêndio da mina Aracoma: calor por atrito resulta em tragédia.**) Entretanto, as correias não cumpriam as normas do teste *Belt Evaluation*

Laboratory Test (conhecido como BELT), que foram desenvolvidas no final da década de 1980 pela MSHA, mas nunca foram implementadas. A MSHA propôs a norma BELT em 1992, mas a suprimiu 10 anos depois, sob a alegação de que o número de incêndios havia diminuído.

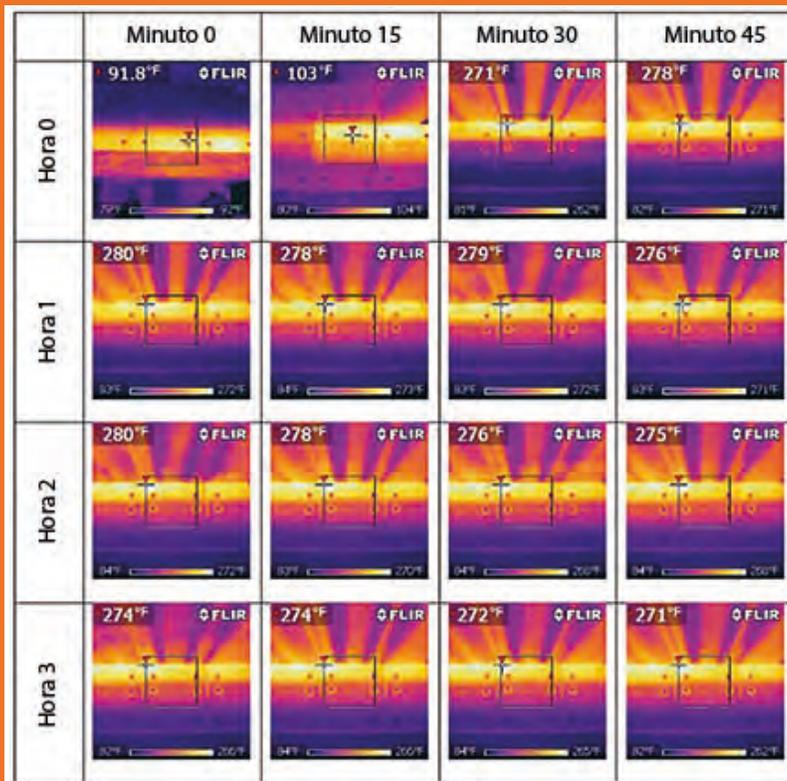
Na lei de 2006 Mine Improvement and New Emergency Response (MINER) Act, O Ministro do Trabalho dos Estados Unidos implantou o painel de estudos técnicos Technical Study Panel on the Utilization of Belt Air and the Composition and Fire Retardant Properties of Belt Materials in Underground Coal Mining (geralmente conhecido como Belt Air Panel). Esse painel realizou uma revisão independente científica

e de engenharia e fez recomendações sobre tópicos, incluindo propriedades retardadoras de chamas dos materiais de correias para uso em minas de carvão subterrâneas. O Belt Air Panel publicou o relatório final em 20 de dezembro de 2007.

Estudando a tragédia na mina Aracoma, o Belt Air Panel observou a fragilidade ou ausência de normas nos Estados Unidos. Na Recomendação 3 de seu relatório final, o painel observou:

É óbvio [...] que os testes e normas para propriedades retardadoras de chamas de correias de transportadores atuais nos EUA são inadequados para determinar corretamente a resistência a incêndios da correia em escala real...

As lâminas dos raspadores de correias podem iniciar um incêndio?



Imagens térmicas das extremidades de contato do raspador.

Saber se as lâminas do raspador da correia são suficientemente aquecidas devido ao atrito com a correia para iniciar um incêndio é uma preocupação para operações que empregam transportadores de alta velocidade.

As lâminas dos raspadores da correia são tensionadas contra a correia de um transportador em movimento para remover o material de retorno, o material residual que fica preso à correia após o ponto de descarga. A pressão do contato entre a lâmina e a correia gera calor por atrito. Por vezes, a pressão entre a lâmina e a correia é alta; além disso, pode haver vários raspadores instalados; outras vezes, a carga é abrasiva e/ou inflamável. Tudo isso aumenta a preocupação com incêndios.

Para determinar se existe um risco real de que as lâminas do raspador causem um incêndio, os pesquisadores do Centro de Inovação da Martin Engineering realizaram uma série de testes. Os testes verificaram se as lâminas metálicas em contato com a correia chegam a atingir a temperatura de inflamabilidade típica de uma correia, 300°C [≈572°F].

Como consequência desse relatório, a norma BELT foi adotada, aproximando os Estados Unidos das práticas da padronização de outros países. Essa nova norma, agora presente na Parte 14, está em vigor desde 31 de dezembro de 2008.

O artigo técnico *Conveyor Belt – New MSHA standard da NIBA*, de Mitesh Kadakia, observa que correias para uso em minas de carvão subterrâneas devem atender aos requisitos de desempenho do teste laboratorial de propagação BELT. A principal diferença em termos de desempenho entre as normas antigas e as novas é que a norma Schedule 2G antiga exigia que a correia fosse resistente apenas à combustão. Um simples teste laboratorial usando o bico de Bunsen era empregado

para avaliar o desempenho em relação aos critérios da norma. O nova norma Parte 14 também requer que a correia seja resistente à propagação das chamas ao longo da extensão da amostra de correia quando submetida ao fogo/combustível a partir de uma fonte externa.

O teste BELT foi desenvolvido pelo United States Bureau of Mines (com a cooperação da MSHA) para abordar a limitação do teste Schedule 2G, com dimensões de amostra e condições de teste que levem a resultados que se alinhem melhor à condições e amostras do teste em galeria em escala real. O teste é realizado em um ambiente laboratorial relativamente simples, que não requer uma escala real.

Testes com lâminas de carvão de tungstênio

No procedimento de teste, um raspador secundário da correia com lâminas de carvão de tungstênio foi tensionado contra uma correia seca (e vazia) com deslocamento de 4 metros por segundo [≈ 787 fpm].

O raspador e a correia tinham 457 milímetros [≈ 18 pol.] de largura. A cada 15 minutos, a temperatura das lâminas foi registrada por meio da captura de uma fotografia térmica da borda de contato.

Durante o teste, a temperatura mais elevada atingida pela extremidade de contato do raspador de carvão de tungstênio foi 138°C [$\approx 280^{\circ}\text{F}$], aproximadamente metade da temperatura de ignição das correias. Essa temperatura foi registrada no início das Horas 1 e 2 do teste. Após os primeiros 30 minutos do teste, a temperatura do raspador e da correia foi estabilizada e mostrou consistentemente temperaturas entre 133°C [$\approx 271^{\circ}\text{F}$] e 138°C [$\approx 280^{\circ}\text{F}$]. Depois de quatro horas, o procedimento foi interrompido.

Em um teste expandido, em que um raspador foi consideravelmente sobretensionado (200% além da pressão ideal entre lâmina e correia), a temperatura máxima permaneceu inferior a 138°C [$\approx 280^{\circ}\text{F}$]. Esses resultados mostram que o atrito do contato entre a lâmina e a correia não aqueceriam a lâmina de um raspador suficientemente para causar um incêndio na correia.

Testes com lâminas de uretano

As instalações alemãs da Martin Engineering realizaram testes semelhantes para verificar as temperaturas atingidas por uma lâmina de raspador de correia em uretano. Os testes na Alemanha foram conduzidos utilizando um tambor giratório para simular a superfície seca de uma correia, com deslocamento de 5, 6 e 7 metros por segundo [≈ 985 , 1.181 e 1.378 fpm]. Os testes foram conduzidos durante períodos de 30 minutos, usando a lâmina de um raspador primário em poliuretano 90 Durômetro Shore A. A sequência de testes mostrou temperaturas da lâmina no ponto de contato (ponta da lâmina) entre 120° e 150°C [$\approx 248^{\circ}$ e 302°F]. Entre 2 e 5 milímetros [$\approx 1/32$ e $1/4$ pol.] longe da zona de contato, a temperatura do uretano foi reduzida para 50° a 75°C [$\approx 122^{\circ}$ a 167°F], muito abaixo da temperatura necessária para inflamar as correias.

Um projetista consciente deve estar ciente das temperaturas que possam causar a queima do material transportado específico. Entretanto, os resultados desses testes indicam que é pouco provável que o acúmulo de calor devido ao atrito nas lâminas dos raspadores de correias em uretano ou metal seja suficientemente alto para causar um incêndio em uma correia e/ou na carga.

Os detalhes do procedimento foram resumidos por Marcelo M. Hirschler, da GBH International, em resposta ao documento *Request for Information RIN1219-AB59* do Belt Air Panel:

O teste BELT [...] é conduzido em um túnel ventilado com 1,7 m (5,5 pés) de comprimento por 0,2 m² (1,5 pé²). O tamanho da amostra de material da correia tem 1,5 m (5 pés) de comprimento por 230 mm (9 pol.) de largura. A amostra é inflamada pela aplicação de um queimador a gás na parte frontal da amostra de correia, com as chamas distribuídas igualmente sobre as superfícies superior e inferior da amostra. Após cinco minutos, o queimador é removido, e a amostra de correia é deixada queimando até que as chamas se apaguem. Uma correia será aprovada no BELT se, em três testes separados, restar uma porção da amostra da correia do transportador que não esteja danificada ao longo de toda a sua largura. Se, em qualquer um dos três testes, as chamas se estenderem até a extremidade final da amostra, a formulação da correia será reprovada no teste.

Como o aquecimento por atrito é uma causa comum de incêndios em correias, o Belt Air Panel recomendou que a MSHA avalie um teste de fricção do tambor. No entanto, após avaliação, a MSHA decidiu não prosseguir com a adição do teste como um requisito.

Para cumprir os requisitos da norma *30 CFR 14*, a partir de 31 de dezembro de 2009, todas as novas correias usadas em minas de carvão subterrâneas precisam ter uma resistência a chamas alta. Após mais 10 anos, todas as correias fornecidas antes de 2009 precisarão ser substituídas por correias compatíveis.

Para as atividades que não envolvam carvão em minas subterrâneas, bem como em aplicações de transportadores terrestres, a antiga norma Parte 18 ainda pode fornecer ao usuário final um nível de desempenho contra

incêndios considerado aceitável. Isso deve ser determinado por um estudo de avaliação de riscos do ambiente em que a correia vai operar.

De acordo com um artigo *MSHA B.E.L.T. or not MSHA B.E.L.T... that is the question?*, de Fenner Dunlop, a associação Association for Rubber Products Manufacturers (ARPM) criou duas classes para propriedades retardadoras de chamas, que podem ser especificadas na seguinte ordem:

ARPM - FR Classe 1

Essa classe incorpora a nova norma da MSHA, *30 CFR Part 14*, de dezembro de 2008. O método de teste também está contido na *norma ASTM D378 Part 13.1*, também conhecido como o teste BELT.

ARPM - FR Classe 11

Essa classe de correias de transportadores é baseada na especificação anterior da MSHA, em uso para minas de carvão subterrâneas, conhecida como Schedule 2G ou *CFR 30 Part 18*. O método de teste é especificado na *norma ASTM D378 Part 13.2.*, e utiliza amostras de correia para teste de 6 x 0,5 polegadas (≈152 mm x 13 mm). De acordo com as diretrizes originais da MSHA, os critérios de aceitação das amostras de correias testadas de acordo com essa norma são definidos como: os testes de quatro amostras cortadas de qualquer correia não devem apresentar chama que exceda a duração média de um minuto após a remoção da chama aplicada; ou o brilho visível da amostra após a chama se apagar não deve ser superior a uma média de duração de três minutos.

A necessidade de normas mundiais

A discussão neste capítulo cita uma extensa lista de normas, testes e requisitos para incêndios e especificações sobre estática para correias. As variações e contradições entre os países, e, muitas vezes, dentro do próprio país, aumentam significativamente o risco de aplicação indevida das correias e dos componentes.

O número de mortes devido a incêndios em correias indica que as exigências das normas ainda não são adequadas. Por exemplo, componentes, como raspadores e vedações da correia, devem ser aprovados não só nos testes de propagação de chamas, mas também em algum tipo de teste de fricção do tambor. Os componentes em contato com a correia são, muitas vezes, ajustados inadequadamente pela equipe de manutenção, a fim de manter a correia em funcionamento, ainda que de maneira insegura, em vez de tratar a causa do problema e tornar a operação mais segura. A complexidade e as diferenças entre as normas de segurança e procedimentos de testes em todo o mundo aumentam os riscos, em vez de reduzi-los. As normas de segurança mundiais para correias utilizadas no manuseio de materiais a granel são muito atrasadas.

Conforme o manuseio de materiais a granel se torna um setor internacionalizado, governos e organizações que definem normas poderiam contribuir muito para a segurança contra incêndios em correias de transportadores com a aprovação de um único conjunto global de normas para o combate a incêndios em correias.

Determinação do nível adequado das propriedades retardadoras de chamas

Como observa Sytze Brouwers em "Playing with fire?", na edição de janeiro de 2014 da revista *Dry Cargo International*, muitas instalações que deveriam usar correias com propriedades retardadoras de chamas estão operando com correias sem tais propriedades, simplesmente devido à "economia", ao desejo de cortar custos.

As correias de transportadores não podem ser totalmente à prova de fogo. As superfícies superior e inferior e a camada de borracha entre as dobras podem ser projetadas para retardar as chamas, mas toda a estrutura da correia não pode ser fabricada para

ser à prova de fogo. Alguns fabricantes fornecem certificados que só dizem respeito às correias produzidas pelo fabricante para fins de certificação em geral, em oposição às correias específicas fornecidas para aplicações específicas. Consequentemente, um fabricante recomenda que um metro extra de correia seja encomendado, para que esse comprimento adicional possa ser testado por um laboratório credenciado para confirmar a conformidade com os requisitos de certificação.

Evidentemente, é indispensável que as correias de transportadores usadas na mineração e no manuseio de carvão, bem como em outras aplicações subterrâneas, estejam em conformidade com os requisitos legais para propriedades retardadoras de chamas. Sob condições diferentes, uma avaliação de riscos pode ajudar a determinar o nível de propriedades retardadoras de chamas apropriado para uma determinada aplicação das correias.

Sempre que uma correia de transportador estiver em funcionamento dentro ou entre edifícios ou em um espaço confinado, é uma boa prática especificar um nível maior em termos de propriedades retardadoras de chamas.

Em aplicações terrestres (não regulamentadas), sistemas de combate a incêndios adicionais são úteis, e, quando instalados, podem permitir que o usuário considere um padrão de resistência a chamas inferior para correias de transportadores. Entretanto, o perigo de confiar em dispositivos de detecção secundários, como sistemas de detecção de incêndios e de aspersores, está relacionado à manutenção desses sistemas. Quando a correia de um transportador, com um nível elevado de propriedades retardadoras de chamas é especificada, ela se torna um tipo de apólice de seguro para atenuar danos.

Sempre que houver dúvidas sobre a gravidade ou os custos relacionados ao risco, uma boa estratégia é atualizar o nível de segurança operacional. Assim, é uma boa prática incluir

correias com propriedades retardadoras de chamas em aplicações em que o custo de um incêndio seria considerável ou crítico para o desempenho.

Além das correias: propriedades retardadoras de chamas de outros componentes do transportador

Nos transportadores, existem outros componentes que normal ou ocasionalmente entram em contato com a correia em movimento. Como resultado, eles devem ser avaliados em relação à sua propensão para queimar e/ou criar atrito que possa fazer com que a correia entre em combustão.

O mais comum é que os requisitos relativos a esses materiais sejam emitidos nos regulamentos sobre mineração subterrânea e/ou mineração de carvão, pois essas operações podem apresentar os maiores riscos.

Componentes com elastômeros e borracha, como revestimento da polia, vedações, lâminas dos raspadores da correia e dos raspadores em V da polia traseira, e as barras de elastômeros usadas nas mesas deslizantes do suporte da correia e nas mesas de impacto, devem cumprir as normas regulamentares para propriedades retardadoras de chamas. Até mesmo a graxa usada na lubrificação dos roletes do transportador deve ter propriedades retardadoras. Qualquer componente ou conjunto de componentes que entre em contato com a correia em movimento, tenha ele potencial para gerar atrito por deslizamento ou por rotação, deve ter nível de classificação pelo menos similar ao nível de propriedade retardadora de chamas da correia.

Em algumas jurisdições (particularmente, Austrália, Canadá, e Reino Unido), ligas leves, em que o peso total de alumínio, magnésio e titânio em conjunto é superior a 15% e/ou em que o teor de magnésio e titânio em conjunto é superior a 6% do peso, são proibidas em minas de carvão subterrâneas. Essa restrição tem como objetivo limitar o perigo de que ligas

metálicas leves se tornem uma fonte de ignição de gás ou pó. Atrito ou faíscas resultantes da fricção entre metais leves e metais ferrosos oxidados (enferrujados) é suficiente para inflamar uma mistura de metano e ar.

Outras práticas de controle de incêndios requerem o uso de fluido hidráulico resistente à chamas (não inflamável) e outras substâncias químicas.

Nos Estados Unidos

Nos Estados Unidos, a MSHA tem procedimentos em vigor para aceitar vários componentes de elastômero para uso subterrâneo. Eles incluem componentes do transportador, como revestimentos de chutes, revestimentos de polias e roletes, barras de impacto, raspadores e vedações da correia, bem como outros componentes, como mangueiras pneumáticas e hidráulicas e materiais em almofadas de assentos.

A norma *Code of Federal Regulations (CFR), Title 30*, contém os regulamentos obrigatórios para os requisitos de resistência à chamas de diversos produtos utilizados em mineração subterrânea. No entanto, existem outros produtos que podem representar riscos de incêndio semelhantes, mas para os quais não existe nenhum teste e/ou regulamento específico. Como resultado, este procedimento é destinado a testar e avaliar esses materiais.

Os procedimentos são descritos no *documento No. ASAP 5001 Application Procedures for Acceptance of Flame-Resistant Solid Products Taken Into Mines*, da MSHA.

O processo de aceitação exige a apresentação de informações sobre a formulação (material), fichas técnicas de segurança, e algumas amostras, geralmente, quatro amostras de um determinado lote, para testes. O procedimento de teste é detalhado no documento *Documento MSHA ASTP 5007 MSHA's Standard Flame Test Procedure for: Hose Conduit, Fire Suppression Hose Cover, Fire Hose Liner and Other Materials; Título 30, Code of Federal Regulations Part 18, seção 18.65*. Esse

documento especifica as características da amostra e os equipamentos e procedimentos utilizados nos testes; o protocolo de testes é idêntico ao do procedimento Schedule 2G, anteriormente utilizado para a avaliação de correias de transportadores.

Após testes e avaliações bem-sucedidos da amostra do produto apresentado, a MSHA emitirá um número de aceitação. O produto deve ser marcado permanentemente e de forma legível com essa designação de aceitação. O produto pode ser anunciado como "aceito pela MSHA", mas termos como "aprovado", "recomendado" ou "sancionado" pela MSHA não devem ser utilizados.

Outros países

Na Austrália, a norma *AS/NZS 4024.3610* especifica, na seção 3.2.6.1, que materiais não metálicos utilizados em componentes de transportadores devem atender aos requisitos de resistência a chamas especificados na norma *AS 4606 for Grade S fire resistant and antistatic requirements for conveyor belting and conveyor accessories*. Os componentes especificamente identificados incluem chutes e revestimentos, coberturas e outros itens que entram em contato com a correia, como revestimentos de polias, barras de impacto, tiras de vedação e lâminas de raspadores de correias.

Diversas organizações de padronização, nacionais e internacionais, são responsáveis pela preparação e emissão de normas relativas a elastômeros. Elas incluem os órgãos International Organization for Standardization (ISO), British Standards Institution (BSI), American Society for Testing and Materials (ASTM), Deutsches Institut für Normung (DIN), European Association of Aerospace Industries (AECMA) e Association Française de Normalisation (AFNOR).

É preciso tomar cuidado para confirmar se outros componentes do transportador, e, especificamente, os que incorporam elastômeros, foram avaliados adequadamente em termos de desempenho de resistência a chamas, antes de sua aplicação.

O cuidado do comprador

Alguns elastômeros e componentes são identificados como tendo propriedades retardadoras de chamas (de resistência a chamas) e antiestáticas, geralmente identificados como FRAS ou FR/AS em seus documentos. É responsabilidade do comprador verificar se a designação FRAS foi obtida de acordo com os procedimentos de teste adequados e por uma autoridade credenciadora.

Certamente, é uma boa prática buscar os componentes com propriedades retardadoras de chamas aceitos para utilização subterrânea para todas as operações, incluindo aquelas terrestres.

Tecnologias de detecção de incêndios em correias

Um incêndio associado a um sistema de transportador pode ser um incêndio estático, em uma correia estacionária ou dentro do mecanismo ou da carcaça do transportador, ou um risco móvel, como carvão quente ou em combustão em movimento na correia de um transportador. Cada condição exige uma forma diferente de detecção de incêndio específica do local, para garantir uma resposta rápida e eficaz e uma operação livre de problemas.

O desafio na detecção desses incêndios é que os sistemas convencionais para esses fins são inadequados para o ambiente, produzindo falsos alarmes causados por pó ou névoa, ou são tão insensíveis, que um incêndio pode ser propagado e engolir o transportador estático antes que eles sejam ativados.

A detecção é feita através de leitura de calor. Sensores de calor detectam incêndios em correias em movimento ou estacionárias, incêndios envolvendo derramamentos e acúmulos de resíduos abaixo dos transportadores, rolamentos e máquinas de acionamento superaquecidos e acúmulo de calor devido ao atrito entre a correia e a estrutura ou suportes. Como Verakis e

Hockenberry observaram em seu artigo de 2008, *Conveyor belt entry fire hazards and control*:

A detecção antecipada de um incêndio por meio do uso de detectores de monóxido de carbono (CO) e fumaça é fundamental para alertar os mineiros e lidar com um incidente de incêndio, e pode significar a diferença entre a extinção de um incêndio e a necessidade de combater um incêndio fora de controle.

De acordo com Edward B. Douberly em seu artigo "Safety: Detecting Fires on PRB Coal Conveyors", publicado na revista *POWER*, em 2007, há vários métodos aperfeiçoados de detecção de incêndios disponíveis atualmente, incluindo detecção linear de calor, detecção por infravermelho (IV) e sistemas de detecção de monóxido de carbono (CO).

Detectores de calor lineares funcionam bem com incêndios fixos (e correias paradas), mas requisitos "tempo de contato" podem limitar sua capacidade de detectar chamas em uma correia em movimento. Para a detecção precoce de incêndios do tipo estático, cabos de detecção de calor linear têm confiabilidade comprovada quando instalados corretamente (de preferência a uma altura de 1 a 1,5 metro [≈40 a 60 pol.] acima da correia). (**Figura 15.20.**) Cabos para detecção linear de calor

também podem ser instalados na correia, entre o carregamento e o retorno.

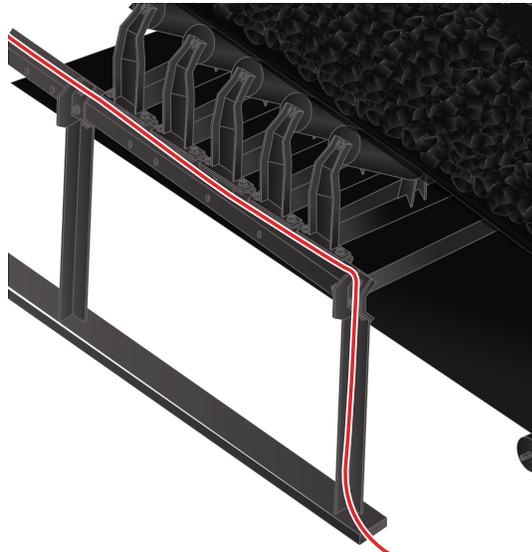
Um desafio diferente é criado por incêndios em correias em movimento. De acordo com Douberly, atualmente, há uma variedade de monitores adequados para a detecção de incêndios em correias de transportadores em movimento. Esses monitores são classificados em quatro categorias principais: sistemas de imagem térmica, detectores de faíscas, detectores de chamas e detectores de emissões de corpo negro. Douberly relata que algumas tecnologias funcionam melhor para determinadas aplicações e, em cada categoria, vários modelos com diferentes recursos têm desempenho melhor do que outros.

O uso de detecção de CO está se tornando mais um método de alerta precoce. Incêndios em pontos de transferência e nos túneis de transportadores foram detectados por monitores de CO onde nenhuma outra técnica foi capaz de detectar a fase de combustão incompleta. Mas essas áreas precisam ter a circulação de ar avaliada; circulação de ar excessiva dispersará o CO antes que ele possa ser detectado.

Uma estratégia de detecção bem definida, que incorpore monitoramento térmico, e de CO, pode garantir uma resposta suficientemente precoce, que torne sistemas fixos de combate desnecessários.

Figura 15.20.

Cabos de detectores de calor lineares são tipicamente instalados ao lado do transportador, a uma altura de 1 a 1,5 metro [≈40 a 60 pol.] acima da correia.



Combate a incêndios em correias de transportadores

O combate a incêndios em transportadores de correia é difícil devido à natureza das correias, do incêndio e do ambiente em que o transportador está situado. Um incêndio em um transportador de correia pode se espalhar muito rapidamente. Portanto, é necessário ter um sistema de proteção contra incêndios de ação rápida, que também possa suportar as condições desafiadoras do trabalho com transportadores de correia e próximo a eles.

Apesar dos avanços nas tecnologias de combate e extinção de incêndios, observa-se que, em geral, a água continua a ser o melhor método de combate a incêndios em transportadores. Como observado no artigo de 2010 do NIOSH, *Improvements in Conveyor Belt Fire Suppression Systems for U.S. Coal Mines*: "A água é um método muito eficaz para combater e extinguir incêndios em correias; entretanto, é preciso ter um fornecimento de água suficiente".

O combate a um incêndio normalmente usa jatos de água ou aspersores. Esses sistemas podem ser suprimidos quando o transportador é parcial ou totalmente aberto e quando houver uma equipe bem treinada e equipada disponível para combater incêndios. Hidrantes, equipamentos, mão de obra e acesso adequado devem ser disponibilizados para facilitar o combate manual a incêndios. Mangueiras podem ser disponibilizadas em locais apropriados, para que todas as partes do transportador possam ser alcançadas. Quando houver impedimentos à disponibilização de hidrantes devido à extensão ou localização do transportador, equipamentos móveis para o transporte de água e bombas devem estar disponíveis.

Na maioria dos casos, no entanto, é essencial que haja proteção nas extremidades dianteira e traseira do transportador, nos motores de acionamento e nos componentes importantes de acionamento ou transferência, logo, devem ser instalados sistemas de aspersores. Juntamente com sistemas de detecção de incêndios eficazes, um aspersor automático oferecerá proteção confiável, iniciando automaticamente um processo de combate à base de água. Sistemas de aspersores também podem oferecer combate a incêndios seletivos: em caso de incêndio, apenas os aspersores localizados nas proximidades imediatas da fonte do incêndio serão ativados. Uma ação de combate imediato usando água é implementada, ao mesmo tempo em que os aspersores restantes permanecem fechados.

Projeto de sistema de aspersores

De acordo com as *orientações Belt Conveyor Guidelines*, publicadas no documento *GAP 9.3.1* pela companhia seguradora e resseguradora XL Global Asset Protection Services LLC, um aspersor automático com cabeça fechada ou jato de água deve ser fornecido quando o transportador apresentar uma das seguintes características:

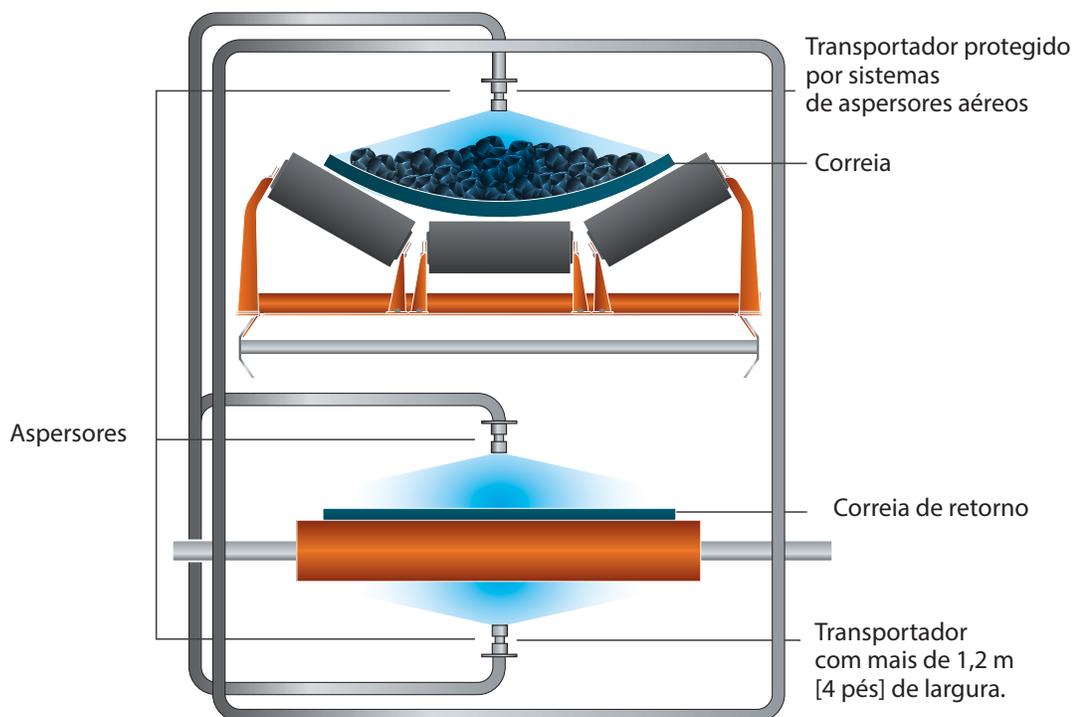


Figura 15.21.

Pontos de aplicação sugeridos para um sistema de aspersão acima da correia de um transportador.

- Transportador completamente fechado ou com acesso limitado. ...
- Potencial considerável de interrupção das operações.
- Presença de compartimentos combustíveis.
- Transporte de materiais combustíveis.

Os aspersores automáticos com cabeça fechada são adequados à maioria das circunstâncias. Um aspersor de cabeça fechada é mantido fechado por uma ampola de vidro sensível ao calor ou por um elo de liga metálica fusível, que mantém o sistema "desativado" até que a temperatura fique suficientemente elevada para quebrar a ampola ou abrir o elo, liberando a água. Em um sistema padrão, cada aspersor é ativado de forma independente, de modo que apenas os aspersores mais próximos ao incêndio são acionados. Isso maximiza a pressão da água sobre o incêndio, ao mesmo tempo minimizando os danos causados pela água em outros pontos. (**Figura 15.21.**)

A orientação *GAP Belt Conveyor Guideline* continua:

Em geral, aspersores no teto protegem adequadamente transportadores abertos instalados dentro de edifícios. No entanto, se houver compartimentos que forneçam cobertura parcial ou total ao transportador, impedindo a ação dos aspersores suspensos, um sistema de proteção contra incêndios fixo, abrangendo toda a área protegida, deve ser fornecido. Além disso, devem ser fornecidos aspersores sob transportadores com mais de 4 pés [≈1,2 m] de largura, pois eles obstruem os aspersores no teto.

Sistemas de aspersores abertos geralmente são denominados sistemas de "inundação". Eles fornecem uma aplicação simultânea de água ao longo de toda a área abrangida, e, por isso, normalmente são utilizados para perigos onde a propagação rápida do incêndio é uma preocupação. A válvula de inundação é aberta quando o sistema de alarme de incêndio

é acionado. Equipados com acionamento hidráulico, pneumático ou elétrico, os sistemas de inundação combatem o incêndio rapidamente, devido a seus bicos tipo 'spray'. Eles evitam que a combustão recomece por meio do resfriamento dos objetos queimados. Sistemas de inundação são adequados para uso em áreas onde um incêndio pode ser propagado de forma particularmente rápida, como em sistemas de transportadores de carvão. Em determinadas áreas de alto risco, um agente de espuma com propriedades de formação de película é adicionado ao sistema de inundação, para reforçar o efeito de supressão.

De acordo com o documento *GAP 9.3.1 Belt Conveyor Guideline* referido anteriormente, devem ser fornecidos sistemas de pulverização de água automáticos com bicos tipo 'spray' (do tipo inundação) para proteger correias de transportadores e acionamentos quando os transportadores apresentarem alguma das seguintes características:

- Correias de transportadores com largura superior a 4 pés (1,2 m).
- Correias de transportadores sobrepostas.
- Transportadores em declives íngremes, onde um incêndio poderia superar as propriedades de proteção dos aspersores automático. Geralmente, transportadores com inclinação superior a 30° apresentam um potencial elevado de propagação de incêndios.
- Transportadores com incêndios frequentes, como transportadores de carvão.
- Transportadores, de alto valor ou que transportam materiais de alto valor.
- Correias de transportadores com sistemas de degelo do tipo chama direta.

Agentes químicos biodegradáveis, podem ser adicionados ao abastecimento de água dos aspersores para formar micelas, ou "casulos químicos", ao redor das moléculas de hidrocarboneto do combustível.

Por ligação com as moléculas de hidrocarboneto, a mistura cerca de forma eficaz e neutraliza permanentemente o combustível e seus vapores, tornando-os não inflamáveis. Esse processo de encapsulamento proporciona resistência permanente contra uma nova ignição e também resfria rapidamente as estruturas pulverizadas. Durante a limpeza e posterior eliminação das correias ou materiais a granel queimados, o combustível permanece encapsulado e não inflamável, proporcionando maior segurança para os bombeiros e trabalhadores.

Outro sistema à base de água usa um sistema de névoa ou vaporização para controle de incêndios em transportadores. Presumindo a mesma eficiência de combate a incêndios, uma vantagem significativa é que esse sistema utiliza consideravelmente menos água no combate, se comparado a sistemas de inundação; um fornecedor alega uma redução de 70%. Uma proteção contra incêndios eficiente e com baixo consumo de água pode reduzir o tempo de parada e a interrupção da operação após um incêndio. Além disso, a névoa de água pode reduzir a temperatura ambiente durante o processo de combate; isto, por sua vez, protege as pessoas.

Minas de carvão dos Estados Unidos como o pior cenário possível e como um modelo em termos de requisitos

É válido supor que um incêndio na correia de um transportador de carvão em uma mina subterrânea represente o "pior pesadelo" em termos de incêndios em transportadores. Esse é o pior cenário em termos de material combustível, condições perigosas para os trabalhadores que precisam para evacuar o local e para aqueles que combatem o incêndio e para acessar e realizar manobras nas proximidades do incêndio. Além disso, o incêndio em um transportador de carvão adiciona o risco de uma explosão como um evento secundário, como resultado do

pó gerado a partir do incêndio no espaço confinado de uma mina ou galeria.

Conseqüentemente, a MSHA oferece requisitos detalhados para sistemas de controle de incêndios em transportadores. Essas exigências oferecem as melhores práticas para a aplicação de sistemas de prevenção e supressão de incêndios para todos os sistemas de transportadores.

Os regulamentos da norma *30 CFR section 75.1101-7 Installation of water sprinkler systems: requirements*, incluem o seguinte:

- (a) Os componentes de controle de incêndio de cada sistema de aspersão de água deverão ser instalados, na medida do possível, de acordo com as recomendações estabelecidas na edição 1968-1969 do *código Code No. 13, Installation of Sprinkler Systems*, da National Fire Protection Association, e os componentes desse sistema devem ser de um dos tipos aprovados pelo laboratório Underwriters' Laboratories, Inc., Factory Mutual Research Corp.
- (b) Cada sistema de aspersores deve fornecer proteção para o acionamento do motor, tensor da correia, controles elétricos, unidade do redutor de velocidade e para os 50 pés [≈15 m] de correia resistente a chamas, ou 150 pés [≈46 m] de correia não resistente a chamas adjacente ao acionamento da correia.

A seção seguinte, *30 CFR section 75.1101-8 Water sprinkler systems; arrangement of sprinklers*, inclui:

- (a) Pelo menos um aspersor deve ser instalado acima de cada acionamento, tensor, controle elétrico e unidade de redução de velocidade da correia, e aspersores individuais deverão ser instalados em intervalos não superiores a 8 pés [≈2,4 m] ao longo de todas as bifurcações do transportador.

- (b) Duas ou mais bifurcações, com pelo menos uma delas acima da parte superior da correia e outra entre as partes superior e inferior da correia, devem ser instaladas em cada sistema de aspersão, para oferecer uma descarga de água uniforme sobre a superfície da correia.

As regulamentações da MSHA na norma *30 CFR, Part 75.1100-1(a)*, especificam que "As tubulações de água devem ser capazes de fornecer 50 galões [≈190 l] de água por minuto com pressão no bico de 50 libras por polegada² [≈3,5 kg/cm²]. Essa exigência é conhecida como regra "50/50".

Em março de 2011, a MSHA reiterou os elementos importantes para a conformidade dos sistemas de aspersão e disposições de aspersores de água para transportadores de correia subterrâneos e unidades de armazenamento de tensores de correias no documento Program Policy Letter (PPL). Esse PPL, *No. P11-V-14*, observa, adicionalmente, que "Instalações de transportadores de correia mais largos podem exigir mais de uma bifurcação diretamente sobre a parte superior da correia e [...] entre as partes superior e inferior das correias", a fim de "fornecer uma liberação uniforme" de água para toda a largura da superfície da correia.

Códigos e normas de proteção contra incêndios

Além das agências que regulam a mineração, e, particularmente, a mineração subterrânea, há uma série de normas e códigos disponíveis relativos a sistemas de proteção contra incêndios. Talvez a principal autoridade para consenso seja a National Fire Protection Association (NFPA).

Os códigos da NFPA especialmente relevantes incluem:

NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems

NFPA 15: Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection

NFPA 120: Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines

NFPA 652: Standard on the Fundamentals of Combustible Dust

NFPA 654: Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids

NFPA 850: Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations

Além disso, a Factory Mutual oferece seu documento *Loss Prevention Datasheet # 7-11 Conveyors*. Ele apresenta uma visão geral e orientações para a seleção de sistemas de controle de incêndios e redução de danos causados por um incêndio em um transportador.

Relacionamento com o Corpo de Bombeiros

É essencial que as instalações tenham uma relação de trabalho de proximidade com a equipe local de bombeiros. Os bombeiros em serviço em departamentos locais podem não estar familiarizados com os requisitos de combate a incêndios em instalações de manuseio de materiais a granel, correias de transportadores ou outras instalações na fábrica. Uma equipe de resposta de emergência na fábrica pode ser treinada em técnicas de combate a incêndios adequadas pelos profissionais do departamento local; os bombeiros locais podem ser treinados em relação ao layout da fábrica e aos riscos específicos da operação. Familiarizando os bombeiros com as instalações e os riscos, a fábrica e os bombeiros estarão mais confortáveis com os preparativos e a necessidade de combater um incêndio no local. Isso aprimora a segurança da equipe da fábrica e dos bombeiros.

Melhoria da prevenção de incêndios

Melhorar as propriedades retardadoras de chamas das correias é apenas uma das maneiras de reduzir o risco de incêndios em transportadores. O desenvolvimento de correias de transportadores com propriedades retardadoras foi uma importante contribuição para a segurança, mas correias com essas propriedades podem entrar em combustão na presença de outro combustível. Até mesmo as fibras rasgadas de uma correia desalinhada podem ser inflamadas e queimadas rapidamente. Uma correia com um nível mais elevado de propriedades retardadoras de chamas ainda será queimada se houver pó de carvão ou lubrificante suficiente para iniciar um incêndio. Esses riscos potenciais de incêndio só podem ser eliminados através de elevados padrões para a instalação, manutenção e limpeza dos transportadores.

Edward Douberly observou: "A prevenção é a sua primeira linha de defesa contra incêndios e explosões". Ele listou as seguintes medidas preventivas:

- Conter o pó suspenso no ar nos pontos de transferência; remover o pó acumulado em vigas, tubos, conduítes, equipamentos e acessórios; e minimizar os derramamentos das correias.
- Nunca permitir que transportadores parados mantenham a carga sem serem descarregados por um longo período de tempo.
- Minimizar o acúmulo de pó de carvão sob os transportadores e em peças do equipamento, pois ele pode entrar em combustão espontânea.

O relatório do Belt Air Panel concorda na ênfase dada à prevenção de incêndios. A Recomendação 5 do relatório afirma:

O Painel de estudos técnicos recomenda firmemente que a Federal Mine Safety and Health Administration (MSHA) aplique rigorosamente as normas existentes para manutenção de correias

de transportadores subterrâneas e proteção contra incêndios.

A recomendação continua:

Isso se aplica especialmente à disponibilidade e funcionalidade dos sistemas de supressão de incêndios em correias; à disponibilidade e o bom funcionamento dos equipamentos de combate a incêndios; ao funcionamento de sistemas de sensores de fumaça, monóxido de carbono e outros sensores e alarmes projetados para detectar incêndios em entradas da correia; e ao treinamento da equipe da mina no combate a incêndios em minas, como em correias de transportadores.

Atenção especial deve ser dada aos:

... exames necessários das correias por avaliadores de aplicações em minas para garantir que (1) cada correia seja sempre mantida em boas condições de funcionamento, para evitar o atrito, (2) rolos danificados sejam substituídos imediatamente, (3) correias [em minas de carvão] tenham limpeza de pó adequada e (4) materiais inflamáveis, como carvão fino, pó de carvão, óleo, graxa e lixo não acumulem ao longo das linhas da correia.

Outras medidas de prevenção de incêndios também devem ser seguidas. Como afirmado anteriormente, rolos danificados devem ser identificados e substituídos o mais rápido possível, antes que o dano leve a aquecimento por atrito, o que pode resultar em incêndios. Acúmulos de materiais combustíveis não podem ser permitidos. Os operadores devem usar graxas e outros lubrificantes com resistência a chamas. Os sistemas e equipamentos de detecção e combate a incêndios devem ser testados de acordo com as normas regulatórias do setor.

A limpeza é digna de atenção especial, para reduzir o risco de incêndios nas correias. Como Verakis e Hockenberry destacaram:

A acumulação de materiais combustíveis foi a norma mais citada relacionada à segurança em minas subterrâneas de carvão (30 CFR 75.400) pela equipe de aplicação da MSHA, em 2006.

Conseqüentemente, a limpeza de materiais combustíveis, e, particularmente, de carvão fugitivo, é uma das medidas mais importantes de segurança contra incêndios no trabalho com transportadores de correia.

O alinhamento da correia do transportador é um pré-requisito essencial para a segurança correia. Indicar que a necessidade de alinhamento adequado da correia é "amplamente ilustrada" pelo incêndio na mina Aracoma, o relatório final do Belt Air Panel observou: "Os examinadores devem garantir o alinhamento adequado da correia e devem receber treinamento para evitar o aquecimento por atrito onde há fricção entre a correia e os suportes e outros elementos da estrutura". **(Consulte O incêndio da mina Aracoma: calor por atrito resulta em tragédia.)**

Outra medida importante para a prevenção de incêndios é o controle das permissões para trabalhos e procedimentos "a quente" (para funcionários e terceirizados), e das restrições ao uso de líquidos e gases inflamáveis.

MELHORES PRÁTICAS

Prevenção de incêndios em transportadores

Em um relatório intitulado *The prevention and control of fire and explosion in mines*, o Health and Safety Executive do Reino Unido listou uma série de melhores práticas para minimizar os riscos de incêndios no trabalho com transportadores de correia. A lista inclui:

- Usar correias de transportadores resistentes a chamas;
- Garantir que o transportador tenha capacidade suficiente para suportar a carga máxima esperada;

- Realizar a manutenção dos sistemas do transportador para garantir que as cargas máximas especificadas dos rolos e polias não sejam excedidas;
- Usar apenas tambores, rolos e polias fabricados segundo as normas apropriadas, com tolerâncias de projeto adequadas;
- Usar fluidos resistentes a chamas nos sistemas hidráulicos, acoplamentos de tração etc.;
- Especificar lubrificante resistente a chamas nos rolamentos dos roletes;
- Usar modelos de freios menos vulneráveis a aderência na posição "acionado", e menos propensos ao acúmulo de pó e outros contaminantes no trajeto do freio;
- Instalar monitores em componentes vulneráveis para detectar deterioração ou operação anormal e fornecer dispositivos de proteção adequados;
- Projetar e construir pontos de transferência e carga para minimizar derramamentos e emissões de pó. Eles devem ser fechados, mas devem contar com instalações para inspeção de segurança e limpeza;
- Fornecer limpeza aos transportadores sempre que necessário para remover derramamentos, especialmente embaixo dos raspadores da correia;
- Garantir que todas as partes do sistema do transportador sejam acessíveis para inspeção e possam ser limpas com segurança;
- Utilizar materiais resistentes a chamas ao longo dos pontos de transferência, carga e descarga

Além disso, a limpeza do transportador foi enfatizada, observando que os acionamentos do transportador, circuitos, extremidades de retorno e linhas das correias devem ser inspecionados regularmente para garantir que:

- Materiais inflamáveis, incluindo pó e derramamentos de carvão, não tenham sido acumulados dentro ou embaixo desses pontos;
- Pedacos de minerais não estejam presos entre peças móveis e a estrutura do transportador;
- Não haja vazamento de lubrificante de nenhum tambor ou rolete;
- Não haja tambores ou roletes giratórios com rolamentos defeituosos ou travados. Qualquer rolo defeituoso deve ser substituído ou removido até que um substituto esteja disponível e possa ser instalado;
- A correia esteja devidamente alinhada e tenha a classificação adequada, e não apresente atrito contra a estrada, equipamentos e acessórios ou contra qualquer elemento estático do sistema do transportador;
- Todos os dispositivos de segurança necessários esteja instalados e funcionando;
- As correias estejam adequadamente tensionadas para evitar deslizamentos.

O relatório *The prevention and control of fire and explosion in mines* também enfatizou a importância do monitoramento, com a instalação dos seguintes sistemas adicionais recomendados:

- Dispositivos de alinhamento da correia precisam ser instalados em um dos lados da parte superior da correia na chegada à parte dianteira do acionamento, e em outros locais onde aquecimento por atrito possa resultar da fricção entre a correia e algum objeto fixo, por exemplo, tensores e unidades de retorno e entrega. Eles devem ser travados, a fim de parar o transportador caso sejam acionados.
- Dispositivos de detecção de rompimento da correia devem ser

instalados a uma distância segura a extremidade de entrega, de modo que o transportador pare antes que a correia rompida passe pelo rolo de entrega.

- Um detector [de deslizamento da correia], disposto para parar o transportador se o deslizamento levar a uma redução da velocidade da correia abaixo de 75% da velocidade do tambor de acionamento do transportador, ajudando a evitar o aquecimento por atrito.

A relatório *Belt Air Report* observou que boas práticas podem minimizar o risco de incêndios. Esses procedimentos incluem:

- 1) Verificar regularmente a correia.
- 2) Remover acúmulos de materiais combustíveis ao longo do transportador.
- 3) Corrigir possíveis fontes de incêndios, como rolos travados, rolamentos superaquecidos ou correia desalinhada.

Essas medidas de prevenção de incêndios devem ser seguidas não apenas nas instalações subterrâneas de mineração de carvão investigadas pelo Belt Air Panel, mas em todas as aplicações.

Algumas Melhores práticas finais incluem:

- Verificar semestralmente se a estrutura do transportador tem aterramento aceitável.
- Monitorar a correia para inspecionar os componentes giratórios em cada turno.
- Manter o ajuste adequado dos componentes acessórios em contato com a correia.
- Responder imediatamente para corrigir o desalinhamento da correia, roletes com defeito e problemas de limpeza.
- Em caso de incêndio em um componente ou na própria correia, desligar imediatamente o transportador para evitar a propagação do incêndio.

- A água é o meio mais eficaz e disponível para combater um incêndio em um transportador.

A extensão das medidas de proteção apropriada contra incêndios, para uma determinada aplicação, só pode ser determinada após a realização de uma análise de risco detalhada.

CONCLUSÕES

Incêndios em transportadores e correias com propriedades retardadoras de chamas

A seleção da correia é feita de acordo com o equilíbrio entre desempenho e segurança. Muitas vezes, aprimorar uma categoria de desempenho, como a resistência a chamas, afeta outras propriedades da correia, como a resistência à abrasão. O dilema entre segurança e durabilidade da correia, ou qualquer outra propriedade, deve ser cuidadosamente considerado.

Em suas observações enviadas ao painel Belt Air Panel, Bernd Küsel, vice-presidente executivo da Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH, estimou que "correias com propriedades de autoextinção custariam entre 10% e 30% mais" do que as correias certificadas de acordo com a norma anterior da MSHA. Porém, continuou, "os benefícios do aumento da segurança e do aprimoramento da operação e do desempenho das correias com propriedades de autoextinção compensariam o aumento dos custos".

Incêndios em transportadores são, certamente, um perigo, mas ele pode ser atenuado pela devida atenção aos detalhes, como o alinhamento da correia e a limpeza. Um relatório do United States Bureau of Mines, *iFire Hazard of Conveyor Belts (Report of Investigations 7053)*, elaborado por Donald W. Mitchell, Edwin M. Murphy, Allan F. Smith e Samuel P. Polack em 1967, observou que há muitos aspectos relacionados ao controle de incêndios em transportadores, declarando:

O risco de incêndio pode ser reduzido pelo monitoramento das correias, inspeção frequente dos rolos, especialmente após paradas das correias, e remoção da sujeira acumulada nos roletes retorno e nas seções traseiras.

O relatório observou, ainda, que "A experiência demonstra que boas instalações de combate a incêndios, sistemas de correias limpos e ação imediata [por parte dos trabalhadores] na mina são a melhor defesa contra incêndios".

Embora a garantia de que a correia tenha propriedades retardadoras de chamas seja apenas o primeiro passo na prevenção de incêndios em transportadores, esse é um dos passos mais importantes e essenciais. E sua aplicação é duplamente benéfica, pois apresenta um método para minimizar os riscos de incêndios, sem acrescentar os custos das despesas com equipamentos, projetos e instalação adicionais, ou os problemas de manutenção que a inclusão de métodos de controle de incêndio secundários, como sistemas de detecção e combate a incêndios, acarretam. Com a seleção adequada de correias com propriedades retardadoras de chamas, muitas operações serão capazes de minimizar ou eliminar esses sistemas de controle de incêndio secundários. ⚠





Capítulo 16 Iluminação

INTRODUÇÃO	245
Requisitos mínimos de iluminação	246
REGULAMENTOS E NORMAS.....	248
Considerações sobre o projeto da iluminação.....	254
MELHORES PRÁTICAS	254
CONCLUSÕES	255

INTRODUÇÃO O desafio de iluminar os transportadores

As áreas de trabalho precisam ser suficientemente iluminadas para garantir a segurança dos trabalhadores, a produtividade do equipamento e a qualidade do resultado final do trabalho. A luz natural pode precisar ser complementada por uma iluminação artificial em função do tamanho ou design da construção, horas de trabalho, época do ano e condições meteorológicas.

A iluminação de áreas internas requer luzes artificiais, de forma que o equipamento possa ser inspecionado, e seu funcionamento, verificado. Como Jacob Fruchtbaum observa em sua publicação *Bulk Materials Handling Handbook*: "A iluminação geral das áreas operacionais deve ser tal que a inspeção de rotina seja possível durante os períodos noturnos".

No entanto, pode ser um desafio fornecer sistemas de iluminação adequados em

transportadores de correia. Os transportadores percorrem longas distâncias que geralmente se estendem por quilômetros. Alguns transportadores cruzam pelas plantas, outros se originam no subsolo ou passam por túneis ou passagens fechadas.

Consequentemente, os sistemas de iluminação de transportadores operam em condições ambientais mais difíceis do que qualquer outro sistema de iluminação. Esses sistemas de iluminação precisam suportar variações de, temperaturas extremas, entre -40 a 50 °C, ventos fortes, chuva, neve, umidade, insetos, animais e ambientes empoeirados. A capacidade de resistir a condições industriais típicas de ambientes operacionais de transportadores deve ser levada em consideração na hora de projetar os sistemas de iluminação de transportadores.

O desafio do sistema de iluminação de transportadores é fornecer sistemas duráveis, com baixa manutenção e iluminação adequada, capaz de proporcionar condições de trabalho seguras. Infelizmente, esse não é o caso na maioria das vezes. Em geral, a iluminação não é adequada ou os equipamentos existentes não funcionam ou ficam sujos. Iluminação e manutenção adequadas dos equipamentos contribuem diretamente para um ambiente de trabalho seguro e produtivo.

Requisitos mínimos de iluminação

Cada etapa requer algum nível de iluminação na superfície de trabalho. Uma boa iluminação é essencial para realizar visuais, além de permitir que as pessoas trabalhem com mais produtividade. A leitura normal de um livro pode ser feita com iluminação de 100 a 200 lux. O senso comum indica que conforme as tarefas ficam mais complicadas, ou quanto mais imprescindível se torna a necessidade de observação, mais iluminação é necessária. (Figura 16.1.)

O desafio é escolher o nível correto de iluminação para os transportadores de forma a permitir a eficiente inspeção e manutenção, sem risco para os trabalhadores. Grupos como a Commission International de l'Eclairage (CIE, Comitê Internacional de Iluminação), Illuminating Engineering Society of North America (IESNA, Sociedade Norte Americana de Engenheiros de Iluminação), entre outros, já publicaram níveis recomendados de iluminação para várias tarefas. Essas recomendações, desde então, lograram entrar a formar parte das normas nacionais e internacionais no design de iluminação.

A luminosidade mínima de todas as áreas internas onde nenhum trabalho esteja em execução foi especificada como 20 lux. A norma australiana AS/NZS 1680.2.4:1997 observa especificamente que os transportadores e pórticos (passagens) devem manter um mínimo de 40 lux.



Figura 16.1.

Conforme as tarefas ficam mais complicadas, ou quanto mais imprescindível se torna a necessidade de observação, mais iluminação é necessária.

Lâmpadas ou luminárias

Falando de sistemas transportadores e outras instalações industriais, o equipamento é normalmente chamado de luminária. Embora a lâmpada seja a principal fonte de luz, são necessários ainda refletores e divisores (ou lamelas) para difundir a luz e direcioná-la de forma correta. A luminária é o aparelho que executa essas funções. A luminária também pode atuar como um refletor do brilho, além de proteger a lâmpada. Ela contém elementos para distribuir, filtrar e transformar a luz emitida por uma lâmpada, além de incluir todos os itens necessários para fixar, proteger e conectar a lâmpada à fonte de alimentação.

Normalmente, esse padrão de 40 lux é alcançado colocando luminárias em intervalos de 6 metros [$\approx 19,5$ pés] ao longo de todo o transportador. Sistemas de iluminação avançados agora permitem a extensão desse espaçamento, que podem ser colocados em

intervalos de até 12 metros (≈ 39 pés) para alcançar os mesmos níveis de lux.

Os benefícios são óbvios, uma vez que supõe a metade do número de equipamentos de iluminação a ser comprada, instalada e mantida, metade do número de lâmpadas

Medidas de níqueiss de iluminação

Conforme observado por Bruce W. Smith, no artigo *Developing a New Temporary Lighting System: From Identification of the Problem to the Design of the Solution*,

Embora haja muitos aspectos a serem considerados na iluminação, tais como quantidade, contraste, brilho, intensidade e reflexão, apenas a quantidade de luz é mensurável e realmente usada pela agência Safety and Health Administration Ocupacional (OSHA, Administração de Saúde e Segurança Ocupacional) na definição do requisito mínimo de iluminação.

A luminosidade é a quantidade de luz sobre uma unidade de área de superfície; ela também pode ser descrita como nível de luz da tarefa. Isso se mede com o fotômetro em foot-candles (abreviado como fc, fcd ou fctd), ou em lux como no Sistema Internacional de Unidades (SI). Um foot-candle é um lúmen da densidade de luz por pé quadrado; um lux é um lúmen por metro quadrado.

Um foot-candle é definido como a quantidade de iluminação que a superfície interior de uma esfera com raio de um pé receberia se houvesse uma fonte pontual uniforme de uma vela, isto é, a luz a partir de uma única vela padrão no centro exato da esfera. Também pode ser definido como a luminosidade sobre uma superfície de um pé quadrado na qual exista luz uniformemente distribuída de um lúmen. Portanto, um foot-candle é igual a um lúmen por pé quadrado ou 10,764 lux.

Referente a foot-candle, é possível encontrar na Wikipédia o seguinte:

Em aplicações práticas, como ao mensurar a iluminação de um quarto, é muito difícil medir a iluminação com precisão superior a $\pm 10\%$ e, devido a muitas razões, é razoável pensar que um foot-candle representa aproximadamente dez lux, conforme é normalmente feito pela indústria.

Exemplos de ambientes com a luminosidade média recomendada, medida em lux, são mostrados na tabela.

Medir os níveis de iluminação com precisão pode ser difícil, conforme explica Patricia K. Clark, diretora dos programas de conformidade da OSHA, em uma carta de 1991 que representa a interpretação que a agência faz da norma *29 CFR 1926.56*. A carta, disponível no site da agência, apresenta:

A computação da intensidade da iluminação no nível de trabalho pode ser um procedimento extremamente complexo. Muitas variáveis estão envolvidas, tais como a fonte específica de luz, intensidade, distância, atmosfera (pureza do ar), piso, cor da parede e do teto e as respectivas luminosidades das superfícies, para citar alguns. Portanto, o nível de iluminação de qualquer superfície em um local de trabalho é mais bem medido com uma leitura do fotômetro em lumens por pé quadrado, o que é igual a foot-candles.

A carta explica ainda que fotômetros podem ser adquiridos em qualquer loja de equipamentos fotográficos.

Condições	Lux (lx)
Luz solar exterior, dia claro, céu limpo	30.000 a 100.000
Dia nublado	1.000 a 5.000
Interior de escritório bem iluminado	400 a 800
Mínimo para ler com facilidade	200 a 300
Corredores de armazéns	100 a 200
Interior residencial/sala de estar típica	50 a 250
Corredores de edifícios	50 a 100
Poste de iluminação à noite	15
Lua cheia com noite clara	0,25 a 1
Típica luz da lua com céu nublado	0,1

Observação: outras conceitos de iluminação são praticadas no Brasil, como iluminância. As recomendações para o território nacional podem ser encontradas na norma NBR5413 da ABNT.

acesas consumindo eletricidade, o que presumivelmente resulta na redução do consumo de eletricidade.

As luminárias devem ser projetadas e instaladas de modo que elas sejam otimizadas nas passagens de transportadores, e ofereçam um melhor desempenho de um lado ao outro. Equipamentos elétricos e técnicas de instalação apropriados podem fornecer a iluminação ideal das passagens de transportadores, minimizando o vazamento de luz para os lados.

Claro que surgem problemas maiores com os transportadores terrestres, pois a instalação e a manutenção de milhares de luminárias ao longo de quilômetros de transportadores e passagens podem representar um fardo dispendioso e permanente.

REGULAMENTOS E NORMAS

Na maioria dos casos, não há normas de iluminação específicas para transportadores. Os requisitos normalmente abordam as condições gerais de iluminação da indústria e construção, bem como a necessidade de luzes de emergência. Algumas normas aplicáveis estão listadas na **Figura 16.2**.

Austrália



A norma australiana de transportadores *AS/NZS 4024.3610:2015 Safety of machinery – Conveyors – General requirements* contém normas de iluminação na seção 2.9. A norma primeiro observa que a iluminação deve ser adequada a hora e ao local de uso para cumprir com o conjunto de normas *AS/NZS 1680* sobre iluminação de interiores.

Normas vigentes sobre iluminação

Austrália	<i>AS/NZS 1680.0:2009 Interior lighting – Safe movement</i>
	<i>AS 1680.1-2006 Interior and workplace lighting – General principles and recommendations</i>
	<i>AS 1680.2.1-2008 Interior and workplace lighting – Circulation spaces and other general areas</i>
	<i>AS 1680.2.2-2008 Interior and workplace lighting – Office and screen-based tasks</i>
	<i>AS 1680.2.3-2008 Interior lighting – Educational and training facilities</i>
	<i>AS/NZS 1680.2.4:1997 Interior lighting – Industrial tasks and processes</i>
	<i>AS/NZS 1680.2.5:1997 Interior lighting – Hospital and medical tasks</i>
Brasil	<i>CIE 29.2-1986 Guide on interior lighting</i>
China	<i>GB 50034-2004 Standard for lighting design of buildings</i>
Europa	<i>EN 12464-1:2011: Light and lighting – Lighting of work places. Indoor work places</i>
	<i>ISO 8995-1:2002 (CIE S 008/E: 2001): Lighting of work places – Part 1: Indoor</i>
Índia	<i>IS 3646-1 (1992): Code of practice for interior illumination, Part 1: General requirements and recommendations for welding interiors</i>
	<i>National Building Code of India 2005 (NBC 2005) [Part 8 Section 1]</i>
Rússia	<i>SNiP 23-05-2010 Daylight and Artificial Lighting: Construction Standards and Rules of Russian Federation</i>
África do Sul	<i>SANS 10114-1:2005 Interior lighting Part 1: Artificial lighting of interiors</i>
EUA	<i>ANSI/IESA RP-1-04 Recommended Practices for Office Lighting Training</i>

Figura 16.2.

Muitos países estabelecem normas para iluminação interior.

Requisitos de iluminação mais específicos são detalhados em *AS/NZS 1680.2.4:1997 – Interior lighting Part 2.4: Industrial tasks and processes*. Em sua Tabela E1, essa norma fornece recomendações de iluminação para vários processos e tarefas industriais, incluindo a sua seção 38 sobre minas e pedreiras (construções em superfícies) com a subseção 38.1 sobre plantas de preparação e a 38.2 sobre o manuseio de materiais. (**Figura 16.3**.)

Em uma observação sobre a seção 2.9.1, a norma *AS/NZS 4024.3610:2015* especifica que em mina subterrânea, não é necessário cumprir estritamente a norma *AS 1680*.

Outras orientações sobre operações de mineração se encontram na norma *AS/NZA 4024.3611:2015 Safety of Machinery – Conveyors – Belt conveyors for bulk materials handling*. Em uma passagem relevante (cláusula 2.7.2), se estabelece que, em operações subterrâneas, é preciso iluminar cada ponto de inflexão, como trituradores, pontos de transferência, entradas de galerias, assim como as principais áreas de manutenção das polias e da correia de retorno. Para outras localizações subterrâneas, uma lâmpada no capacete ou uma lanterna são aceitáveis, de acordo com a norma.



Canadá

Novamente, os regulamentos não são específicos. Na sua seção 21 sobre iluminação, a lei *Occupational Health and Safety Act, Revised Regulations of Ontario (R.R.O.) 1990, Regulation 851: Industrial Establishments* estabelece apenas que:

- 21. Onde a iluminação natural for inadequada para garantir a segurança de algum trabalhador, deverá ser fornecida uma iluminação artificial que reduza ao mínimo sombras e reflexos.

Na definição de requisitos mínimos para a iluminação padrão e para a iluminação de emergência, o código *Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia* (estabelecido pelo Ministério de Minas e Energia, e Recursos Petrolíferos da província de British Columbia, no Canadá, em 2008) talvez seja típico:

- Normas de iluminação
 - 2.8.1 O gestor deve garantir que todos os locais de trabalho recebam iluminação adequada a fim cumprir com os padrões definidos pela norma *ANSI/*

Figura 16.3.

A norma australiana AS/NZS 1680.2.4 especifica os níveis de iluminação requeridos em aplicações de minas e pedreiras.

38 MINAS E PEDREIRAS (CONSTRUÇÕES EM SUPERFÍCIES)	Tipo de interior ou atividade		Iluminação necessária em lux
38.1 Plantas de preparação	Áreas de trabalho		240
	Correias coletoras		400
	Outras áreas		160
38.2 Manuseio de materiais	Transportadores e pórticos		40
	Instalações de transferência	Geral	80
		Áreas com operadores	160
	Silos e elevadores		80
	Torres de amostragem		160
	Carregamento de vagões		40
	Pontos de descarga		40
	Outras áreas em que há operadores normalmente presentes		160

Resumo a partir da Tabela E1 em AS/NZS 1680.2.4:1997

IES Standard RP-7-1991: American National Standard Practice for Industrial Lighting, conforme atualizada de tempos em tempos, a menos que o contrário seja autorizado pelo código.

- Iluminação de superfície

2.8.2 O gerente deve garantir a existência de uma fonte de iluminação de emergência separada e independente em todos os lugares onde houver risco de falha do sistema de iluminação normal, além disso, o sistema de iluminação de emergência deve:

- (1) acender automaticamente quando a iluminação normal falhar, sempre

que faça parte de uma instalação permanente;

- (2) fornecer iluminação adequada para permitir que os funcionários iniciem os procedimentos de desligamento de emergência e deixem suas áreas de trabalho com segurança;
- (3) ser testada com a frequência necessária para garantir que funcionará quando for preciso.

- Iluminação subterrânea

2.8.3 O gestor deve ter instalado iluminação permanente apropriada para iluminar adequadamente os seguintes locais em uma mina subterrânea:

		Intervalo do serviço* Luminosidade em lux
2. MENERAÇÃO DE CARVÃO (CONSTRUÇÕES EM SUPERFÍCIES)	2.1.1 Passagens, pisos debaixo de transportadores	30-50-100
3. GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ELETRICIDADE	3.2.1 Transportadores, pórticos, torres de derivação, moegas de descarga, plantas de manuseio de cinzas, poços de decantação, tomadas para moegas de pó	50-100-150
	3.2.2 Outras áreas em que os operadores podem estar presentes	100-150-200

da Tabela 1 Iluminação recomendada (artigo 4.2.2.2)

*4.2.2.2 Intervalos de luminosidade

Como as circunstâncias podem ser significativamente diferentes nos distintos interiores utilizados para a mesma aplicação, ou as condições podem diferir no mesmo tipo de atividade, recomenda-se um intervalo de luminosidade para cada tipo de atividade ou de interior. Cada intervalo consiste em três etapas sucessivas da escala recomendada de luminosidade. Para áreas de trabalho interiores, o valor médio de cada intervalo representa a luminosidade recomendada, a menos que um ou mais dos fatores mencionados abaixo se apliquem.

O valor mais alto do intervalo deve ser usado quando:

- O grau de refletância ou contraste é anormalmente baixo na tarefa;
- Os erros são de difícil resolução;
- O trabalho visual é crítico;
- Precisão e alta produtividade são de grande importância;
- A capacidade visual do trabalhador assim o requer.

O valor mais baixo do intervalo deve ser usado quando:

- O grau de refletância ou contraste é anormalmente alto;
- Velocidade e precisão não são importantes;
- A tarefa é executada com pouca frequência.

Figura 16.4.

A norma indiana IS 3646-1 lista os padrões de iluminação de áreas relacionadas a transportadores de correia.

- (1) todas as oficinas, oficinas de manutenção e outros lugares onde possa ser perigoso mover máquinas ou equipamentos;
- (2) galerias principais de passagens de tubulação e cabos e suas bocas de visitas.
- (3) estações de primeiros socorros;
- (4) galerias de transportadores, vias e estações de transferência.



Índia

A norma indiana *IS 3646-1 (1992): Code of practice for interior illumination, Part 1 General requirements and recommendations for working interiors (1992 Reaffirmed 2003)* lista os seguintes requisitos para áreas de trabalho relacionadas a transportadoras, como mostra a **Figura 16.4**.



África do Sul

Na República da África do Sul, o *Mandatory Code Of Practice For The Safe Use Of Conveyor Belt Installations For The Transportation Of Minerale, Material Or Personnel, (2ª Revisão)*, da mina Venetia das operações De Beers Consolidated Mines, especifica o seguinte na seção 8.1.2.6 Illumination:

A intensidade mínima de lux deve ser de 50 lux para polias do acionador, polias traseiras, transmissões, pontos de carregamento e de 30 lux para o resto da instalação da correia transportadora. As luzes devem ser posicionadas para iluminar suficientemente todas as áreas do ambiente do transportador de correia que apresentar riscos significativos.

Deve ser determinado pelo higienista ocupacional que os níveis de [...] iluminação não cumprem os padrões aceitáveis; o higienista ocupacional deve recomendar melhorias ao engenheiro.

Os requisitos mínimos de iluminação se repetem no *Venetia Mines' Code of Practice* na seção 8.3.5 Belt Illumination, com a instrução

adicional que "luzes com defeito ao longo de instalações de correia transportadora devem ser reportadas e registradas em uma lista de defeitos de intervenção do responsável sênior de engenharia."



Estados Unidos

A agência OSHA difere das normas de iluminação da ANSI (American National Standards Institute, Instituto Nacional Americano de Padrões), agora atualizadas como *ANSI/IES RP-7-1991*, em todas as atividades, exceto construção civil. Como explica Will Charpentier em seu artigo on-line "Factory Lighting Regulations":

Essa norma, a ANSI/IES-RP-7-1991, tem uma abordagem de senso comum para iluminação de fábricas que garante ótima iluminação baseada em "funções e exigências do ambiente no local de trabalho específico". A norma, como todas as normas de consenso, está constantemente sob revisão para garantir um caráter inclusivo, que tenha em conta as novas tecnologias, como a iluminação de LED e as novas investigações em curso. Como a inovação e a investigação podem causar constantes mudanças na norma, a agência OSHA incorpora a norma em seus regulamentos por referência, em vez de copiar especificidades.

A OSHA recomenda que os empregadores usem essa norma como diretriz para determinar a iluminação necessária para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores nos locais de trabalho.

A norma da OSHA para indústria da construção, a *29 CFR 1926.56 Illumination*, tem requisitos de iluminação bem específicos para locais de construção, enquanto os padrões da indústria em geral são muito mais amplos e raramente especificam os requisitos de iluminação. A norma *OSHA 29 CFR 1926* estabeleceu os requisitos mínimos de iluminação em foot-candles – a quantidade de luminosidade produzida por uma vela a

um pé de distância – para uma variedade de ambientes de trabalho em funcionamento.

Requisitos mínimos de iluminação para canteiros de obras são descritos em *29 CFR 1926.56(a)* na Tabela D-3: Minimum Illumination Intensities in Foot-Candles (**Figura 16.5.**)

Para todas as demais áreas, a norma *CFR 29 1926.56(b)* especifica que os valores de Iluminação são descritos pela norma *American National Standard A11.1-1965, R1970 Practice for Industrial Lighting*.

Iluminação de emergência

Os regulamentos da OSHA sobre meios de evacuação na norma *29 CFR 1910.37(b)* estabelece: "A iluminação e a sinalização devem ser adequadas e apropriadas". Posteriormente, o fragmento *1910.37(b) (1)* especifica: "Cada rota de saída deve ser adequadamente iluminada para que um funcionário com visão normal possa enxergar ao longo da rota".

Requisitos da MSHA

Em suas regulamentações para minas de extração de metais e não metais, a agência Mine Safety and Health Administration (MSHA, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) somente especifica, na norma

30 CFR Subpart P – Illumination, seções 56 e 57 17001 Illumination of surface working areas:

Iluminação suficiente que proporcione condições de trabalho seguras deve ser fornecida em todas as estruturas de superfície, caminhos, passagens, escadas, painéis de comutação, locais de carregamento e de despejo e áreas de trabalho.

Não se apresentam detalhes adicionais.

Requisitos estatais

Alguns estados dos Estados Unidos possuem requisitos mais específicos. A seção R614-5-2 Conveyors G Illumination, da norma R614-5 Materials Handling and Storage da regulamentação *Utah Administrative Code Title R614 Labor Commission, Occupational Safety and Health*, estabelece:

Iluminação suficiente para ver o equipamento claramente deve ser fornecida no nível do chão, polias do acionador e traseira, estações operacionais e ao longo dos sistema transportadores que devem ser inspecionados, entre 5 e 10 foot-candles de luz para cumprir esse requisito.

Por meio da *WAC 296-800-21005*, a regulamentação *Washington Administrative Code*

Foot-candles	Áreas de operação
5	Iluminação de áreas de construção em geral.
3	Áreas de construção em geral, colocação de concreto, área de escavação e resíduos, vias de acesso, áreas de armazenagem ativas, plataformas de carregamento, reabastecimento e áreas de manutenção de campos.
5	Área interior: armazém, corredores, entradas e saídas.
5	Túneis, perfurações e áreas de trabalho subterrâneas em geral: (Exceção: um mínimo de 10 foot-candles é exigido no túnel e eixo vertical durante a perfuração, carregamento e retirada de material. Lanternas de capacete aprovadas pelo Bureau of Mines devem ser aceitáveis para utilização em escavação de túneis.)
10	Lojas e plantas de construção em geral (por exemplo, usinas gravimétricas, plantas de triagem, salas de equipamentos mecânicos e elétricos, lojas de carpintaria, armazéns de materiais de amarração e salas de armazenagem ativas, salões de bagunça e banheiros e salas de trabalho interiores.
30	Estações de primeiros socorros, enfermarias e escritórios.

Figura 16.5.

Nos Estados Unidos, os requisitos mínimos de iluminação da OSHA são especificados pela norma 29 CFR 1926.56.

Figura 16.6.

Normas de iluminação na regulamentação Washington Administrative Code.

Tabela de iluminação (foot-candles)		
Atividade	Nível de iluminação mínimo aceitável na área:	Qualquer medida única usada para determinar o nível de iluminação* médio não pode ser inferior a:
Tarefa em área interior	10	5
Tarefa ao ar livre	5	2,5
Atividades não relacionadas a tarefas em área interior e ao ar livre	3	1,5

* Os níveis de iluminação devem ser medidos a trinta polegadas acima do solo/superfície de trabalho na tarefa.

Figura 16.7.

As luminárias usadas para aplicações de transportadores devem ter estrutura resistente para suportar condições severas.



estabelece que uma operação deve "fornecer e manter iluminação adequada para todas as atividades no seu local de trabalho". Há detalhes adicionais sobre a regulamentação na **Figura 16.6**.

A WAC 296-800-21005 ainda estipula que um plano deve:

[...] oferecer iluminação adequada para que os funcionários possam ver objetos próximos, operar comandos de emergência ou outros equipamentos, se a iluminação geral não estiver disponível.

O órgão Department of Licensing and Regulatory Affairs (Departamento de Licenciamento e Assuntos Regulatórios) de Michigan observa na regulamentação *General Industry Safety Standards, Part 14. Conveyors, R408.11426 Passageways and walkways*:

Classificações de compartimentos: NEMA ou IP

A classificação "NEMA 4" indica que "compartimentos construídos para uso ao ar livre e em área interna fornecem um grau de proteção do pessoal contra" o contato acidental com equipamento encapsulados; "fornecem um grau de proteção contra" sujeira, chuva, granizo, neve, vento de poeira, respingos de água e água direcionada por mangueira; e fornecem a garantia de que não serão danificados pelo acúmulo externo de gelo no compartimento. A classificação "NEMA 4X" é semelhante; a única diferença é a inclusão da proteção contra corrosão.

O sistema International Protection Marking (ou Código IP) usa um número de dois dígitos para indicar o nível de proteção fornecida por um compartimento.

O primeiro dígito representa proteção contra a entrada de objetos estranhos, como partículas sólidas (pó); "6" é a classificação mais alta e indica "À prova de pó".

O segundo dígito indica o nível de proteção contra a entrada de líquidos (água). Para obter mais informações, consulte a norma *ANSI/IEC 60529 Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code)*.

(3) Uma passarela ao longo do transportador em um poço ou túnel deve ser iluminada com ao menos 10 foot-candles quando for preciso que um funcionário trabalhe na área.

Considerações sobre o projeto de iluminação

O fornecimento de luz suficiente é (quase) um critério óbvio. (Figura 16.7.) O "valor agregado" pelo qual se deve procurar ao selecionar equipamentos e todo o sistema de iluminação inclui outras características das luminárias, incluindo durabilidade, facilidade de manutenção e eficiência energética.

Os requisitos gerais de iluminação para operações críticas podem ser alcançados e ampliados com iluminação adicional, seja ela permanente ou portátil, utilizada apenas quando necessária.

As luminárias para uso subterrâneo em minas ou túneis e/ou no manuseio de carvão ou em outros ambientes explosivos terão necessidades especiais, incluindo uma estrutura à prova de explosão.

MELHORES PRÁTICAS Iluminação de transportadores

A seguir, eis algumas considerações sobre as Práticas recomendadas para um sistema de iluminação de transportadores:

- As luminárias devem ser projetadas para funcionar em ambientes de aplicações severas e devem suportar condições difíceis, incluindo vibração, pó, umidade e temperaturas adversas.

- Uma estrutura robusta significa suportar os constantes choques e vibrações que normalmente acontecem no ambiente de manuseio de materiais a granel.
- Os equipamentos devem ser de fácil instalação, acessíveis e concebidos para facilitar a limpeza e a troca de lâmpadas sem a utilização de escadas ou equipamento especializado.
- Os equipamentos de iluminação devem ser projetados para minimizar o acúmulo de materiais fugitivos.
- Os compartimentos devem cumprir as classificações NEMA 4 ou 4X, ou a IP65 ou 66.
- Os equipamentos devem ser protegidos de condições climáticas e devem suportar lavagens de alta pressão.
- Em sistemas ao ar livre, deve-se incorporar um sensor de luminosidade para ligar e desligar o sistema automaticamente.
- A iluminação na parte de baixo dos transportadores também deve ser considerada de forma a contribuir com a limpeza e manutenção regular.
- A iluminação de emergência deve ser incluída no sistema na etapa de projeto.
- As fontes de alimentação de equipamentos portáteis de iluminação devem estar instaladas em locais de fácil acesso.
- Os inspetores e pessoal de manutenção devem ter acesso a lâmpadas portáteis que gerem pelo menos um milhão de candelas.

Descrição	lux	Observações
Passagens (abertas ou em galerias)	40	
Polias traseiras, chute de carga, chute de descarga, transmissões e estações de dispositivos tensores	80	Isso também inclui outras áreas que requerem constante limpeza, como embaixo e nas proximidades de transportadores.
Inspeção e manutenção	160	Iluminação auxiliar permanente ou portátil pode ser usada para atingir esse nível.

Figura 16.8.

Melhores práticas para iluminação de transportadores de correia.

Figura 16.9.

É necessária iluminação suficiente para permitir que os trabalhadores possam caminhar ao lado de um transportador de correia.



As práticas recomendadas para iluminação de transportadores incluem a iluminação de áreas conforme os seguintes padrões mostrados na **Figura 16.8**.

CONCLUSÕES

A fantástica eletricidade

Iluminação é um critério fundamental para proporcionar um ambiente seguro ao pessoal que trabalha ao lado de correias transportadoras. (**Figura 16.9**.)

A iluminação é necessária para a inspeção de segurança, a manutenção e a operação dos transportadores. Sistemas de iluminação devidamente projetados proporcionam condições necessárias para que essas tarefas sejam realizadas, ao passo que minimizam a despesa na instalação e operação do sistema de iluminação.

Um projeto de iluminação adequado é necessário para avaliar o estado do transportador de forma apropriada. A luz pode iluminar – em todos os sentidos da palavra – os problemas do sistema transportador: dificuldades mecânicas, material fugitivo, questões de segurança, entre outros desafios.







Capítulo 17 **Pó**

INTRODUÇÃO	257
A definição de pó	258
Os riscos do pó	259
Noções básicas de gestão de pó ..	262
REGULAMENTOS E NORMAS.....	263
Controle de pó em transportadores	268
Limpeza e manutenção para controle do pó	270
MELHORES PRÁTICAS	271
CONCLUSÕES	272

INTRODUÇÃO

A fuga de material das correias é um fato comum que ocorre diariamente na maioria das fábricas. O material fugitivo surge como derramamentos e vazamentos nos pontos de transferência, material de retorno que aderiu à correia após o ponto de descarga e é deslocado ao longo do retorno do transportador ou como pó varrido da correia por correntes de ar e forças de carregamento.

Material fugitivo é um problema nas fábricas desde as primeiras operações com transportadores e, por um longo tempo, ele foi aceito como parte dos negócios. Mas esses materiais fugitivos podem criar riscos à segurança e à saúde. Como o pó disperso no ar pode ser espalhado mais longe do que outros tipos de materiais fugitivos e como outros tipos de materiais fugitivos também podem ser dispersos no ar e carregados como pó, o pó atraiu mais a atenção de governos e agências reguladoras em todo o mundo.

Embora o pó suspenso no ar possa ser criado pelo tráfego do transporte de cargas, soprado das pilhas estocadas pela força do vento ou liberado por esmagamento e outras etapas do processo, este volume não discutirá essas fontes. O foco deste capítulo é o pó produzido pelo manuseio de materiais a granel, especificamente pelos transportadores de correia.

A definição de pó

O termo pó pode ser definido de maneira geral como partículas sólidas muito pequenas criadas pela fragmentação de partículas maiores.

Após considerar várias definições, a publicação da Organização Mundial da Saúde, *Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust*, chegou à seguinte definição resumida:

“Pós são partículas sólidas que variam de tamanho entre 1 μm [micron] e cerca de 100 μm [micron], que podem ser ou são transportadas pelo ar, dependendo de sua origem, características físicas e condições ambientais.”

O pó é produzido quando um sólido é quebrado por impacto, esmagamento, abrasão, trituração, perfuração, demolição, escavação, transporte, peneiramento, ensacagem ou varredura. O pó fica em suspensão no ar quando o material seco é movido, manuseado ou submetidos a correntes de ar.

(Figura 17.1.)

Dependendo do tamanho, as partículas de pó podem se tornar perigosas para a saúde do trabalhador, particularmente quando suspensas no ar. De acordo com a publicação *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*, do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) dos Estados Unidos,

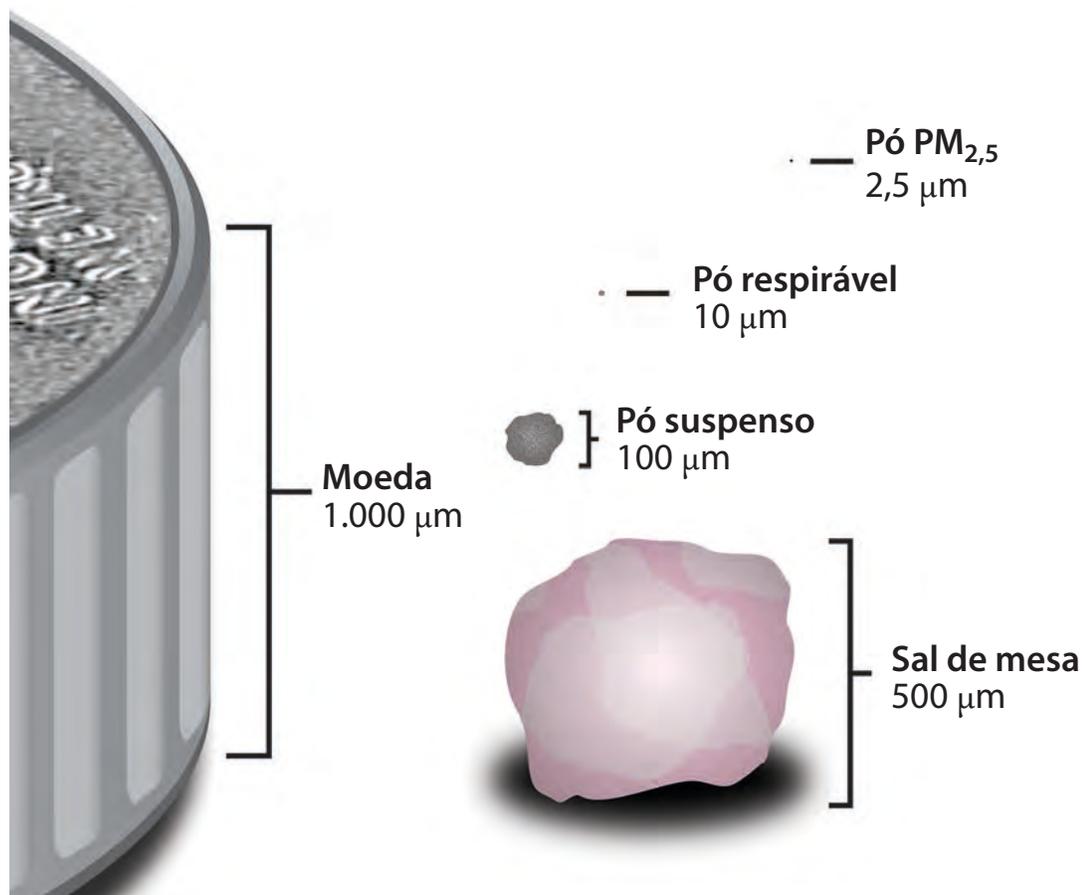


Figura 17.1.

Partículas de pó são minúsculas, com diâmetro de 2,5 micra, e mal podem ser vistas, mesmo com ampliação significativa. (Não ilustrado em escala)

Materiais particulados



Partículas em suspensão são, por vezes, referidas como "materiais particulados". Essas partículas incluem pó, sujeira, fuligem, fumaça e gotículas de líquido. Algumas partículas são suficientemente grandes

ou escuras para serem vistas como fuligem ou fumaça, enquanto outras são tão pequenas que só podem ser detectadas através de um microscópio ou outros equipamentos sensíveis.

Algumas partículas são emitidas diretamente para a atmosfera, a partir de diversas fontes naturais ou relacionadas a atividades humanas. Fontes naturais incluem incêndios florestais, tempestades de areia, pólen e maresia. Aquelas relacionadas à atividade humana incluem emissões de veículos a motor, processos industriais (como a geração de eletricidade e moagem de pedras), estradas não pavimentadas e aquecedores à lenha.

As partículas podem ser classificadas em função de sua dimensão, conhecido como "diâmetro aerodinâmico". Partículas grandes têm entre 2,5 e 10 micrômetros (micra ou μm), de 25 a 100 vezes mais finas do que um fio de cabelo humano. Essas partículas são classificadas como PM₁₀ (ou PM₁₀), pronunciado como "P M dez", abreviação de "Materiais particulados com até 10 micrômetros".

Partículas menores, de até 2,5 micrômetros, são classificadas como PM_{2,5} (ou PM_{2,5}), pronunciado "P M dois vírgula cinco". Essas classificações "PM" são vistas em regulamentos governamentais para médias ponderadas de tempo dos níveis de qualidade do ar, incluindo emissões veiculares e usinas termoeletricas.

As partículas PM₁₀ e PM_{2,5} podem, ambas, causar problemas respiratórios envolvendo pulmões e vias aéreas. Os efeitos sobre a saúde incluem:

- Tosse, chiado, respiração ofegante
- Asma aguda
- Danos pulmonares (incluindo diminuição da função pulmonar e doença respiratória permanente)
- Morte prematura em indivíduos com doença cardíaca ou pulmonar preexistente

Como as partículas menores se deslocam mais profundamente até os pulmões, as partículas menores de pó PM_{2,5} podem ter efeitos piores para a saúde do que as partículas PM₁₀ maiores.

O maior tamanho de partícula que pode ficar suspenso no ar por longos períodos, devido à ação da velocidade do vento sobre ela, é cerca de 60 micrômetros [ou micra (μm)], que é aproximadamente a espessura de um fio de cabelo humano.

Pequenas partículas de pó em suspensão no ar, que podem permanecer suspensas no ar por horas, representam um risco maior para o sistema respiratório se inaladas. Em geral, quanto menor o diâmetro aerodinâmico da partícula de pó inalada, maior a probabilidade de que ela seja depositada mais profundamente no trato respiratório. Daí essas partículas serem chamadas "pó respirável". Embora o pó de maneira geral seja algo inconveniente e possa representar um risco, é o pó respirável que leva a riscos significativos para a saúde.

Os riscos do pó

Existem três categorias gerais de riscos para o trabalhador resultantes do pó: doenças pulmonares, incêndios e explosões, além de riscos gerais de segurança.

Doenças pulmonares

Alguns materiais têm limites específicos de exposição ao pó no que diz respeito à saúde; outros materiais, não. Mas isso não significa que esses pós não regulamentados sejam aceitáveis. (**Figura 17.2.**)

Há diversas doenças respiratórias provocadas ou agravadas pela inalação de ar carregado de pó. Essas doenças incluem asma, enfisema, "pulmão preto" e silicose. Uma dessas doenças é a pneumoconiose, termo proposto por um pesquisador em 1866 como um termo geral para doenças pulmonares causadas pela inalação de pó. "Pulmão preto" é o nome comum dado à CWP (Coal Workers' Pneumoconiosis, "Pneumoconiose dos mineradores de carvão"), que resulta da inalação de pó de carvão respirável. A silicose é o resultado da inalação de pó de sílica respirável. Ambas as doenças pulmonares podem ser incapacitantes ou fatais em suas formas mais graves.

Incêndios e explosões

O conhecido "triângulo do fogo" mostra os três lados ou requisitos de um incêndio. São eles:

- Combustível - algo para queimar
- Ignição - algo para detonar
- Oxigênio - algo para manter

Uma explosão de pó é a combustão rápida de partículas finas suspensas no ar, muitas vezes, mas nem sempre, em um local fechado. Para que ocorra a expansão de um incêndio para uma explosão, o conhecido triângulo do fogo se torna um pentágono, adicionando dois lados ou requisitos ao familiar triângulo. (**Figura 17.3.**) Estes lados são:

- Dispersão - o pó deve estar disperso para ficar suspenso no ar
- Confinamento - a energia deve ficar contida, como dentro de um edifício

Explosões de pó podem ocorrer em locais onde haja qualquer material combustível em pó disperso no ar, em concentrações suficientemente altas no ambiente.

Explosões de pó são caracterizadas por uma explosão inicial (primária) em uma área onde o pó fugitivo foi acumulado.

Essa explosão inicial pode liberar o pó solto acumulado ou danificar um sistema de contenção (como um duto, compartimento ou coletor). O problema é que o pó adicional disperso no ar pela explosão primária pode causar uma ou mais explosões secundárias. E elas podem ser muito mais destrutivas do que a explosão primária. As mortes mais frequentes ocorrem nas explosões secundárias, pois elas são mais destrutivas e de grande alcance.

De um modo geral, incêndios e explosões são riscos relacionados a pós de origem orgânica, como carvão, grãos, açúcar e pós de madeira. Além disso, alguns pós metálicos são explosivos, embora esses pós sejam menos encontrados em operações com transportadores de correia.

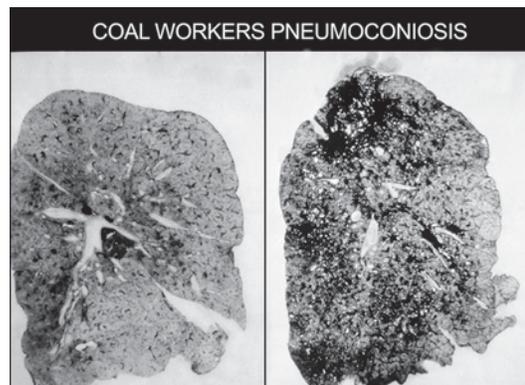


Figura 17.2.

Trabalhar em condições onde há muito pó pode levar a problemas de saúde, incluindo pneumoconiose dos mineiros de carvão (mostrada à direita; pulmão normal à esquerda). Imagem gentilmente cedida pela CDC

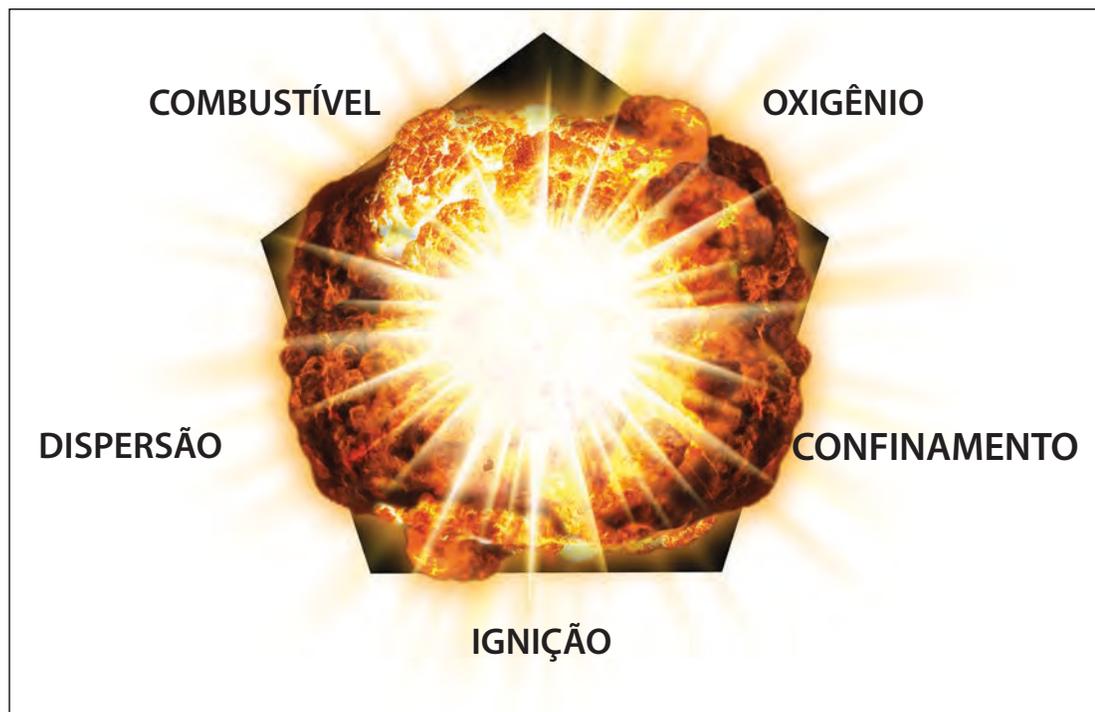


Figura 17.3.

Quando a dispersão e o confinamento são adicionados, o "triângulo do fogo" se torna um "pentágono da explosão".

Riscos gerais de segurança

Mesmo quando os perigos do pó não são tão catastróficos quanto uma explosão, ou tão graves quanto doenças pulmonares de longo prazo, eles ainda podem ser significativos. O pó pode levar a acidentes e lesões de várias outras maneiras.

Escorregões, tropeções e quedas

Acúmulos de pó podem tornar passarelas e escadas escorregadias ou, até mesmo, bloqueá-las. Pó e umidade (da chuva, neve ou mesmo de sistemas de supressão de pó) podem ser combinados e formar lama, que torna a caminhada particularmente traiçoeira. O resultado é um acidente envolvendo escorregões/quedas, que lesionará um trabalhador. O acidente envolvendo escorregões/quedas também pode colocar o trabalhador em risco de queda sobre uma

correia em movimento ou componente giratório, com risco de lesões mais graves.

Visão/visibilidade limitada

Mesmo quando o pó não é inflamável ou tóxico, ele pode levar a acidentes através da visibilidade reduzida. Quando o ambiente está empoeirado, fica ainda mais difícil para o trabalhador visualizar sinais de aviso, correias do transportador em movimento, peças giratórias e outros perigos. Além disso, é dificuldade para os operadores de veículos e equipamentos pesados ver outros veículos ou trabalhadores a pé.

Desconforto para o trabalhador

Mesmo as medidas de proteção utilizadas para evitar doenças relacionadas ao pó podem levar a acidentes. (**Figura 17.4.**) O uso de máscaras causa problemas para a visão e a respiração. Elas também podem interferir com

Potencial explosivo

De acordo com o artigo, *Combustible Dust: Complying with OSHA Regulations and Preventing the Hazards of Combustible Dust*, de Charles B. Palmer e Reince R. Priebus, a National Fire Protection Association (NFPA) define pó combustível como:

... Material sólido dividido em partículas finas, com diâmetro de 420 micra [μm] ou menos (material capaz de passar por uma peneira padrão nº. 40 dos EUA), que apresenta um risco de incêndio ou explosão quando disperso e inflamado no ar.

Mas determinar se um material é um risco de explosão não é tão simples como pode parecer. O mesmo artigo de Palmer e Priebus observou que "de maneira geral, um material não precisa ser um combustível em sua forma original para se tornar pó combustível quando dividido em partículas suficientemente finas".

Palmer e Priebus continuam:

A NFPA recomenda várias práticas e políticas para evitar explosões de pó combustível, incluindo:

- minimizar a fuga de pó dos equipamentos de processamento ou sistemas de ventilação;

- utilizar sistemas de coleta de pó, filtros e superfícies que minimizam o acúmulo de pó;
- inspecionar e limpar acúmulos de pó em áreas encobertas e abertas regularmente;
- usar métodos de limpeza que não criem nuvens de pó (como processos úmidos ou aspiração);
- usar equipamentos elétricos e métodos de cabeamento apropriados;
- controlar eletricidade estática, fumo, chamas, faíscas e fricção;
- instalar e usar sistemas de detecção de faíscas/brasas, extinção, aspersão e proteção contra explosões.

Muitos laboratórios comerciais de testes oferecem um teste de baixo custo para determinar se uma amostra de pó é combustível. Se o teste for positivo, o índice explosivo (K_{st}) e a elevação de pressão máxima (P_{max}) do pó devem ser determinados; um fornecedor de sistemas de coleta de pó usará esses valores para dimensionar corretamente os sistemas de ventilação contra explosões ou combate a explosões.

a amplitude de movimento do trabalhador, isto é, o nível de conforto e a capacidade de trabalhar, e, talvez, até mesmo a vontade de trabalhar. Essas alterações podem, por sua vez, levar a lesões.

Noções básicas de gestão de pó

O comportamento do pó pode ser explicado como uma relação.

Como mostrado na **Figura 17.5**, a relação da quantidade de pó gerada é proporcional à velocidade do ar e inversamente proporcional ao tamanho das partículas e à coesão do material.

Essa relação é explicada no seguinte trecho do Capítulo 7, Controle de ar, do livro *FOUNDATIONS™ Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel*, 4ª Edição, da *Martin Engineering* (O livro *FOUNDATIONS™ da Martin oferece ainda mais informações sobre o controle de pó*):

Conforme os materiais se movem em um transportador e através do ponto de transferência, eles levam com eles um fluxo de ar para dentro do sistema. Com velocidade suficiente, esse fluxo de ar pode levantar partículas finas do corpo do material e carregá-las juntamente com os materiais, ou pode espalhá-las fora dos compartimentos do transportador.

As condições que determinam se partículas finas serão transportadas pelo ar ou não são a velocidade do ar, o tamanho das partículas e a coesão dos materiais a granel. Essas características contribuem para a quantidade de pó gerada pela seguinte relação relativa e intuitiva: A quantidade de pó gerada é



Figura 17.4.

O uso de vestuário de proteção e máscaras ou respiradores pode interferir com o conforto do trabalhador e sua capacidade de executar as tarefas a ele atribuídas.

proporcional à velocidade do ar, como dividida pelos fatores de tamanho de partícula e coesão de material.

Quando um ou mais desses parâmetros é dado, a capacidade de controlar o pó depende da alteração de uma ou duas das outras características. Se a velocidade do ar é aumentada, mas o tamanho das partículas e a coesão permanecem constantes, então aumentará o pó em suspensão. Se a velocidade do ar permanece constante e o tamanho das partículas ou a coesão aumentam, a quantidade de pó em suspensão será reduzida. Se a velocidade permanece constante e o tamanho das partículas ou a coesão diminuem, a quantidade de pó em suspensão aumentará.

Quando o tamanho das partículas sendo transportadas não pode ser alterado, a velocidade do ar ou a força coesiva das partículas deve ser alterada a fim de minimizar a emissão de pó.* ...

O controle do movimento do ar que entra e sai do ponto de transferência

$$\text{Pó gerado} \propto \frac{\text{Velocidade do ar}}{\text{Tamanho da partícula} \cdot \text{Coesão}}$$

Figura 17.5.

Relação entre a liberação de pó, a velocidade do ar, o tamanho de partículas e a coesão do material.

de um transportador não reduzirá o pó criado dentro do ponto de transferência, mas terá um efeito significativo sobre a quantidade de pó carregado para fora do ponto de transferência. Limitar a pressão positiva liberada por um ponto de transferência terá benefícios significativos no controle dos materiais fugitivos.

- * O material do Capítulo 7 Controle de ar, faz referência ao Capítulo 19 Supressão de pó do livro *FOUNDATIONS™, Quarta Edição*.

Técnicas de manuseio de materiais que diminuem a velocidade do ar e/ou aumentam o tamanho das partículas ou a coesão do material, diminuirão a quantidade de pó em suspensão liberado.

REGULAMENTOS E NORMAS

As normas existentes não foram escritas especificamente para abordar o pó relacionado a transportadores. Em vez disso, as normas são orientadas para a regulação de todos os pós produzidos por todos os procedimentos de processamento e manuseio de uma fábrica e de seu ambiente circundante.

É mais comum que os pós explosivos sejam regulados. A presença de outros pós é, por vezes, regulado, mas o perigo inerente aos pós de carvão, grãos e outros pós explosivos significa que o manuseio desses materiais estará sujeito a regulamentações muito mais rígidas e a um cumprimento mais atento.

As normas e regulamentos para os pós estão sujeitos a medição e ajustes. Por exemplo, os regulamentos relativos à exposição ao pó de sílica nos Estados Unidos estão sendo revisados no momento da elaboração desta publicação, com discussões em curso entre reguladores

O livro *FOUNDATIONS™* da Martin oferece ainda mais informações sobre o controle de pó

A criação e o controle do pó em transportadores são aprofundados no livro *FOUNDATIONS™ Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel, 4ª Edição, da Martin Engineering*.

Há quase 20 anos, o livro *FOUNDATIONS™* da Martin Engineering ensina funcionários da indústria a operar e manter a limpeza e a segurança dos transportadores de correia.

Publicado em 2009, a quarta edição do *FOUNDATIONS™* tem capa dura e 576 páginas, uma referência no aprimoramento da produtividade ao trabalhar com transportadores, e oferece discussões aprofundadas sobre tópicos e técnicas para melhorar o desempenho dos transportadores de correia.

O *FOUNDATIONS™* aborda de maneira detalhada e realista o trabalho com os transportadores. Ele apresenta tópicos que vão desde os componentes básicos dos transportadores de correia até o cálculo do fluxo de ar e a análise das propriedades dos materiais. Os leitores são

orientados desde os conceitos básicos sobre os movimentos do transportador, e que tipos de problemas eles podem apresentar, passando pelos métodos para evitar derramamentos, pó e material de retorno, até o alinhamento correto e o projeto de um sistema de lavagem da correia do transportador.

A quarta edição do livro *FOUNDATIONS™* agora tem versões em inglês, português, espanhol, alemão, francês, italiano e russo e está disponível em versão impressa e em formato digital.

Para obter informações, visite martin-eng.com.br ou entre em contato com a Martin Engineering.



e setores pertinentes, que discutem os níveis adequados. Esse é um caso que demonstra que os regulamentos em geral, e os regulamentos para pós em particular, estão sujeitos a mudanças frequentes e devem ser revisados cuidadosamente. O usuário deve procurar a orientação de especialistas em relação aos regulamentos e medições dos níveis de pó, a fim de verificar a conformidade com as normas aplicáveis.



Austrália

O pó no local de trabalho não deve exceder a concentração máxima para o tipo de pó especificado nas respectivas regulamentações de exploração de minas, pedreiras ou indústrias, ou os níveis especificados na publicação *Workplace Exposure Standards for the Airborne Contaminants*, do Safe Work Australia, do ano de 2013.

As normas relevantes do setor para controle de pó incluem as normas australianas *AS 2895-2004 Workplace Atmospheres – Method for Sampling and Gravimetric Determination of Respirable Dust e AS3 640 – 1989 Workplace atmospheres – Method for sampling and gravimetric determination of inhalable dust*.



Canadá

O código *Occupational Health and Safety Code (2009) Part 36 (Mining)* de Alberta tem regulamentos relacionados ao pó em várias seções. A seção 601 Pós combustíveis contém esta referência:

601(1)

O empregador deve garantir que, em locais perigosos, nenhum pó combustível seja acumulado na correia do transportador, nos rolos de suporte da correia, no acionamento e na parte traseira da correia do transportador ou nos tambores do tensor da correia, nem em suas proximidades.

601(2)

O empregador deve garantir que, se o pó puder representar um perigo, uma descarga para o transportador seja

construída de modo que a quantidade de pó derramado ou disperso no ar seja minimizada ou eliminada.

A Seção 742 Pó em suspensão inclui o seguinte:

742(1)

O empregador deve garantir que haja um fornecimento de água projetado para suprimir o pó

- (a) em um local onde o minério seja transferido de uma correia para outra, para um chute ou veículo; e
- (b) nas mandíbulas de corte ou picadores de uma máquina de corte de carvão.

742(2)

A Subseção (1) não se aplica a um local onde o mineral é transportado do transportador de uma unidade móvel.

742(3)

O empregador deve garantir que uma estrada usada por veículos com pneus de borracha seja tratada ou umedecida para minimizar a criação de pó em suspensão.

742(4)

O empregador deve garantir que haja um programa contínuo de monitoramento da concentração dos pós respiráveis aos quais os trabalhadores são expostos.

742(5)

O Diretor pode exigir que um empregador instale dispositivos de coleta de pó nos exaustores caso ele considere que as condições assim permitam fazê-lo.

A seção 743 aborda, principalmente, a utilização do pó de rocha em minas de carvão subterrâneas, embora o trecho a seguir seja adequado às discussões sobre pó fugitivo.

743(1.1)

Na medida do possível, o empregador deve garantir que todas as áreas de uma mina de carvão subterrânea sejam mantidas livres de acúmulos de pó de carvão.

A norma *Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia* inclui os seguintes requisitos:

6.24.2

Sempre que possível, jatos de água ou outros meios e dispositivos de supressão de pó devem ser usados em locais empoeirados onde são realizados trabalhos e, onde não seja possível fazê-lo, equipamentos de proteção individual deverão ser fornecidos...

A norma *Regulation respecting occupational health and safety in mines* da província de Quebec inclui este trecho:

98. Sempre que houver a criação de pó devido ao movimento de rochas, materiais ou equipamentos móveis, alguns meios de controle, como cálcio, água ou espuma, deverão ser usados para reduzir ou evitar a emissão de pó.



Europa

A norma *DIN EN 620 Continuous handling equipment and systems – Safety and EMC requirements for fixed belt conveyors for bulk materials* contém as seguintes instruções:

5.5 Medidas de proteção contra riscos de incêndio e explosão devido aos materiais transportados

Se o equipamento transportar materiais divididos em partículas finas (pós), com um possível risco de incêndio e explosão, então ele deverá cumprir os requisitos constantes no anexo A.

O Anexo A, Risco de incêndio ou explosão, após observar que o equipamento deve ser concebido de forma a minimizar os riscos e de acordo com a *norma EN 1127-1:1997*, especifica:

Muitos materiais orgânicos divididos em partículas finas, naturais e sintéticos,

são capazes de causar explosões de pó. Alguns metais e materiais inorgânicos também são explosivos. Um material em pó tem pouca probabilidade de causar sério risco de explosão, a menos que contenha uma proporção significativa de pó com partículas de tamanho inferior a 200 micra. Se existir a possibilidade de que um pó manipulado seja explosivo, então ele deverá ser testado. Um método de teste é fornecido na *norma ISO 6184-1:1985*.

A *norma DIN EN 620 Anexo A* inclui o seguinte:

Quando uma concentração desses pós representar um risco de explosão, deverão ser tomadas precauções para removê-los em sua origem, especialmente em pontos de transferência e nos megas. Se necessário, ventilação contra explosões ou equipamentos de supressão deverão ser instalados, especialmente em equipamentos totalmente fechados.

O risco de incêndio ou explosão deve ser minimizado, por exemplo:

- posicionando fontes de ignição fora da área com pó, por exemplo, rolamentos, itens com fricção ou impacto mecânico;
- usando equipamentos elétricos adequados para áreas perigosas de Zona 20, 21 ou 22 (*consulte IEC 61241-1-1:1999 e EN 1127-1:1997*);
- medidas antiestáticas (*consulte 5.2.2*);
- usando detectores de rotação e velocidade onde houver risco de faíscas devido a falhas de componentes mecânicos (*consulte 5.7.2.11*);
- utilizando indicadores, meios de detecção e/ou detectores de sobrecarga onde houver risco de obstrução ou bloqueio, (*consulte 5.7.2.11*).



África do Sul

A norma *SANS 1929 (2011) Ambient air quality – Limits for common pollutant* especifica os limites de partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$.

A *SANS 1929* também contém regulamentos para a deposição de pó ambiente, incluindo os limites de metas, ações corretivas e notificação às autoridades. O método de referência para a medição de queda de pó será a norma *ASTM D1739 Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter)*. As taxas de deposição de pó são expressas em unidades por dia durante um período médio de 30 dias. Compensações serão concedidas para quedas de pó sobre as taxas especificadas se for demonstrado que elas são resultado de algum evento geológico ou condição climática extrema.

Requisitos semelhantes são apresentados na norma *National Environmental Management: Air Quality Act, 2004 National Dust Control Regulations*. Esse regulamento exige, na seção 4.2:

Qualquer pessoa que realize qualquer atividade de forma a dar origem a pó em quantidades e concentrações que possam exceder a norma para queda de pó estabelecida no regulamento 3 deve, mediante recebimento de notificação do responsável pela qualidade do ar, implementar [um] programa de monitoramento de queda de pó.

Além disso, a seção 6.2 exige que, no prazo de três meses, essa pessoa apresente um plano de gerenciamento de pó, que deve:

- (a) identificar todas as possíveis fontes de pó no local afetado;
- (b) detalhar as melhores medidas práticas que devem ser empregadas para mitigar as emissões de pó;
- (c) detalhar um cronograma de execução;

- (d) identificar a linha de gestão responsável pela execução;
- (e) incorporar o plano de monitoramento de queda de pó; e
- (f) criar um registro de todas as queixas recebidas pela pessoa relacionadas a queda de pó e as ações de acompanhamento e respostas aos requerentes.

A norma *SANS 1929:2011* especifica que o método de referência para a determinação da fração $PM_{2,5}$ de material particulado em suspensão deve ser a norma *EN 14907*, um documento agora substituído pela norma *DIN EN 12341:2014-08 Ambient air – Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM_{10} or $PM_{2,5}$ mass concentration of suspended particulate matter*.



Estados Unidos

De acordo com o artigo, *Combustible Dust: Complying with OSHA Regulations and Preventing the Hazards of Combustible Dust*, de Charles B. Palmer e Reinice Priebus R., a Occupational Health and Safety Administration (OSHA) dos Estados Unidos emitirá uma citação sobre a presença de pó combustível, de acordo com essa norma, se o acúmulo de pó:

- 1) Exceder $1/32$ polegada [$\approx 0,8$ mm] de profundidade [aproximadamente a espessura de um clipe de papel padrão].
- 2) Cobrir pelo menos 5% da área total de um compartimento ou 1.000 pés quadrados [≈ 93 m²] (o que for menor).
- 3) For combustível.

Embora os regulamentos de limpeza da OSHA na norma *29 CFR 1910.22* não tenha texto específico que aborde o pó fugitivo, ela tem sido aplicada ao perigos do acúmulo de pó. A norma *1910.22(a)(1)* indica: "Todos os locais de trabalho, passagens, depósitos e

áreas de serviço devem ser mantidos limpos, ordenados e em condições sanitárias".

Outros regulamentos da OSHA que abrangem pó explosivo estão incluídos nas normas:

- *CFR 29 1910.307
Hazardous (classified) locations*
- *CFR 29 1910.1200
Hazard communication*
- *CFR 29 1910.269
Electric power generation, transmission and distribution*
- *CFR 29 1910.272
Grain handling facilities*

Para inibir o acúmulo de pós perigosos, um sistema de controle de pó precisa satisfazer à norma *National Fire Protection Administration (NFPA) 654, Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*. De acordo com o site da NFPA:

Essa norma é aplicável a todas as fases de fabricação, processamento, mistura, transporte, embalagem e manuseio de sólidos particulados combustíveis ou misturas híbridas, independentemente da concentração ou do tamanho das partículas, onde os materiais apresentem risco de incêndio ou explosão.

Os tópicos incluem projeto e construção de instalações e sistemas, identificação de áreas de risco de incêndio ou explosão de pó combustível, proteção de equipamentos do processo, controle de pó fugitivo e limpeza,

identificação e controle de fontes de ignição, proteção contra incêndio, treinamento e procedimentos e inspeção e manutenção. *(Retirado da descrição da norma NFPA 654 no site NFPA.org.)*

A OSHA listou regulamentos revisados sobre a exposição ao pó de sílica entre suas Prioridades regulatórias de 2015. A proposta da agência é "reduzir pela metade e harmonizar" os limites de exposição à sílica, reduzindo o nível admissível e que o tornando consistente em todos os setores. A Mine Safety and Health Administration (MSHA) se comprometeu a aceitar as normas para sílica revisadas quando de sua publicação. Os setores afetados, incluindo vários setores de mineração, agregados e construção, são, em geral, contrários às novas regras.

Nos Estados Unidos, os regulamentos da MSHA na norma *30 CFR Seção 56.5001* estabeleceram os limites de exposição para contaminantes suspensos no ar para minas de superfície para a exploração de metais e não metais, ao mesmo tempo em que a norma *57.5001* define os limites de exposição para contaminantes em suspensão em minas subterrâneas para a exploração de metais e não metais. Ambas as seções estabelecem:

... A exposição a contaminantes suspensos não deve exceder, com base em uma média ponderada de tempo, os valores limite adotados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists, conforme estabelecido e explicado na edição de 1973 da publicação da Conferência, intitulada "TLV's Threshold Limit Values for Chemical Substances in Workroom Air Adopted by ACGIH for 1973", páginas 1 a 54, incorporados por referência e parte integrante do presente documento.

Figura 17.6.

Como movem grandes quantidades de materiais a granel, os transportadores de correia tendem a liberar grandes quantidades de pó.



Controle de pó em transportadores

Como lidam com grandes quantidades de material através de diversos terrenos e condições ambientais, transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel são suscetíveis a gerar quantidades significativas de pó. (**Figura 17.6.**)

Como observa o documento *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*, do NIOSH, "Outro desafio específico dos transportadores é sua capacidade de gerar ou liberar pó, não importando se estão carregados com minério ou quase vazios".

Com qualquer sistema de transportador, as informações a seguir são necessárias para selecionar qual sistema de controle de pó é o melhor para cada aplicação:

- **Concentração** - quantidade de pó e tamanho das partículas.
- **Características do pó** - nível de abrasão, higroscópico, combustíveis densidade.
- **Características do fluxo de ar** - temperatura, umidade, vapor, volume de ar total, velocidade do ar.
- **Eficiência** - grau de eficiência de coleta necessário.
- **Eliminação** - o que será feito com o pó coletado/suprimido.

Há várias maneiras de gerenciar a criação e a exaustão do pó em transportadores ou de pó de maneira em geral.

- 1) Redução (Controla a geração de pó e evita sua suspensão no ar.)
- 2) Contenção (Confina o pó para evitar sua fuga e promove seu retorno ao corpo principal do material.)
- 3) Supressão (Remove com jato de água.)
- 4) Coleta (Remove através defiltros.)

Manuais sobre controle de pó do NIOSH

Uma útil coletânea de informações sobre o pó e sistemas de gestão de pó é apresentada no manual *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*.

O manual de 314 páginas foi publicado em 2012 pelo National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) dos EUA em conjunto com a associação comercial Industrial Minerals Association-North America.

O índice detalha o conteúdo da publicação:

1. Fundamentos da coleta de pó
2. Sistemas de pulverização
3. Perfurações e explosões
4. Esmagamento, moagem e peneiramento
5. Transporte e transporte por correias
6. Ensacagem
7. Carregamento a granel
8. Controles e fontes secundárias

9. Cabines de operadores, salas de controle e cabines fechadas
10. Estradas de transporte, pilhas de estocagem e áreas abertas

Embora toda a publicação *Industrial Minerals Handbook* do NIOSH contenha informações úteis e interessantes, o Capítulo 5 Transporte e transporte por correias (páginas 133 a 154), é particularmente relevante para as discussões deste volume.

O *Industrial Minerals Handbook* do NIOSH foi publicado após os guias anteriores do NIOSH, *Practices for Dust Control in Metal/Nonmetal Mining* e *Best Practices for Dust Control in Coal Mining*, ambos de 2010.

Os três manuais estão disponíveis para download gratuito no site do NIOSH: www.cdc.gov/niosh. As publicações são de domínio público e podem ser livremente copiadas ou reimpressas.

Embora todos esses sejam métodos identificáveis e distintos de gestão de pó, em muitos casos, eles podem e devem ser combinados para produzir um controle de pó mais eficaz.

Redução de pó

A redução de pó é a minimização da quantidade de pó criado através de uma nova concepção do processo ou dos equipamentos. Medidas para realizar a minimização do pó do transportador incluem:

- Alteração dos tamanhos dos materiais
- Controle da velocidade da correia
- Gestão de impacto
- Redução da altura da queda
- Controle da circulação do ar

Essas técnicas reduzirão a quantidade de pó gerado e, assim, a quantidade de pó disponível para escapar. Como exemplo, o uso de chutes com fluxo de material projetado reduzirá o nível de impacto e controlará o fluxo de ar, reduzindo, assim, a criação e a expulsão de pó.

Figura 17.7.

Melhorar a contenção nos pontos de transferência é uma maneira de reduzir a fuga de pó do transportador.



Figura 17.8.

Supressão de pó é a aplicação de água ou água com aditivos para controlar o pó.



Contenção de pó

Uma segunda etapa da gestão do pó é a contenção, isto é, uma maneira de manter o pó no interior do sistema do transportador. Essa etapa envolve a redução da fuga do pó suspenso, reduzindo a quantidade e a velocidade do ar que entra no sistema do transportador e reduzindo os orifícios pelos quais o ar carregado de pó pode escapar. (Figura 17.7.)

O fechamento dos orifícios inclui o preenchimento de furos de parafusos e o fechamento de portas de acesso e de inspeção. O material também pode ser contido através do uso de zonas de "acomodação" ou "assentamento" expandidas com calhas guia e diversas medidas passivas de controle de pó, incluindo vedações para a borda da correia, cortinas contra pó e vedações para a porta traseira do transportador.

Métodos de filtragem passiva, incluindo a utilização de mangas, que permitem o ar de saída passe através de um elemento filtrante antes de escapar, podem ser incluídos nesse método.

Supressão de pó

A adição de umidade para reduzir a fuga de partículas transportadas pelo ar é denominado supressão de pó. A umidade pode ser fornecida com água ou com água juntamente com aditivos químicos. (Figura 17.8.)

O método mais simples para adicionar umidade ao corpo ou ao fluxo de um material transportado é aplicar água enquanto o material está em queda livre, como na movimentação da descarga de um transportador para a zona de carga de um segundo transportador. Isso permite que a água entre em contato com o máximo de material possível.

A adição de água ao material pode ter efeitos nocivos sobre o fluxo e manuseio do material, como obstrução de telas, entupimento de chutes e aumento de material de retorno.

A água pode afetar todas as propriedades de qualquer material a granel, incluindo seu desempenho no processo.

Em um cenário ideal, a água deve ser adicionada para produzir um teor de umidade próximo ou um pouco acima do que o volume necessário para evitar a geração de pó. A quantidade adequada de água necessária é baseada nas propriedades do material e vai variar de aplicação para aplicação. Aditivos químicos podem melhorar a eficácia, minimizando a taxa de adição de água.

Supressão de pó baseada em espuma é outro método para melhorar o controle de pó enquanto usando menos água. Sistemas de espuma aplicam um surfactante, mas também utilizam ar comprimido para expandir a mistura, aumentando ainda mais a eficiência por volume de água adicionada.

Ao adicionar água com aditivos químicos em jato ou espuma, deve-se tomar cuidado para não introduzir contaminantes no material.

Outro método para suprimir o pó usando água é por meio da vaporização. Essa técnica de controle de pó consiste na colocação de vapor de água com gotículas muito finas no fluxo de ar. As partículas de pó se unirão às gotas de água, e as partículas, agora mais pesadas, sairão do fluxo de ar.

As gotas de água devem ter tamanho similar ao das partículas de pó para que a união ocorra. A criação de gotículas de tamanho adequado pode ser realizada passando água em alta pressão através de bicos de pulverização. O dimensionamento das gotículas também pode ser obtido combinando água em baixa pressão e ar. A passagem da água através de um bico especial para "dois fluidos" juntamente com o ar vai atomizar a água de acordo com o tamanho de gotícula desejado.



Figura 17.9.

Pequenos filtros de ar podem ser instalados acima dos pontos de transferência dos transportadores para reduzir o pó suspenso.

Coleta de pó

Coleta é o ato de recolhimento mecânico do ar carregado de pó no ponto de transferência e a passagem desse ar através de um filtro. No processo de filtragem, as partículas de pó individuais são aglomeradas e coletadas no elemento filtrante. O material aglomerado pode ser atraído para um só lugar, chamado de coleta central. Ele também pode ser filtrado e depositado novamente em vários locais no sistema do transportador ou no processo industrial; isso é denominado filtragem da unidade. Os sistemas da unidade podem ser instalados para devolver o material a pequenos pontos de coleta ou para retorná-lo ao ponto onde ele foi coletado. **(Figura 17.9.)**

As propriedades do material e a "área ocupada" pelo sistema, isto é, o espaço e serviços necessários, devem ser consideradas ao selecionar um método de coleta de pó.

Limpeza e manutenção para controle do pó

Dois itens importantes em qualquer plano de controle de pó são os serviços de limpeza e manutenção.

Uma violação comum relatada durante inspeções envolve "níveis perigosos de acúmulo de pó nos locais de trabalho devido a práticas de limpeza inadequadas". A NFPA define como perigosa qualquer camada de pó de $1/32$ pol. [$\approx 0,8$ mm] ou mais sobre qualquer

Figura 17.10.

O acúmulo de pó que escapa dos transportadores pode levar a riscos de explosão e problemas no equipamento.



Figura 17.12.

Medidas de controle podem reduzir as grandes quantidades de pó suspenso no ar, criado a partir do manuseio de grandes volumes de materiais a granel em transportadores de correia.



superfície. Essa regra é conhecida como "Regra do clipe de papel", que define como perigoso o acúmulo de pó mais espesso do que o arame de um clipe de papel padrão.

Mesmo a limpeza diligente de pisos e superfícies de trabalho não é suficiente se áreas mais elevadas forem negligenciadas. O acúmulo de pó sobre vigas, superfícies suspensas ou na parte superior das máquinas é um causador frequente de explosões.

(Figura 17.10.)

A publicação *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing* do NIOSH registrou:

O controle do pó nos transportadores requer vigilância constante por parte da equipe de manutenção, para reparar e substituir peças desgastadas e danificadas, incluindo as correias do transportador. Manutenção básica e inspeção são necessárias para garantir que todas as peças do sistema estejam em pleno funcionamento. O material

pode escapar através dos chutes desgastados devido à ferrugem ou abrasão, por pequenos orifícios criados pela ausência de parafusos ou, ainda, por orifícios maiores, criados por portas de acesso abertas, que podem ser um caminho para a fuga de pó.

No que diz respeito aos coletores de pó, um importante requisito de limpeza é substituir os filtros quando o fluxo de ar através do sistema atinge o limite de pressão diferencial prescrito pelo fabricante. Essa queda de pressão no coletor afeta negativamente a capacidade do sistema de coleta de pó de capturar o pó.

MELHORES PRÁTICAS

As melhores práticas para a gestão do pó ao trabalhar com transportadores de correias (**Figura 17.11.**) incluem:

- Conduzir uma análise de risco para avaliar e determinar os métodos apropriados de controle de pó.
O primeiro passo para essa análise é determinar se o pó é explosivo.
- Projetar e operar os sistemas do transportador de forma a minimizar a geração de pó e evitar a sua fuga.
- Fechar o sistema, controlar o fluxo de ar, utilizar medidas passivas, sempre que possível, e capturar o pó suspenso.
- Aplicar supressão de pó e/ou tecnologias de coleta de pó sempre que essas tecnologias forem compatíveis com o material transportado, processo e orçamento.
- Fornecer manutenção adequada aos sistemas de gestão de pó, contenção, coleta e supressão, para garantir boas condições de trabalho e eficiência adequada.
- Aplicar medidas adequadas de limpeza para minimizar acúmulos de material fugitivo que possam interferir com a produtividade, vida útil do equipamento, segurança e saúde do funcionário.

- Alcançar os limites regulatórios para preservar a saúde respiratória daqueles que trabalham com ou próximo a transportadores em condições de muito pó.

CONCLUSÕES

Considerações sobre o pó e os sistemas de controle de pó

Controlar o pó do transportador é importante para melhorar a saúde e a produtividade dos que trabalham com transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel (**Figura 17.12.**). O uso de equipamento de proteção individual (EPI) pode ser vital, mas nunca deve ser o último recurso de proteção. Equipamentos de proteção individual não devem substituir o devido controle de pó e só devem ser usados onde os métodos de controle de pó forem inadequados ou ineficazes.

Da mesma maneira que há diversos os tipos de pó, há também diversas metodologias para controlá-lo. Uma fábrica deve considerar cuidadosamente o método adequado para garantir o sucesso. As soluções devem ser avaliadas com base nos requisitos das instalações e do material transportado, bem como nas circunstâncias e fontes de alimentação disponíveis no ponto de instalação.

Uma solução de controle de pó apropriada é fundamental na prevenção desses problemas e pode manter uma fábrica, produtiva e lucrativa e seus funcionários, seguros e saudáveis. ⚠



Figura 17.11.

A aplicação das melhores práticas para controle de pó ao trabalhar com transportadores de correia (como mostrado à direita) ajudará a reduzir material fugitivo.



Capítulo 18 **Acesso**

INTRODUÇÃO	273
Acesso: facilitação do acesso	274
A necessidade de observação	276
Superação da intrusão de outros sistemas	279
Passagens e plataformas de trabalho	282
Transportadores e espaços confinados	284
REGULAMENTOS E NORMAS	285
MELHORES PRÁTICAS	287
CONCLUSÕES	288

INTRODUÇÃO Como evitar problemas de acesso

O acesso pode ser definido como "o direito e a capacidade de acessar ou utilizar". Em um sistema de manuseio de materiais a granel, o termo acesso é utilizado para designar pontos de inspeção, portas de entrada e espaços de trabalho para reparos e limpeza. (Figura 18.1.)

Para as equipes de manutenção e operacional, o acesso adequado é essencial para a produtividade. (**Consulte Acessos melhores para a manutenção melhoram a disponibilidade do sistema.**) Isso significa que um acesso seguro, rápido e fácil a um problema deve ser mais importante do que preocupações com custos, por exemplo. Estima-se que o fornecimento de acesso adequado no projeto de um sistema de manuseio de materiais pode chegar a 15% do custo de capital de um projeto.

Contudo, quando um sistema de transportador está sendo projetado, raramente

Observação:

Parte do material deste capítulo foi adaptada do Capítulo 26 Acesso do livro *FOUNDATIONS™ Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel*, Quarta Edição, da Martin Engineering. Para obter mais informações, acesse martin-eng.com.br/foundations.

há recursos suficientes disponíveis para fazer mais do que fornecer o acesso mínimo exigido pelos códigos. Essa prática resulta não apenas em tempo de produção perdido e aumento do tempo necessário para a realização da manutenção, mas também em aumento dos custos relacionados à segurança e saúde. A partir das perspectivas de propriedade e gestão, o acesso inadequado contribui para problemas contínuos como perda de produtividade e custos de manutenção desnecessariamente elevados. A ausência de acessos adequados leva a práticas de manutenção inadequadas; manutenção deficiente muitas vezes leva a paradas de emergência dos equipamentos, o que, por sua vez, afeta a produtividade e a rentabilidade da operação.

Acesso insuficiente aos equipamentos resulta em perda de produtividade e sistemas sujos, devido à dificuldade de realizar a limpeza e executar os reparos necessários. Estima-se que o acesso precário possa acrescentar até 65% aos custos de manutenção e limpeza de um sistema de manuseio de materiais a granel durante sua vida útil.

Evidentemente, adicionar acessos adequados posteriormente, após o sistema de manuseio de materiais ter sido concluído e os mecanismos de acesso terem sido detectados como insuficientes, custará substancialmente mais, se é que a adição será mesmo possível.

Para os transportadores, existem duas categorias gerais de acesso que precisam ser consideradas. A primeira destina-se ao acesso local ou imediato a uma peça específica do equipamento, como um rolete ou raspador da correia, para permitir a inspeção e a manutenção. A segunda destina-se ao acesso geral ao longo de um transportador ou a um chute de transferência, como degraus fixos, escadas e passagens.

Acesso: facilitação do acesso

É frustrante para a equipe de manutenção quando não é possível trabalhar nos equipamentos, que exigiriam um tempo mínimo para a realização do reparo, porque os funcionários não conseguem ter um acesso seguro e adequado. Atrasos no acesso podem ocorrer devido a um requisito de permissão para acesso a um espaço confinado, testes do ar, andaimes ou elevadores, guindastes ou gruas ou ferramentas especiais necessárias para abrir as portas de acesso. Em alguns casos, é necessário remover todo o sistema apenas para obter acesso ao componente que requer manutenção. Esses atrasos podem ser atenuados por meio da concepção de um acesso adequado e disponibilizando peças e ferramentas em uma área de preparação próxima aos locais onde elas serão usadas.

Três objetivos facilmente alcançáveis devem ser incluídos ao projetar acessos adequados a um sistema de manuseio de materiais:

A. Facilidade de visualização

Se o equipamento apresentar um problema que não possa ser visto pela equipe da fábrica, o problema tende a continuar despercebido, até se tornar uma situação catastrófica.

B. Facilidade de acesso

Se o equipamento apresentar um problema, mas for difícil para a equipe de

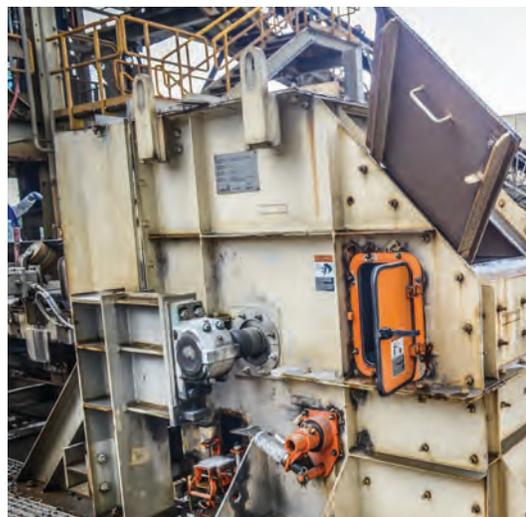


Figura 18.1.

O termo acesso é utilizado para designar pontos de observação, portas de entrada e espaços de trabalho para reparos ou limpeza.

Acessos melhores para a manutenção melhoram a disponibilidade do sistema

O acesso adequado é fundamental para uma operação e uma manutenção seguras e eficazes.

Nos Estados Unidos, é algo amplamente aceito no setor que, em uma operação típica, aproximadamente 30% do tempo de um trabalhador de manutenção seja dedicado simplesmente ao acesso ao equipamento que deve ser reparado, e que apenas 25% do tempo da manutenção seja dedicado à "mão na massa", isto é, à manutenção dos equipamentos de fato. O restante do tempo é dedicado à busca de informações e ao deslocamento até o equipamento que requer manutenção. O acesso desempenha um papel fundamental na melhoria da disponibilidade dos equipamentos e dos orçamentos destinados à manutenção.

A disponibilidade pode ser calculada de duas formas. A primeira é definir como 100% o tempo necessário para produzir um determinado nível de produção (ou quantidade de materiais) previsto para o ano. O segundo método é definir 100% como as operações permanentes, por exemplo, todas as horas de funcionamento da fábrica e todo o tempo que a fábrica tem equipes de produção disponíveis, e, então, calcular o tempo que o sistema é realmente capaz de operar.

Em operações em que a meta de disponibilidade do sistema é definida em 90%, 95% ou mais, qualquer tempo perdido devido a atrasos porque um trabalhador não conseguiu chegar até o equipamento que requer manutenção, ou não conseguiu acessá-lo, é um prejuízo desnecessário em termos de eficiência operacional. Para aprimorar a disponibilidade, o tempo necessário para acessar o equipamento deve ser reduzido.

A disponibilidade pode ser calculada como:

Disponibilidade (A) =

$$\frac{\text{Tempo médio entre falhas (MTBF)} - \text{Tempo médio de reparo (MTTR)}}{\text{Tempo médio entre falhas (MTBF)}}$$

O valor de MTTR (Mean Time to Repair, Tempo médio de reparo) inclui o tempo necessário para acessar o equipamento. Logo, qualquer aumento no tempo de acesso leva, por sua vez, a um MTTR maior e a uma redução correspondente de Disponibilidade.

Para dar um exemplo, suponha que um conjunto típico de lâminas do raspador da correia tem durabilidade de 1.000 horas MTBF (Mean Time Between Failure, Tempo médio entre falhas) e requer uma média de 3 horas (MTTR) para a substituição (esses números são baseados em uma pesquisa dos Técnicos de serviços da Martin Engineering, de 2015). Essas 3 horas de substituição incluem a perda de 30% do tempo para o acesso, ou 0,9 hora.

Se o tempo de acesso pudesse ser eliminado na etapa de design, a diferença da Disponibilidade do raspador da correia seria 1/10 de 1%.

$$A_{3h} = \frac{1.000 - 3}{1.000} = 99,7\% \text{ vs. } A_{2,1h} = \frac{1.000 - 2,1}{1.000} = 99,8\%$$

Se o tempo de inatividade custa US\$ 100.000 por hora, e a manutenção dos raspadores só é executada em casos de emergência, o custo do acesso a cada manutenção do raspador é: US\$ 100.000 x (99,8% - 99,7%) = US\$ 100.

Se a manutenção do raspador da correia pudesse ser executada com segurança durante o funcionamento do transportador (sem necessidade de paradas dos equipamentos), a Disponibilidade do transportador seria de 100% e a economia de tempo seria de 3 horas x US\$ 100.000 = US\$ 300.000.

Não há nenhum efeito positivo sobre o resultado final da operação, quando a Disponibilidade é de 100%, pois não houve adição de horas à produção. A verdadeira economia de "projetar para facilitar o acesso", e viabilizar a manutenção do raspador enquanto a correia está em funcionamento, pode ser calculada como 0,9 hora multiplicada pelo valor por hora pago à equipe; a US\$ 75 por hora para cada funcionário, com uma equipe de dois funcionários, a economia seria de US\$ 135.

As economias são menos significativas, e menos tangíveis, porque nenhum trabalho de manutenção foi eliminado, nenhum trabalhador foi dispensado, mas a produtividade foi aprimorada. Isso pode permitir que a fábrica evite a necessidade de contratar funcionários de manutenção adicionais ou a contratação de fornecedores externos.

Esses cálculos serão verdadeiros se a manutenção do raspador for executada de acordo com um cronograma oportuno. Infelizmente, o mais comum é que, durante paradas planejadas dos equipamentos, os raspadores sejam a prioridade mais baixa na lista de manutenção e, como resultado, o serviço é muitas vezes adiado até a próxima parada programada. Assim, a manutenção do raspador é negligenciada, e o resultado final é um aumento no volume de material de fugitivo, o que, por sua vez, aumenta outros problemas de manutenção e limpeza do transportador.

Para melhorar a disponibilidade de um transportador para manuseio de materiais a granel, isto é, o tempo de operação real do sistema, o tempo necessário para acessar o equipamento deve ser reduzido. Por isso, é fundamental tornar o acesso ao transportador mais seguro e mais fácil e desenvolver componentes, como raspadores, cuja manutenção seja fácil.

manutenção alcançá-lo, é provável que o reparo seja adiado, novamente, com risco de resultar em uma situação catastrófica.

C. Facilidade de substituição

Se um problema do equipamento for conhecido, mas exigir uma parada desnecessária para ser corrigido, é provável que o equipamento danificado permaneça fora de serviço por um período prolongado.

Quando os sistemas são demasiado difíceis de ver, alcançar e substituir, as equipes operacionais ou de manutenção da fábrica podem tentar tomar atalhos durante a execução de reparos. Esses atalhos geralmente aumentam os riscos para a segurança, bem como adicionam o potencial de danos adicionais ao equipamento. Tomar atalhos, seja intencionalmente ou devido à ausência de acesso adequado e a consequente incapacidade de seguir os procedimentos de manutenção adequados, pode facilmente resultar em uma redução da segurança, redução da vida útil do equipamento, redução da eficiência do processo e aumento na emissão de materiais fugitivos.

A necessidade de observação

Sistemas de acesso, incluindo portas e plataformas de trabalho, devem ser instalados para tornar mais fácil alcançar e observar o equipamento. Problemas de fluxo dentro dos chutes podem ser mais facilmente resolvidos se o trajeto do material puder ser observado. O trajeto real do material dentro de um chute nem sempre pode ser previsto, portanto, é necessário observar para permitir ajustes nos desviadores, portas e barras metálicas. (Figura 18.2.)

Muitos chutes de transferência têm apenas uma porta de inspeção. Ela geralmente é instalada próxima à polia traseira, onde não permite uma visualização do trajeto real do material na parte inferior do chute de transferência e da calha, onde frequentemente ocorrem problemas.

O chute deve incorporar aberturas para observação, com tampas fáceis de operar e instaladas longe do trajeto do material. Essas aberturas devem possibilitar uma observação segura do fluxo do material e do desgaste dos componentes em áreas críticas da instalação. As aberturas devem ter tamanho limitado e/ou devem ser protegidas com barras fixas ou telas, para impedir acesso à parte interna ou lançamento de materiais. (Figura 18.3.) Sinais de aviso apropriados devem alertar os trabalhadores sobre os perigos de abrir a porta enquanto o material está em movimento. (Figura 18.4.)



Figura 18.2.

Por razões de segurança, as portas nos chutes dos transportadores devem ficar bem longe do trajeto do fluxo do material.



Figura 18.3.

As portas podem contar com telas, para impedir o lançamento de materiais ou que os trabalhadores acessem a parte interna do compartimento.



Figura 18.4.

Adesivos de aviso apropriados devem alertar sobre os perigos de abrir a porta enquanto o material está em movimento.

Portas de acesso e inspeção

De acordo com a 7ª edição do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association),

Portas de acesso estrategicamente instaladas e dimensionadas reduzirão significativamente a dificuldade de manutenção do equipamento e, assim, levarão a uma manutenção mais frequente e eficaz.

Entretanto, o *livro* da CEMA também chama a atenção para algumas questões de segurança que resultam da presença das portas de acesso:

O acesso durante o funcionamento do transportador pode criar sérios riscos à segurança. Os perigos aos quais os trabalhadores podem ser expostos incluem o lançamento ou a queda de materiais e máquinas em movimento. Muitas vezes, as portas de acesso levam a espaços confinados, e precauções apropriadas são necessárias antes de acessar um espaço confinado.

As recomendações para as portas de acesso encontradas no *livro da CEMA* são:

- As portas de acesso devem ser dimensionadas e posicionadas nos compartimentos em locais que facilitem a manutenção dos equipamentos.
- Etiquetas de aviso devem ser colocadas em locais visíveis, próximos ou na própria porta de acesso.
- As portas de acesso devem ser interligadas

ao acionamento do transportador para evitar ferimentos, quando houver riscos potenciais conhecidos dentro dos compartimentos.

- As portas de acesso devem contar com telas para evitar contato acidental, quando houver riscos.

Portas de inspeção e de acesso devem ter abertura lateral e devem ser dimensionadas para que os funcionários possam visualizar os componentes dentro da estrutura com facilidade e segurança. As portas devem ser instaladas na parte do chute que não sofre desgaste, isto é, longe do fluxo de material, que pode causar abrasões e danos por impacto.

As portas devem ser projetadas para operação fácil em locais com espaço limitado, com dobradiças resistentes à corrosão e sistemas de travamento. É importante que todas as portas contem com proteção à prova de pó, por meio da utilização de vedações firmes na porta. Atualmente, há disponíveis portas de acesso metálicas, com dobradiças e abertura fácil das travas. (**Figura 18.5.**) Portas de borracha flexível, do tipo de encaixe, oferecem fechamento estanque ao pó, ao mesmo tempo permitindo abertura e fechamento simples e sem o uso de ferramentas, mesmo em locais com espaço limitado.

Portas mal projetadas podem ter dobradiças e travas difíceis de operar, e, como resultado, pode impedir o acesso. Além disso, vedações de portas que não sejam capazes de resistir à abrasão e aos danos causados por materiais e implementos, usados para alcançar a parte interna, através das portas, podem vaziar e se tornar fontes de pó. Algumas portas de acesso também contam com pequenas saliências ou áreas planas onde materiais combustíveis, como carvão, podem ser acumulados, criando o risco de incêndio e explosão.

As dimensões da porta devem ser suficientemente grandes para fornecer o acesso necessário. Se os requisitos de observação e manutenção forem limitados a sistemas como raspadores da correia, uma porta de

Figura 18.5.

Portas metálicas articuladas e travas com abertura fácil são uma opção para fornecer acesso a um compartimento.



225 × 300 milímetros [≈9 × 12 pol.] ou 300 × 350 milímetros [≈12 × 14 pol.] normalmente é suficiente. Se for necessário realizar a manutenção de componentes importantes, como revestimentos do chute, ou se a equipe precisar da porta como uma entrada para a estrutura, então portas com dimensões de 450 × 600 milímetros [≈18 × 24 pol.] ou 600 × 600 milímetros [≈24 × 24 pol.], ou maiores, serão necessárias.

Quando existir a possibilidade de contato com partes móveis ou o lançamento de materiais atrás da porta de acesso, a porta deve ser bloqueada ou interligada ao acionamento do transportador. Caso contrário, a porta pode ser equipada com uma tela que permita a inspeção sem o risco de ferimentos pelo lançamento de materiais ou pela ação de trabalhadores tentando acessar a parte interna através da abertura. (**Figura 18.6.**)

Também é essencial que as portas de acesso e tampas sejam fechadas após o uso, para evitar a fuga de material e o risco de ferimentos a funcionários desavisados.

O fechamento seguro das portas deve ser fácil, após os procedimentos de manutenção serem concluídos.

Convém instalar os pontos de engate para os cintos de segurança alinhados com as portas de acesso.

O espaço em torno dos sistemas de transportadores

Para economizar custos, os equipamentos do transportador são, muitas vezes, instalados em pequenas galerias ou recintos. (**Figura 18.7.**) Um lado do transportador normalmente fica contra uma parede, um transportador adjacente ou outros equipamentos. É extremamente difícil realizar a manutenção nesse tipo de instalação. Se o transportador está instalado rente contra uma parede, compartimento ou outra estrutura, os requisitos básicos de serviço, como a lubrificação dos rolamentos ou a substituição dos roletes, se tornam grandes operações, que exigem paradas prolongadas da produção.

Geralmente, deve haver espaço suficiente para permitir o acesso a todas as seções do sistema do transportador, e, em especial, a ambos os lados do equipamento. O não fornecimento de acesso a ambos os lados do transportador é a deficiência mais comum relacionada à manutenção de transportadores.

O espaço aberto ao longo do lado mais crítico de um transportador deve ter pelo menos a largura de uma correia do transportador, com um mínimo de 750 milímetros [≈30 pol.]. O outro lado do transportador deve ter espaço igual a pelo menos metade da largura da correia, com um mínimo de 600 milímetros [≈24 pol.] de espaço ao longo de todo o comprimento. Este acesso aos dois lados facilita a substituição de equipamentos, como roletes, que não podem ser facilmente manuseados por um trabalhador.

O *livro* da CEMA inclui especificações detalhadas para requisitos de acesso no trabalho com transportadores em seu Capítulo 2 Considerações sobre o projeto.



Figura 18.6.

A tela instalada atrás da porta pode evitar o lançamento de fragmentos de material quando a porta for aberta.



Figura 18.7.

Transportadores são geralmente instalados em pequenos recintos ou galerias, tornando as tarefas de serviço e limpeza mais difíceis.

Superação da intrusão de outros sistemas

Um problema comum é a intrusão de tubulações, conduítes e outros equipamentos instalados muito próximos ao transportador e de maneiras que impedem o acesso aos componentes da correia transportadora.

Não é raro ver um transportador ou ponto de transferência envolvido em uma "teia" de conduítes elétricos, tubulações de supressão de pó, painéis de controle ou os sistemas de aspersores. Qualquer tentativa de alcançar os componentes do transportador deve, primeiro, passar pelo "emaranhado" de tubulações. A interferência criada por esses outros sistemas resulta em uma variedade de complicações para as operações da fábrica.

Figura 18.8.

O emaranhado de conduítes tornará qualquer atividade de manutenção no ponto de transferência desse transportador mais difícil.



Figura 18.9.

O guia de cabos instalado ao lado desse transportador obstrui o acesso para a manutenção do transportador.



Figura 18.10.

Um suporte de cabos foi instalado na parte externa da estrutura desse transportador, permitindo a conexão dos componentes elétricos usando cabos flexíveis.



A **Figura 18.8** mostra um ponto de transferência enterrado sob conduítes, tornando o acesso para manutenção daquele lado do ponto de transferência praticamente impossível.

É uma prática comum "abandonar" cabos danificados no ponto onde são substituídos, em vez de removê-los. A **Figura 18.9** mostra um guia de cabos acompanhando o trajeto de um transportador no nível do solo, quando imediatamente a direita existe uma estrutura elevada para o suporte de cabos e tubulações. Esse guia de cabos não apenas obstrui o acesso para manutenção, como também incentiva que a equipe de manutenção caminhe sobre o guia ao acessar os rolos de retorno nesse lado do transportador.

Por outro lado, a **Figura 18.10** mostra como os cabos podem ser instalados na parte externa da passarela, com os cabos flexíveis direcionados para os componentes elétricos.

A **Figura 18.11** mostra o transportador a uma altura típica do solo, de acordo com o requisito mínimo comum do código para correias, que é de 300 milímetros [≈12 pol.] a partir do rolo de retorno até o solo, como observado na seção 2.3.3 da norma *AS/NZS 4024.3611:2015 Safety of machinery – Conveyors – Belt conveyors for bulk materials handling*. A presença do conduíte dificulta a limpeza sob esse transportador, e a folga pequena entre a superfície e os rolos de retorno praticamente garante a necessidade de limpeza frequente.

A **Figura 18.12** mostra um transportador com passarelas em ambos os lados, mas com proteções de equipamentos e tubulações obstruindo o espaço mínimo para passagem.

Para controlar a expansão desses sistemas auxiliares ao redor do transportador, o projetista deve especificar quais equipamentos requerem acesso para manutenção. Através da identificação de áreas específicas no transportador para a instalação de painéis de controle, acionadores de portas, tubulações, conduítes e outros equipamentos, obstáculos desnecessários podem ser evitados e o acesso fácil pode ser mantido.

Ao lado do transportador

O acesso adequado requer o fornecimento de passagens e plataformas de trabalho ao lado dos transportadores. Elas devem fornecer um caminho firme, adjacente ao transportador e ao redor das polias de cabeça e traseira, com fácil acesso a todos os pontos onde a inspeção, lubrificação ou outras tarefas de manutenção são necessários.

As passagens devem ter um mínimo de 750 milímetros [≈ 30 pol.] de largura para a passagem e 900 milímetros [≈ 36 pol.] de largura em áreas onde o trabalho de manutenção for executado. Ambas as áreas devem ter altura livre ampla; em qualquer lugar onde uma pessoa fique em pé ou ajoelhada para realizar tarefas de manutenção ou inspeção, o espaço "suspenso" ou "altura livre" deve ser de pelo menos 1.200 milímetros [≈ 48 pol.]. Áreas onde serviços ou limpeza frequente é necessária devem ter pisos sólidos, em vez de uma grade aberta.

Quando há transportadores com trajetos paralelos, o espaço entre eles deve ter no mínimo 750 milímetros [≈ 30 pol.], ou deve ser igual à largura da correia, conforme o que for maior, para permitir o reparo e a remoção dos roletes da correia.

Outra deficiência comum no projeto do acesso de um transportador é não fornecer espaço suficiente para limpeza. Um estudo sobre acidentes relacionados a transportadores em mineração, demonstrou que 1/3 de todos os acidentes ocorreram com trabalhadores tentando limpar embaixo ou ao redor das superfícies de carga ou de retorno do transportador. Áreas que requerem limpeza frequente devem possibilitar limpeza mecânica, como a utilização de uma minicarregadeira ou caminhão aspirador sob o transportador. Caso isso não seja possível, uma distância mínima de 600 milímetros [≈ 24 pol.] entre a parte inferior dos rolos de retorno e o chão deve ser fornecida.

Requisitos de acesso ao redor do equipamento

O acesso mínimo em torno do equipamento é a área necessária para acomodar a maior peça do equipamento. Essa área é determinada pela medição do maior item e pela adição de 450 a 600 milímetros [≈ 18 a 24 pol.]. Deve haver acesso, também, em ambos os lados da estrutura, com uma distância mínima de 900 milímetros [≈ 36 pol.] no segundo lado, não crítico, com um espaço livre para uma área de elevação para a remoção do equipamento. Uma área de preparação conveniente para grandes peças de substituição é uma boa ideia.



Figura 18.11.

A presença do conduíte ao longo da parte inferior do transportador dificultará a remoção do material fugitivo.



Figura 18.12.

Esse transportador dispõe de passarelas em ambos os lados, mas as proteções e tubulações obstruem as passagens já estreitas.

Acesso para reparo e substituição da correia

O acesso para a manutenção da correia requer uma área conveniente para a elevação ou o abaixamento do equipamento de vulcanização e a exposição da correia do transportador propriamente dita. A remoção das coberturas da esteira do transportador, calhas guia da zona de carga, chapas de desgaste e lateral do chute adicionarão um tempo considerável ao processo. Alças ou pontos de elevação adequados devem ser contemplados no projeto original. Pelo menos 900 milímetros [≈36 pol.] além da largura da correia são necessários em cada lado do transportador. Além disso, uma distância de 3 metros [≈10 pés] de comprimento onde a correia está exposta, isto é, onde ela não está fechada, é necessária para facilitar as operações de reparo.

Acesso ao tensor

A manutenção e o reparo de um sistema tensor esticador podem ser perigosos e demorados. Normalmente, é necessário utilizar

dois içadores de corrente com capacidade suficiente para elevar e abaixar o contrapeso. Como muitos desses sistemas tensores ficam próximos à polia traseira, a área de acesso para a manutenção em transportadores inclinados pode ser elevada. Plataformas de acesso com espaço adequado para manutenção dos rolamentos e polias e para a amarração dos içadores de corrente são essenciais. Um mecanismo de elevação que possa remover o contrapeso do tensor esticador da correia pode poupar muita mão de obra durante as atividades de reparo do transportador.

Por vezes, há uma obstrução na passagem, que pode ser uma viga de suporte ou uma saliência de uma peça do equipamento. Um trabalhador precisará, então, decidir de que lado da obstrução ele cruzará. É sempre uma boa ideia cruzar o obstáculo de maneira que o obstáculo fique entre o trabalhador e a correia do transportador. Em caso de perda de equilíbrio, é melhor que o trabalhador caia sobre o obstáculo do que sobre a correia do transportador.

Passarela enferrujada causa graves ferimentos

Em agosto de 2015, a Safety and Health Administration (MSHA) dos Estados Unidos emitiu um relatório sobre um acidente que resultou em ferimentos graves. O relatório descreveu como um mineiro em uma mina de calcário "foi gravemente ferido quando a passarela de metal expandido sobre a qual ele estava sofreu uma falha repentina". Como resultado, o trabalhador caiu 10 pés [≈3 m] até atingir o chão abaixo e sofreu graves lesões não fatais.

De acordo com o documento da MSHA, "a passarela de metal expandido foi coberta com uma correia de transportador para ajudar na remoção dos derramamentos". A correia "permitiu o acúmulo de material corrosivo e acelerou a deterioração do metal expandido". O relatório observou ainda: "A aplicação da correia do transportador encobriu os sinais de deterioração da passarela, dificultando uma análise detalhada do local de trabalho".

O relatório das MSHA ofereceu as seguintes orientações para a segurança da passarela:

- Examinar os locais de trabalho, buscando e corrigindo todos os riscos possíveis antes de executar o trabalho.
- Realizar inspeções estruturais periodicamente.
- Observar, escutar e sentir em busca de anormalidades nas passarelas.
- Realizar análises de rotina das estruturas metálicas em busca de indicações de enfraquecimento estrutural (corrosão, rupturas por fadiga, vigas tortas/com ondulações, reforços ou colunas, conectores soltos/ausentes, soldas danificadas etc.).
- Não permitir derramamentos/acúmulos de material corrosivo sobre as estruturas metálicas.
- Relatar todas as áreas onde haja indícios de fragilidade estrutural.

Passagens e plataformas de trabalho

Transportadores de correia são equipamentos industriais que podem ser elevados. Assim, eles são regidos pelas mesmas regras das plataformas elevadas. Se uma parte do transportador precisar de manutenção, uma escada ou passarela geralmente é instalada para o acesso dos trabalhadores. Se uma passarela é construída, existem regras relativas à largura da passarela e à altura dos corrimões instalados.

Um projeto adequado deve incluir espaço suficiente em cada lado do transportador para atividades de manutenção seguras e para a remoção segura de material derramado.

Muitas normas exigem acesso por passarelas ao longo de somente um dos lados do transportador e apenas uma largura mínima de 24 polegadas [≈600 mm], como observado na norma *AS/NZS 4024.3610:2015 Safety of machinery – Conveyors – General requirements section 2.4.2.4*. O livro da CEMA oferece Tabela 2.28 Distâncias mínimas recomendadas e requisitos de acesso, que recomenda que as dimensões incluam um mínimo de 30 polegadas [≈750 mm] no que denominam "lado primário" e 24 polegadas [≈600 mm] para acesso para a executar serviços no "lado secundário".

Nos Estados Unidos, os regulamentos da norma *29 CFR, seção 1910.23*, da Occupational Health and Safety Administration (OSHA) oferecem orientações bastante detalhadas para a construção de passarelas e corrimões. Por exemplo, qualquer plataforma elevada a mais de 4 pés [≈1.220 mm] acima das superfícies circundantes deve ser protegida por um corrimão padrão. Os corrimões devem estar localizados a 42 polegadas [≈1.067 mm] e 21 polegadas [≈533 mm] da superfície de circulação, a partir da parte superior do corrimão superior. As passarelas devem contar com rodapés. Os corrimões devem ser construídos de tal forma que possam suportar uma carga de 200 libras [≈890 N], em qualquer direção e em qualquer ponto do corrimão superior.

Especificações de transportadores geralmente exigem um coeficiente de atrito de pelo menos 0,5 para passagens, seja sobre uma superfície rígida, rampas ou passarelas suspensas. A definição e a medição desse coeficiente de atrito têm sido fontes de controvérsias. Como resultado, a OSHA dos Estados Unidos recentemente exigiu que as passagens tenham um coeficiente de atrito estático de 0,60 ou mais quando molhadas ou um coeficiente de atrito dinâmico de 0,42 ou mais quando secas. Essas pontuações são classificadas como "Alta tração", de acordo com os procedimentos de testes especificados nas normas (ANSI/NFSI) *B101.1* e *ANSI B101.3 NFSI* dos órgãos American National Standards Institute/National Floor Safety Institute, respectivamente.

Passarelas elevadas devem ter grades abertas ou malhas, o que reduz a propensão a acúmulos de materiais derramados. Entretanto, essa malha aberta ainda pode precisar de limpeza. (**Consulte Passarela enferrujada causa graves ferimentos.**) A **Figura 18.13** mostra uma passarela com um risco de queda, e uma tentativa para cobrir o buraco com um pedaço de compensado que quebrou e também se tornou um risco de queda.

A altura livre mínima para passarelas ao lado de transportadores deve ser de pelo menos 2 metros [≈79 pol.] sobre a passagem principal, como especificado na seção 2.4.2.4 da norma *AS/NZS 4024.3610:2015*.

Túneis não devem ter o transportador posicionado contra uma parede e devem ter pelo menos duas formas de evacuação disponíveis para os trabalhadores.

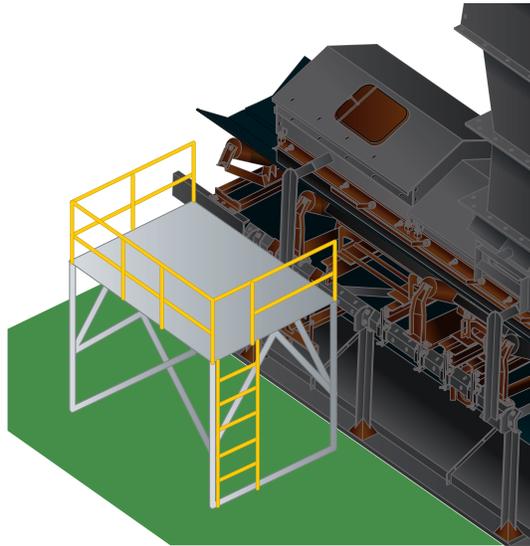


Figura 18.13.

O buraco nessa passarela foi coberto com um pedaço de compensado, que, depois, também acabou se tornando um risco de queda.

Figura 18.14.

Plataformas de manutenção móveis podem ser usadas para reduzir custos e simplificar o acesso ao longo de longos transportadores elevados.



Passarelas em ambos os lados do transportador geralmente são instaladas em extensões estruturais a partir da parte inferior das treliças do transportador. Essa prática coloca os roletes de retorno abaixo da passarela, e torna a inspeção e a substituição mais difíceis e mais perigosas do que o necessário. Pode ser útil construir a passarela abaixo dos roletes de retorno, fornecer uma plataforma de trabalho móvel ou utilizar as superfícies e espaços no nível do solo para a operação de um elevador ou caminhão com plataforma de elevação.

Para evitar passarelas muito longas, plataformas de manutenção móveis são, por vezes, utilizadas em transportadores terrestres ou elevados mais longos. (Figura 18.14.) Isso reduzirá o custo da estrutura e também possibilitará a realização de manutenção onde o terreno dificulta o acesso.

A Figura 18.15 mostra uma talha de manutenção móvel. A Figura 18.16 mostra uma plataforma de trabalho articulada com uma escada com gaiola, que pode ser posicionada para a realização de manutenção do raspador da correia.

Figura 18.15.

Uma talha de manutenção permite que os trabalhadores se movem ao longo de um transportador para realizar trabalhos de manutenção quando necessário.



Figura 18.16.

Essa plataforma de trabalho é articulada e pode ser posicionada para realização de manutenção do raspador da correia.



Embora não haja regras específicas sobre a segurança em passarelas, existem muitas práticas seguras que devem ser empregadas. A primeira e mais importante é manter uma boa limpeza. Passagens próximas a transportadores devem ser mantidas livres de qualquer detrito ou derramamento.

Um transportador é um equipamento industrial potente, e deve-se tomar muito cuidado ao caminhar próximo a ele. Se houver algum material em uma passagem, um trabalhador pode perder o equilíbrio e cair no transportador. Esse tipo de evento deve ser evitado a todo custo.

Rampas e escadas

As dimensões das escadas foram padronizadas para ajudar a evitar escorregões e quedas. As referências mais comuns são encontradas no código International Building Code, conforme publicado pelo International Code Council.

O Apêndice D da norma AS/NZS 4024.3610 para transportadores da Austrália/Nova Zelândia observa que no projeto de túneis, galerias e outras áreas confinadas, espaço suficiente deve ser disponibilizado em pelo menos um dos lados do transportador para permitir a passagem de um paciente sendo carregado em uma maca.

As normas dos Estados Unidos também são apresentadas pelos regulamentos da OSHA, *29 CFR 1910.21 Subpart D – Walking-Working Surfaces* and in MSHA regulations in *30 CFR 56 Subpart J – Travelways*.

Em geral, para o acesso a transportadores, as rampas podem ser utilizadas em ângulos de até 20 graus, e escadas com degraus devem ser usadas até 50 graus. Escadas inclinadas fixas são usadas em ângulos maiores.

Aberturas de passarelas e plataformas de trabalho para escadas geralmente não exigem uma barreira, a menos que haja um risco de segurança, como uma plataforma móvel no patamar. No entanto, as aberturas para uma escada fixa sempre devem contar com uma barreira; correntes e portões com fechamento automático são barreiras comuns em escadas.

As dimensões e os requisitos para rampas, degraus, escadas fixas e superfícies de trabalho variam significativamente de país para país; os regulamentos locais devem ser sempre seguidos.

Transportadores e espaços confinados

Qualquer discussão sobre acesso a equipamentos, seja para manutenção de rotina ou reparo de emergência, deve incluir o tema do espaço confinado.

A norma *29 CFR 1910.146*, da Department of Labor Occupational Safety and Health Administration dos Estados Unidos, define "espaço confinado" como a área que:

- (1) É suficientemente grande e de tal forma configurada, que um funcionário pode entrar e executar o trabalho a ele atribuído; e
- (2) Tem meios limitados ou restritos de entrada ou saída...; e
- (3) Não foi projetada para ocupação contínua pelos funcionários.

"Espaço confinado com requisito de permissão de entrada", abreviadamente, "espaço com

requisito de entrada", significa um espaço confinado que tem uma ou mais das seguintes características:

- (1) Contém, ou tem potencial para conter, uma atmosfera perigosa;
- (2) Contém um material com potencial para envolver uma pessoa;
- (3) Tem configuração que poderia prender ou asfixiar uma pessoa por paredes que convergem internamente ou por um piso que se inclina para baixo e afunila em direção a uma seção menor; ou
- (4) Contém qualquer outro grave risco reconhecido à segurança ou à saúde.

"Espaço confinado sem requisito de permissão de entrada" significa um espaço confinado que não contém ou, em relação a riscos atmosféricos, não tem o potencial para conter nenhum risco capaz de causar morte ou danos físicos graves.

Espaços confinados com requisito de permissão de entrada requerem procedimentos de segurança complexos e dispendiosos, incluindo treinamento, cinto e cabos de segurança e funcionários adicionais para o "sistema de parceria". Consequentemente, projetar sistemas de com menos espaços confinados com requisito de permissão de entrada pode proporcionar um retorno significativo do investimento. Quando os trabalhos de manutenção e reparo podem ser executados sem a necessidade de permissões ou equipes especialmente treinadas, os custos de trabalho associados a essas tarefas são minimizados.

O trabalho em espaços confinados requer treinamento especial, autorização especial para o trabalho e leva mais tempo se comparado ao trabalho em espaços não confinados. Portanto, projetar equipamentos para serviços e ajustes em espaços não confinados é uma importante estratégia de segurança.

Tarefas de limpeza ou manutenção comuns que exigem a entrada em espaços confinados incluem:

- Instalação e substituição de chute, calha guia e chapa de desgaste.
- Limpeza e desentupimento dos chutes.
- Instalação e ajuste do raspador da correia.
- Substituição do filtro/manga de coleta de pó.

Sistemas aprimorados que incorporam os recursos de espaços confinados que não requerem autorização de entrada a seguir são econômicos no longo prazo.

- Acesso fácil e suficiente para entrada e saída do recinto.
- Ventilação natural das áreas de trabalho internas.
- Materiais que não criem uma atmosfera perigosa.

O melhor momento para reduzir os espaços confinados que precisam ser acessados para instalação e manutenção, é durante as etapas de especificação e design do projeto. Após o sistema ser construído e estar em funcionamento, é muito difícil redesenhar e eliminar a necessidade de entrada em espaços confinados.

Figura 18.17.

A parede traseira desse chute é fixado com porcas nos flanges laterais, o que permite que o chute seja aberto.



Figura 18.18.

Instalada na parte externa da calha guia, a chapa de desgaste externa permite inspeção e ajuste e melhora a vedação, sem a necessidade de entrada em espaços confinados.



Outra abordagem é projetar o acesso ao chute em espaços não confinados, que permitam que seções inteiras dos chutes sejam facilmente abertas, especialmente as partes que sofrem desgaste contínuo por abrasão. (**Figura 18.17.**) Esse tipo de projeto permite a realização de reparos sem a necessidade de que os trabalhadores fiquem dentro do chute. O mesmo tipo de acesso pode ser projetado para alimentadores, portões, silos ou depósitos.

Muitos fabricantes oferecem sistemas e produtos que podem reduzir a necessidade de entrada em espaços confinados. Os exemplos incluem:

- Chutes sem chapas, feitos em materiais resistentes à abrasão e com projetos modulares para substituição rápida.
- Chutes articulados que podem ser abertos para a substituição das chapas.
- Calha guias com chapas externas. (**Figura 18.18.**)
- Raspadores da correia que possam ser retirados pela lateral do chute para manutenção, sem que seja necessário acessar o chute.
- Instalação de dispositivos de auxílio ao fluxo, como canhões de ar e vibradores, para reduzir o acúmulo nos chutes.
- Filtros de ar modulares para chutes de transferência individuais, em vez de uma coleta de pó centralizada.

REGULAMENTOS E NORMAS

O acesso aos transportadores é abordado nas seções sobre passarelas, e em outras seções, dos regulamentos especificados por vários órgãos emissores. As informações a seguir contêm uma amostra das regulamentações específicas para transportadores que podem ser aplicadas, além daquelas já discutidas neste capítulo. Como sempre, os códigos locais devem ser identificados e seguidos.



Austrália

A norma da Austrália/Nova Zelândia *AS/NZS 4024.3610:2015 Conveyors – General requirements* especifica os requisitos de acesso em sua seção 2.4. Esses requisitos indicam que o projeto do transportador deve acomodar as necessidades de acesso ao sistema para operar o transportador, bem como para executar atividades de manutenção, como inspeção e lubrificação. Ele observa que, em particular, meios de acesso seguro serão fornecidos onde as tarefas de inspeção e manutenção precisarem ser executadas durante o funcionamento do transportador.

Para compreender o acesso ao transportador e seus controles, a norma *AS/NZS 4024.3610:2015* indica ao leitor as normas *AS 4024.1702 Safety of machinery – Human body measurements* e *AS 4024.1703 Safety of machinery – Principles for determining the dimensions required for access openings*. A norma também sugere o uso das Partes 1 a 4 da norma *ISO 14122 Safety of Machinery – Permanent means of access* para elementos do maquinário dos transportadores, desde que esses requisitos não aumentem os riscos.

O norma observa que as exigências do item *AS 1657-2013 Fixed platforms, walkways, stairways and ladders – Design, construction and installation* serão respeitadas caso seja necessário usar plataformas, passarelas ou escadas.

A norma para transportadores observa especificamente, em sua cláusula 2.4.2.2, que acesso deve ser fornecido para permitir que operações e manutenção de rotina sejam realizadas a partir de pisos ou plataformas, em oposição a escadas verticais ou inclinadas.

Além disso, o norma observa que, onde haja a possibilidade de queda de um trabalhador sobre um transportador, devem ser disponibilizados meios para impedir lesões. Em seguida, o texto faz referência à sua cláusula 2.10.5.4, que sugere uma avaliação para considerar os riscos de queda sobre a correia e as medidas de segurança que devem ser tomadas.

Na cláusula 2.4.2.4 Espaço de trabalho, a norma *AS/NZS 4024.3610* estabelece que o espaço entre a carga do transportador e qualquer parte do sistema, equipamento ou estrutura do transportador deve ser suficiente para evitar contato acidental. A seção exige que, onde um trabalhador precise ter acesso ao longo da lateral de um transportador em funcionamento, o espaço terá pelo menos 600 milímetros [≈24 pol.]. A altura livre será de pelo menos 2 metros [≈79 pol.].

A norma da Austrália/Nova Zelândia sobre correias de transportadores para materiais a granel, *AS/NZS 4024.3611:2015*, oferece instruções relativas à disponibilização de passarelas para transportadores de correia em sua seção 2.4 Projetos para facilitar a operação e a manutenção. Na cláusula 2.4.1, a norma exige que seja fornecida uma passagem para acesso em pelo menos um dos lados desses transportadores, bem como em outras áreas onde ocorram atividades de inspeção ou manutenção. A cláusula observa ainda que é uma boa prática disponibilizar uma passagem em ambos os lados em locais que precisem ser acessados com regularidade superior a uma vez ao mês. Nos casos em que o acesso a uma passagem não for fornecido, o projetista do transportador deve fornecer (e documentar) um sistema para permitir operação e manutenção seguras.



Canadá

A norma *Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia* especifica o seguinte:

Passagens e meios-fios em estradas
4.1.11

- (1) Passarelas não devem ter menos de 500 mm [≈20 pol.] de largura e devem contar com acesso seguro por escadas ou escadas verticais fixas.

Correias de transportadores 4.4.16

- (3) Todos os transportadores devem estar equipados com uma passarela ou outro acesso aceitável para fins de manutenção e inspeção.

Na província de Quebec, a norma *Regulations respecting occupational health and safety in mines* faz as seguintes exigências:

373 Todos os transportadores devem...

- (3) estar equipados com uma passagem e corrimões, caso estejam instalados a mais de 2 m (6,5 pés) acima do nível do solo ou piso, exceto quando o transportador puder ser acessado por meio de uma plataforma de elevação ou outros meios mecânicos, em conformidade com a seção 208 [que indica que um trabalhador pode ser levantado pela pá de uma carregadeira] ou 401 [que indica uma lista de equipamentos aceitáveis que podem ser usados em uma mina a céu aberto];
- (4) estar equipados com um corrimão de proteção ao longo das laterais por onde passam os trabalhadores.



Estados Unidos

As regulamentações da MSHA nas normas *30 CFR section 56/57.11001 Safe Access* e *30 CFR section 77.205(a) Travelways at surface installations* indicam: "Meios de acesso seguros devem ser disponibilizados e mantidos em todos os locais de trabalho".

A OSHA tem regulamentos para passarelas na norma *29 CFR 1910 Subpart D – Walking-Working Surfaces*. As seções aplicáveis incluem *1910.22 General Requirements*, *1910.23 Guarding floor and wall openings and holes* e *1910.24 Fixed industrial stairs*.

A norma ANSI A1264.1-2007 *Safety Requirements for Workplace Walking/ Working Surfaces and Their Access* estabelece os requisitos de segurança para áreas onde exista o risco de queda de pessoas ou objetos através de aberturas no piso ou parede, plataformas, passarelas, rampas e escadas fixas em condições normais, temporárias e emergenciais.

MELHORES PRÁTICAS

A CEMA publicou recomendações para passagens e espaços de acesso para manutenção no Capítulo 2 do *Livro da CEMA*. Os espaços são requisitos de largura fixa mínima para passagens e espaços em relação à largura da correia para a remoção de componentes, como polias, roletes e raspadores de correia.

Além disso, a CEMA recomenda que tubulações e conduítes sejam direcionados longe das áreas do transportador que exijam acesso frequente para manutenção ou inspeção.

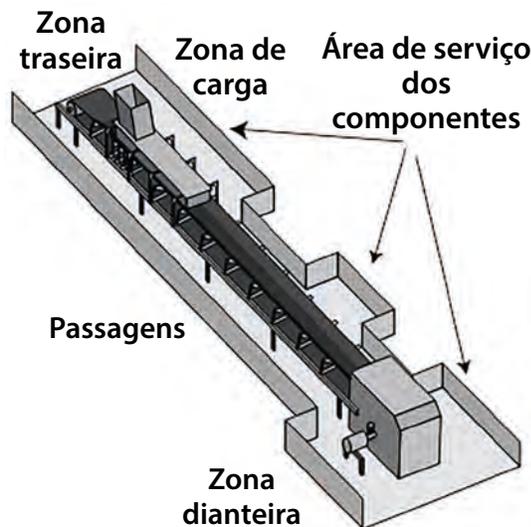
Para facilitar a inspeção e a manutenção, o transportador deverá ser equipado com passagens em ambos os lados. Essas passagens terão espaço suficiente para as atividades de manutenção necessárias e nos pontos onde o trabalho de manutenção precisar ser executado.

Outras boas práticas relativas ao acesso a transportadores incluem:

- Seguir as orientações sobre acesso no livro *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA. (**Figura 18.19.**)
- Elevar o transportador pelo menos 4 pés [≈1,2 m] acima do solo na zona de carga e instalar proteções nos roletes de retorno, para que a limpeza possa ser executada sob o transportador em operação.

Figura 18.19.

As Orientações sobre acesso do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials* da CEMA incluem recomendações para áreas de serviço dos componentes, bem como passagens e áreas nas zonas traseira, de carga e dianteira.



- As passarelas e degraus devem começar depois da extremidade da zona de carga; usar plataformas de trabalho portáteis para manutenção.
- Interligar as portas de inspeção ao acionamento do transportador quando o equipamento em movimento puder ser acessado através da abertura da porta ou quando houver risco de lançamento de materiais.
- Usar telas de inspeção nas portas de acesso que não estejam travadas.
- Fornecer acesso a ambos os lados do transportador para manutenção e limpeza ou, em transportadores elevados, usar talhas de manutenção móveis ou elevadores.
- Quando não for possível acessar de maneira segura partes do transportador elevadas a mais de 4 pés [$\approx 1,2$ m] acima do solo, fornecer cordas de proteção contra quedas em intervalos apropriados e com capacidade de carga suficiente.
- Seguir os regulamentos locais para rampas, escadas, passarelas e plataformas.
- Projetar para eliminar a necessidade de entrada em espaços confinados.

CONCLUSÕES

Acesso seguro

A maior parte dos transportadores elevados adquiridos com base no preço tem passarelas apenas em um dos lados do transportador, pois os códigos são vagos ou exigem acesso somente em um lado. Esse é outro exemplo de como um "sistema adquirido pelo menor preço" reduz a segurança, ao mesmo tempo em que satisfaz aos requisitos mínimos dos códigos. Alguns operadores neutralizam esse risco planejando antecipadamente o uso de elevadores ou plataformas de manutenção móveis.

Escadas são particularmente suscetíveis a acúmulos de material fugitivo, tornando seu uso menos seguro do que poderia e deveria ser. Alguns operadores substituem escadas pelo requisito de degraus, a fim de reduzir os riscos de queda devido ao material fugitivo e à impossibilidade de proteger o acesso à parte superior da escada. Em geral, permitir o acúmulo de materiais fugitivos reduz a segurança e aumenta os requisitos de tempo de acesso dos procedimentos de manutenção e limpeza. O acesso aos equipamentos para manutenção e reparo é essencial para um sistema limpo, seguro e produtivo. Um acesso bem projetado ao transportador não precisa virar um dilema entre segurança, acessibilidade e custos. Um acesso seguro cuidadosamente localizado e devidamente dimensionado vai aumentar a confiabilidade, reduzir o tempo de inatividade necessário para manutenção, e os custos de mão de obra associados, e minimizar riscos como pó e a entrada em espaços confinados. No longo prazo, um acesso bem projetado melhora a segurança e poupa recursos. ⚠



Capítulo 19 Os riscos relacionados a ruídos

INTRODUÇÃO 289

Princípios básicos de Som 290

Questões de saúde e segurança .. 291

As características de ruídos do transportador 292

Fontes de ruído do transportador de correia 293

REGULAMENTOS E NORMAS 296

Regulamentos da comunidade ... 298

Controle de ruídos do transportador 299

MELHORES PRÁTICAS 301

CONCLUSÕES 302

INTRODUÇÃO

Então, o que é todo esse ruído?

Este capítulo trata do ruído, as ondas sonoras no ar geradas por transportadores para manuseio de materiais a granel, que podem criar problemas de saúde e segurança.

Por que o ruído de transportadores de correia representa um problema? A correia se movimenta, idealmente, de forma suave e silenciosa sobre os componentes de rolagem. Porém, na verdade, o som do sistema é vulnerável a influências, como o atrito entre a correia e os roletes, o tilintar de emendas mecânicas pelos roletes, a colisão de grandes quantidades de materiais pesados que se deslocam pelos chutes e para as zonas de carregamento, a ressonância de roletes de 'lata' rasos e o chiado dos rolamentos degradados por material fugitivo, e/ou falta de lubrificação. Sob a carga desses geradores de som, o sistema do transportador pode ficar alto o bastante para gerar um problema de ruído para os trabalhadores.

Como observado por S.C. Brown em um artigo de 2004, *Conveyor Noise Specification and Control*:

Sistemas de transportadores de correia de grande porte e externos para materiais a granel são as principais fontes de ruído industrial e, geralmente, tornam-se um problema de emissões ambientais para muitas fábricas existentes e propostas.

O ruído está associado a desperdício de energia, degradação de material e desgaste. O som do transportador também pode se deslocar pelo solo e estruturas, criando vibrações indesejadas que podem danificar estruturas e encurtar a vida útil de componentes. O ruído do transportador pode reduzir a produtividade e incomodar a vizinhança, tendo como resultado efeitos de longo prazo sobre a saúde, incluindo perda auditiva irreversível. O ruído também pode mascarar sons necessários, como sinais de aviso de segurança ou comandos verbais.

O ruído do transportador pode ser útil. Por exemplo, um rolamento que produza um nível mais elevado de ruído indica uma falha iminente. Um técnico prudente pode usar esses ruídos em seu planejamento e atividades de manutenção.

Como indicado por Lawrence K. Nordell em seu artigo de 1998, *Improving Belt Conveyor Efficiencies: Power, Strength and Life*:

O engenheiro agora precisa entender a respeito de regulamentos sobre ruídos no projeto do transportador. Transportadores podem passar por áreas residenciais e agrícolas, ou áreas

residenciais podem se desenvolver em torno de rotas planejadas de transportador. Fatores como segurança e deficiência auditiva do operador também estão se tornando questões de regulamentação. A restrição de ruído agora está se tornando um item em alguns critérios do projeto de um transportador.

O ruído de um único rolete pode não ser perigoso para trabalhadores, mas as centenas de roletes presentes em um transportador, a maior parte do tempo combinados aos sons de outras máquinas da fábrica, podem resultar em níveis perigosos.

Princípios básicos de Som

O som é percebido como flutuações de pressão que causam a vibração dos tímpanos. A altura de um som é uma percepção individual que varia de pessoa para pessoa com base em idade, condição física e distância do som, e não é uma medida científica. O potencial do som para danificar nossa audição é proporcional a sua intensidade, não a sua altura. Assim, é enganoso basear-se na percepção subjetiva de altura como uma indicação do risco para a audição de uma pessoa. O site *Noisehelp.com* apresenta a tabela seguinte. (**Figura 19.1.**)

O som é reconhecido por humanos em frequências de cerca de 20 a 20.000 Hertz (ciclos por segundo ou Hz) e em intensidades de som de 0 a 140 decibéis (dBA). Como referência, a fala humana normal é de cerca de 65 dBA nas faixas de frequência de 85 a 180 Hz para homens, e de 165 a 255 Hz para mulheres.

Diferença entre intensidade do som e altura percebida

Nível do som	Intensidade (potência) do som	[Ser humano típico] Altura percebida
60 dBA	1x [nível de base]	1x [nível de base]
70 dBA	10x [vezes tão potente]	2x [vezes tão alto]
80 dBA	100x [vezes tão potente]	4x [vezes tão alto]

Figura 19.1.

Um aumento de dez decibéis (dBA) será percebido como duplicação da altura de um som.

Cortesia do noisehelp.com.

O ruído de várias fontes de som se combina para produzir um nível de som superior ao de qualquer fonte individual. Entretanto, os valores de dBA não são acrescidos diretamente, uma vez que eles já são quantidades logarítmicas. Duas fontes de som igualmente intensas operando juntas produzem um nível de som que é 3 dBA mais alto do que uma fonte sozinha; 10 fontes podem produzir um nível de som de 10 dBA mais alto do que uma

única fonte. O som 10 dBA mais alto será percebido (ouvido) como uma duplicação do nível do som original.

Níveis de pressão de som e níveis de intensidade de som diminuem, igualmente, com a distância da fonte, perdendo 6 dBA para cada duplicação da distância da fonte. Nessa distância, a pressão do som cai pela metade e a intensidade do som para um quarto do valor inicial.

O som irradia de sua fonte como uma onda de pressão esférica. Geralmente, no caso de transportadores, a onda de som esférica geralmente é bloqueada ou refletida pela posição do transportador em relação à superfície e às estruturas e equipamentos circundantes.

Termos relacionados ao som

A terminologia nos campos da Acústica (a ciência das ondas mecânicas) e Audiologia-acústica (a ciência da audição) pode ser confusa. Termos com significados diferentes geralmente são usados de forma incorreta e/ou indistintamente.. Os termos usados neste capítulo incluem:

- **Decibel** Unidade de medida de pressão do som, que compacta uma ampla gama de números em uma escala mais significativa, geralmente abreviada como dB. Testes auditivos indicam que a pressão audível mais baixa é de cerca de 2×10^{-5} Pa (0 dB), ao passo que a sensação de dor é de cerca de 2×10^2 Pa (140 dB). Geralmente, um aumento de 10 dB é percebido como duas vezes mais alto.
- **dBA** A abreviação de escala de intensidade de ruído para níveis de decibéis associada à faixa humana de audição; geralmente é expressa como dB ou dB(A).
- **Frequência** O número de vibrações de som por segundo. Um som a uma frequência única é chamado de tom puro; por exemplo, 440 Hz é a nota musical 'A.'
- **Intensidade** Medida da energia da onda sonora a uma distância especificada em uma escala relativa à percepção da audição humana.
- **Ruído** Som indesejado. A maioria dos ruídos é uma combinação de várias frequências e em várias intensidades.
- **Som** Movimento de onda que ocorre quando uma fonte de som coloca as moléculas mais próximas em movimento. O movimento propaga as moléculas para mais distantes da fonte. A velocidade de propagação do som no ar é de cerca de 340 metros por segundo [≈ 1.140 pés/s].

Questões de saúde e segurança

A poluição sonora afeta negativamente as vidas de milhões de pessoas. A perda auditiva provocada por ruído é o efeito mais comum e geralmente mais discutido sobre a saúde, porém, pesquisas mostraram que a exposição a níveis de ruído constantes ou altos pode causar inúmeros efeitos negativos sobre a saúde. Estudos mostraram que existem relações diretas entre ruídos e saúde. Problemas relacionados a ruídos incluem doenças ligadas a estresse, pressão sanguínea alta, interferência na fala, perda auditiva, interrupção do sono e perda de produtividade. A exposição a ruído prejudicial pode resultar em aumento da frequência de pulsação, aumento da pressão sanguínea, estreitamento dos vasos sanguíneos, nervosismo, insônia e fadiga, sem contar problemas muito graves de perda auditiva provocada por ruídos.

Além de perda auditiva, há uma série de outros efeitos físicos e psicológicos subsequentes à exposição prolongada a sons, mesmo sons abaixo de 85 dBA. Existem reações psicológicas comprovadas, entre elas, raiva, tensão ou nervosismo, e físicas, como aumento da pressão sanguínea ou na excreção de magnésio, o que pode dar origem a desordens no longo prazo.

Em 1973, Alexander Cohen, do National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH, Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional) relatou esses problemas no artigo *Industrial Noise and Medical, Absence, and Accident Record Data on Exposed Workers*. Na pesquisa de Cohen foi realizado um estudo sobre os arquivos de assiduidade e acidentes de 500 trabalhadores situados em fábricas barulhentas (95 dBA ou mais) e 500 trabalhadores em fábricas mais silenciosas (80 dBA ou menos). Comparando os registros desses trabalhadores, concluiu-se que aqueles expostos a níveis de ruído mais elevados tiveram uma taxa significativamente mais alta de acidentes, problemas médicos diagnosticados e faltas. O estudo observou que outras condições, além do ruído, podem ter sido responsáveis por essas diferenças.

Um modo pelo qual o ruído pode lesar de forma permanente a audição do trabalhador é por uma única exposição breve a um alto nível de ruído. Porém, a lesão auditiva também pode ocorrer gradualmente em níveis de ruído muito inferiores, caso haja exposição suficiente ao longo do tempo. (**Figura 19.2.**) Para proteger a audição, limite a exposição a níveis de ruído moderadamente altos e dê aos trabalhadores um período de recuperação após alguma exposição prolongada a ruídos.

O ruído pode interferir no reconhecimento de sinais de perigo, como alarmes de inicialização do transportador, além de sirenes de incêndio ou eventos climáticos. Se o trabalhador tiver perda auditiva ou estiver usando proteção nos ouvidos, o aviso pode não ser ouvido, especialmente se a pessoa já tiver sofrido a perda auditiva. Os sinais de aviso geralmente devem ser 10 dBA mais altos do que os níveis de ruído circundantes.

Tarefas complexas, como manutenção por exemplo, podem se tornar mais difíceis e perigosas, pois o ruído pode interferir na comunicação. Quando a intensidade do ruído ambiente estiver na faixa de 85 dBA, geralmente é necessário, mesmo a curta distância, gritar diretamente para ser ouvido pelo colega de trabalho. Se o colega de trabalho tiver perda auditiva, comandos e avisos verbais podem ser confundidos. A eficiência na conclusão de uma tarefa pode ser afetada pelo ruído, especialmente em tarefas complexas que exigem tomada de decisão e julgamento, o que pode ser mais complexo no caso de pessoal menos treinado.

As características de ruído do transportador

A medição e a predição de níveis de intensidade do som dos sistemas de transportador são tarefas para um especialista. Vários fatores, como clima, topografia, distância até vizinhos e nível de manutenção, contribuem para a complexidade dessas determinações.

Em seu artigo Beltcon 18, *Overland Conveyor Noise: Engineering Tools for Noise Reduction*, Ben van Zyl explica:

Como uma fonte linear, um transportador terrestre gera e emite ruído ao longo de toda a sua extensão física. ... Transportadores são fontes lineares caracterizadas por um nível de ruído que diminui a uma taxa lenta com a distância (- 3 dB em comparação com os - 6 dB por duplicação de distância para uma fonte pontual).

Como consequência, dadas uma

Exposição a ruídos e lesão auditiva

Em 91 decibéis, ouvidos humanos podem tolerar até duas horas de exposição.
Em 100 decibéis, a lesão pode ocorrer com 15 minutos de exposição.
Em 112 decibéis, a lesão pode ocorrer com apenas um minuto de exposição.
Em 140 decibéis pode ocorrer lesão imediata do nervo.

Figura 19.2.

À medida que o nível do som aumenta, a audição é lesada em intervalos de tempo mais curtos.

Cortesia do noiseshelp.com.

fonte linear e uma fonte pontual que produzam os mesmos níveis na fonte (por exemplo, 3 m [\approx 10 pés] de distância), a fonte linear produzirá níveis de ruídos mais elevados em distâncias grandes. Por exemplo, em sistemas de transportador os níveis de ruído nas proximidades de uma estação de transferência em geral são consideravelmente mais elevados do que os níveis correspondentes no transportador. No entanto, o ruído do transportador (devido a uma taxa mais baixa de decaimento) irá superar o ruído da estação de transferência e dominar em distâncias maiores da linha.

As intensidades de som dos componentes do transportador são normalmente medidas com um medidor de som fixo a uma distância padrão, geralmente de um metro [\approx 39 pol.]. O som relacionado à atividade humana em torno do transportador é geralmente medido com um dosímetro de ruído, um medidor de nível de som especializado usado pelo trabalhador para medir a exposição a ruídos de uma pessoa, integrado ao longo de um período de tempo.

Estudos realizados em sistemas de transportador produziram uma série de resultados que mostraram níveis de ruído próximo ao transportador na casa de 100 dBA e, a 300 metros, de 35 dBA.

O artigo *Conveyor Noise Specification and Control*, de S.C. Brown, indicou:

Os níveis de potência do som medidos de transportadores de correia convencionais variam de 113 dBA a 119 dBA por 100 m [\approx 328 pés] para transportadores a carvão de 10.000 típicos TPH 5 m/s [\approx 980 ppm].

Como indicado por Ben van Zyl, “Normalmente em execução 24 horas por dia, os transportadores podem ser ouvidos a grandes distâncias durante a noite, quando os níveis ambientes em áreas rurais são geralmente na ordem de 35 dBA.”

E também observou:

O ruído (potência sonora) do transportador é caracteristicamente rico em conteúdo de baixa frequência. ... Devido a perdas de propagação inferiores, o som de baixa frequência predomina sobre distâncias mais longas em comparação com altas frequências.

Fontes de ruído do transportador de correia

Em *Conveyor Noise Specification and Control*, S.C. Brown resumiu os mecanismos de geração de ruído de transportadores da seguinte maneira:

- Ruído do rolamento de rolos
- Ruído da carcaça de roletes
- Interação do rolete da correia
- Bombeamento de ar, Correia/rolete
- Ruído da estrutura – estrutura de suporte do transportador

O ruído do transportador geralmente é atribuído ao sistema de transmissão, à estrutura, aos chutes, à construção do rolete e à interação entre a correia e os roletes.

O ruído do sistema de transmissão pode ser considerado uma fonte pontual quando outro ruído do transportador é distribuído e pode variar ao longo de sua extensão.

A velocidade e a carga da correia afetam a geração de ruído do transportador, com correias mais velozes gerando mais ruído da superfície do rolete, além de desequilíbrio. Em alguns casos, a interação entre as coberturas da correia e o rolete cria um som similar a uma fita adesiva sendo removida de uma superfície.

Os roletes são outra fonte de ruído do transportador, sendo a superfície dos rolos, a esfericidade e o equilíbrio fatores significativos na geração de ruído. Pesquisas indicam que a taxa de alteração da superfície do rolete, chamada de Inclinação máxima do indicador (MIS, Maximum Indicator Slope), é o fator de geração de ruído dominante.

Outro fator, a Excentricidade total do indicador (TIR, Total Indicator Run-out), foi identificado como secundário no ruído do rolete do transportador. A TIR é uma medida da "excentricidade" do rolete, tomando como medida o raio máximo versus o raio mínimo do rolete.

Em sua conclusão, o artigo Beltcon 16, *The Influence of 'Maximum Indicated Slope' and 'Total Indicated Run-Out' on the Noise Caused by the Interaction of Conveyor Idlers Rolls and Conveyor Belts*, de Paul Munzenberger e Craig Wheeler, observou:

Os resultados mostrados indicam que a MIS, Inclinação máxima do indicador, de um rolo de transportador é a causa dominante do ruído produzido pela interação de um rolete do transportador e a correia do transportador que está em contato com ele.

O tubo de aço fechado dos roletes de transportadores convencionais pode atuar como uma câmara de ressonância, amplificando o som criado pelo atrito entre os rolos e a correia ou os rolamentos. Como indicado pela Flexco na literatura que aborda sua linha de rolos compostos, "Essa variação

de ruído pode significar a diferença entre funcionar abaixo dos níveis de decibéis máximos e violar os regulamentos."

Rolos não metálicos ou revestidos atenuam o comportamento da ressonância e podem reduzir os níveis de ruído. A maioria dos fabricantes de roletes oferecem construção de roletes de baixo ruído utilizando materiais para carcaça alternativos, como alumínio, polietileno de alta densidade (PEAD), náilon ou roletes de aço revestido, em combinação com o controle da qualidade da superfície do rolete (MIS e TIR), além de balanceamento dinâmico dos rolos. O artigo de Brown indica que modificar as especificações do rolete para "ruído baixo" ou "ruído superbaixo" pode resultar em redução de ruído de 6 a 12 dBA. Um fabricante de roletes alegou redução de cerca de 18 dBA no ruído de roletes em relação à construção em aço padrão.

Em um artigo de 2011 na *Coal International*, "Noise emissions of belt conveyors", Adam Gladysiewicz observa que o fato de roletes e seus rolamentos criarem ruídos do transportador pode levar a uma conclusão:

... que tamanho menor do rolamento e maior espaçamento do rolete é a

Aba da correia como uma fonte de ruído do transportador.

Quando uma correia entre dois roletes é excitada por um rolete girando a uma frequência natural, ou próximo disso, da vibração transversa do intervalo da correia, ocorre o fenômeno da ressonância.

Essa vibração na correia do rolete pode ser acionada ou excitada por uma pequena excentricidade do rolete, ou variação radial da frequência rotacional. A amplitude da vibração transversa aumenta consideravelmente quando ocorre a ressonância, produzindo aumento no desgaste do rolete/rolamento, e maior consumo de potência da correia.

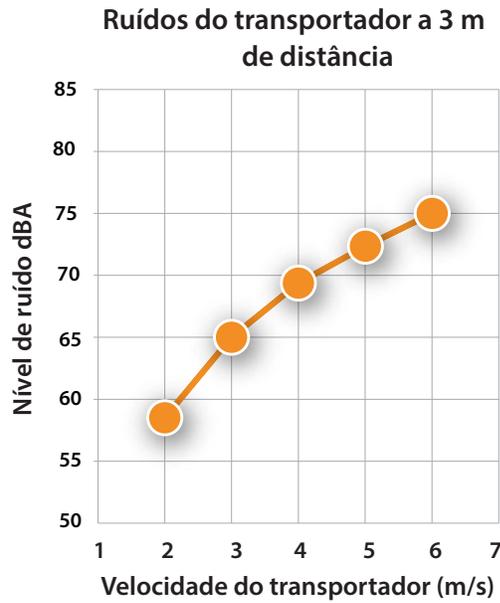
Isso fica visível como uma oscilação para cima e para baixo da correia entre os roletes. Porém, é ouvida como uma vibração de baixa frequência, geralmente chamada de "ruído de helicóptero". Essa onda de som de baixa frequência pode percorrer distâncias significativas.

A aba descontrolada de uma correia pode aumentar o ruído de duas maneiras. Primeira, ela acrescentará o próprio ruído de oscilação de baixa frequência ao ruído geral do transportador. Segunda, a vibração também faz com que os componentes se deteriorem prematuramente, aumentando o risco de chiado do rolamento.

Reduzir a excitação da correia e, assim, a criação do ruído aba da correia, geralmente é conseguido variando ou escalonando o espaçamento dos roletes. Além disso, podem ser usados roletes de retorno com disposição em V, uma vez que eles ajudam a centralizar o trajeto da correia e a reduzir a vibração.

Figura 19.3.

Os níveis de ruídos do transportador aumentam em 10 dBA conforme dobra a velocidade da correia. Ilustração após: Overland Conveyor Noise Engineering Tools for Noise Reduction, de Van Zyl.



solução mais barata (para o ruído do transportador). Essas medidas, no entanto, levam a defeitos prematuros do rolamento, o que, por sua vez, resulta em níveis de ruídos mais elevados.

Outras fontes de ruído do transportador foram indicadas por Ben van Zyl no estudo *Overland Conveyor Noise: Engineering Tools for Noise Reduction*, apresentado na Beltcon 18 em 2015. Entre elas:

- A falha do rolamento produz níveis muito altos de ruído anormal em tom alto. Um único rolamento defeituoso pode arruinar o desempenho de uma seção longa de um transportador então silencioso.
- O alarme de inicialização é uma fonte auxiliar de ruído geralmente citada como um transtorno em queixas relacionadas a transportadores.
- Transportadores vazios são mais barulhentos (geralmente 2 dB) do que transportadores que funcionam com carga.

Outra influência sobre o ruído do transportador é a velocidade da correia, com níveis de ruído que aumentam conforme a velocidade aumenta. Ben van Zyl continua, “Níveis de ruído aumentaram em significativos 10 dB por duplicação de velocidade na faixa de 2 a 6 metros por segundo [≈394 a

1.180 ppm].” (Figura 19.3.) Como observado anteriormente, um aumento de 10 dBA representa uma duplicação do nível de som percebido.

Existe muito pouco publicado a respeito de ruído gerado por fluxo de materiais. Fornecedores de serviços de engenharia que utilizam modelos de software de computador de método de elemento discreto (DEM, discrete element method) para otimizar o fluxo por meio de chutes, geralmente alegam redução de ruído, presumivelmente utilizando o fluxo deslizante de materiais a granel em comparação com um impacto direto mais ruidoso nas paredes dos chutes.

Outros profissionais prescrevem a redução de ruído geral em torres de transferência delimitando a transferência em uma construção. No entanto, como observou van Zyl:

O ruído secundário é produzido por excitação da estrutura de suporte e pela transferência da estrutura para a cobertura e qualquer revestimento em aço onde superfícies amplas são capazes de emitir a energia como ruído aéreo.

O ruído dos chutes também representa uma fonte pontual que pode ser significativa. Muitos fornecedores de chute alegam que suas técnicas particulares reduzirão o ruído, sem oferecer estudos de caso específicos nem cálculos de engenharia. Alguns fornecedores alegam uma redução de 10 dBA no ruído do chute com o uso de revestimentos de borracha.

Outra fonte de ruído do transportador é a oscilação de baixa frequência, frequência, formada pela ‘aba da correia’. (**Consulte o quadro na página anterior, chamado ‘Aba da Correia como uma fonte de ruído do transportador’.**)

O ruído do transportador geralmente é aumentado por conta de diretrizes de manutenção e substituição inadequadas. Parafusos frouxos, rolamentos defeituosos e eixos gastos, todos contribuem para o perfil de ruído de um transportador. O ruído de roletes

aumenta quando os roletes são ocasionalmente substituídos nas estruturas originais sem levar em conta o encaixe do eixo na estrutura, seja pelo uso de roletes de diferentes fabricantes ou pelo desgaste acumulado dos encaixes de retenção dos roletes da estrutura ao longo do tempo.

REGULAMENTOS E NORMAS

Embora não haja regulamentos especificamente relacionados a ruídos do transportador, regulamentos sobre ruídos em todo o mundo se encontram na forma de acordo geral. A norma geralmente aceita para minimizar o risco auditivo se baseia em uma exposição de 85 dBA para um limite máximo de oito horas por dia, seguido por pelo menos dez horas de tempo de recuperação em 70 dBA ou menos, quando é desprezível o risco de lesão em ouvidos saudáveis. O artigo de Brad Witt com o título “Sound Source: Changes in EU Noise Directive,” disponível no site *HearForever.com*, apresenta o resumo das normas na **Figura 19.4**.

Acima de 85 dBA é aplicada uma "taxa de troca de 3-dBA", que significa que, para cada 3 dBA acima de 85 dBA, o tempo de exposição máximo é cortado pela metade. Como mostra a **Figura 19.5**, cada intervalo de tempo mostrado representa 100 % da dose de ruído permitida por 24 horas. Se um trabalhador passar 15 minutos em 100 dBA, não deverá ficar exposto a mais de 85 dBA por pelo menos 10 horas, e de preferência a menos de 70 dBA. Um dosímetro de ruído pode ser usado para estabelecer níveis de ruído e tempos de exposição calculando a exposição ao ruído ponderada pelo tempo por intensidade e frequência.

Níveis de ruído acima de 140 dBA não são considerados seguros por nenhum período, ainda que breve.

Regulamentos de todos os países exigem a avaliação de níveis de ruído e a definição de políticas e procedimentos para mitigar a lesão auditiva resultante da exposição a ruídos.

Comparação de requisitos regulatórios de programas e procedimentos de preservação auditiva

	Austrália	União Europeia	Estados Unidos
Programa de testes de audição obrigatórios	85 dBA	85 dBA	-
Proteção auditiva e avisos obrigatórios	80 dBA	85 dBA	87 dBA
Exposição máxima sob proteção auditiva	85 dBA	90 dBA	90 dBA

Níveis máximos recomendados de exposição a doses de ruídos

Nível de ruído (dBA)	Exposição máxima ponderada pelo tempo por 24 horas
85	8 horas
88	4 horas
91	2 horas
94	1 hora
97	30 minutos
100	15 minutos
103	7,5 minutos
106	3,7 minutos
109	112 segundos
112	56 segundos
115	28 segundos
118	14 segundos
121	7 segundos
124	3 segundos
127	1 segundo
130-140	menos de 1 segundo
140	NENHUMA EXPOSIÇÃO

A principal exceção ocorre nos Estados Unidos, país que ainda utiliza um nível máximo mais antigo de exposição a ruído, de 90 dBA por um dia de 8 horas, porém o mesmo limite para estabelecer um programa de proteção a audição. A norma da Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional),

Figura 19.4.

Requisitos de proteção da audição e programas de preservação auditiva, por região geográfica.

Figura 19.5.

Níveis e períodos de tempo máximos recomendados de exposição a ruídos.

Cortesia do *noisehelp.com*.

em 29 CFR 1910.95(c)(1), requer uma avaliação da proteção auditiva em 85 dBA com o limite para um programa de preservação auditiva começando com 8 horas de exposição em 90 dBA.

Quase todos os demais países exigem uma avaliação de proteção da audição quando o nível de ruído por 8 horas excede 80 dBA, com programas de preservação auditiva obrigatórios para exposição de 85 dBA e acima disso.

Figura 19.6.
Medidas de proteção auditiva exigidas por regulamentos na União Europeia.

Requisitos da Diretiva 2003/10 da CE sobre ruídos na UE

Medida de proteção auditiva	Nível de diretiva 2003/10 CE
Sinais de aviso afixados em áreas de trabalho	85 dBA
EPI auditivo disponível para trabalhadores	80 dBA
Uso obrigatório de EPI auditivo	85 dBA
Treinamento obrigatório de trabalhadores expostos	80 dBA
Programa obrigatório de redução de ruídos	85 dBA
Nível de proteção obrigatório de EPI auditivo	87 dBA



Europa

De acordo com Brad Witt, autor de *Sound Source: Changes in EU Noise Directive*, a União Europeia estabelece um limite de exposição ao utilizar a proteção auditiva. Esse limite de exposição de 8 horas, definido como 87 dBA, é o nível máximo permitido de exposição a ruídos por dia, levando em conta a atenuação oferecida pelo equipamento de proteção individual (EPI), geralmente consistindo em tampões para ouvidos ou protetores auriculares, utilizados pelo trabalhador. O artigo de Witt também apresenta uma tabela das medidas de proteção obrigatórias em vários níveis de ruído pela diretiva 2003/10 da CE. (Figura 19.6.)



África do Sul

Na África do Sul, a norma atualizada para definição de limites e padrões de impacto de ruídos é a *SANS 10103 Ed. 6 (2008) The Measurement and Rating of Environmental Noise With Respect To Annoyance And To Speech Communication*. Essa norma nacional também é usada por autoridades locais no controle do ruído ambiental.

A lei *The Mine Health and Safety Act 29, de 1996* (como alterada em maio de 2015) na seção 22.9 (2) estabeleceu 85 dBA, (mostrado na Lei como 85 dBL_{Aeq,8h}) como o limite de exposição ocupacional por um dia de trabalho de 8 horas ou uma semana de trabalho de 40 horas. O limite máximo de nível de som é de 135 dBA.

Figura 19.7.
Tabela G-16, Níveis de exposição a ruídos permitidos pela MSHA nos Estados Unidos.

Exposições a ruídos permitidas

Duração por dia, horas	Resposta lenta de dBA de nível do som
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1½	102
1	105
½	110
¼ ≤	115



Estados Unidos

Nos Estados Unidos, o requisito da OSHA no 29 CFR 1910.95 *Occupational noise exposure*, Parágrafo (a) determina:

Deve ser fornecida proteção contra os efeitos da exposição a ruídos quando os níveis de som excederem os mostrados na Tabela G-16, quando medidos na escala A de um medidor de nível de som padrão em resposta lenta. (Figura 19.7.)

Controles de ruído são exigidos em 1910.95(b)(1), como segue:

Quando funcionários forem submetidos a som que exceda os listados na Tabela G-16, deverão ser utilizados controles administrativos ou de engenharia viáveis. Se tais controles não forem eficazes para reduzir os níveis de som nos níveis da Tabela G-16, deverá ser fornecido e utilizado o equipamento de proteção individual para reduzir os níveis de som nos níveis apresentados na tabela.

Em 1910.95(g)(1), os regulamentos da OSHA exigem um programa de teste para “funcionários cujas exposições sejam equivalentes ou superiores a uma média de 8 horas ponderada pelo tempo de 85 decibéis.”

Os requisitos da agência Mine Safety and Health Administration (MSHA, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) para exposição a ruídos são cobertos em 30 CFR 56.5050 – *Exposure limits for noise*, como segue:

- (a) Nenhum funcionário terá permissão para exposição a ruídos acima do especificado na tabela ...
- (b) Quando a exposição do funcionário exceder a listada na tabela... [Figura 19.7.], deverão ser utilizados controles administrativos ou de engenharia viáveis. Se tais controles não forem eficazes para reduzir a exposição nos níveis permitidos, deverá ser fornecido e utilizado o equipamento de proteção individual para reduzir os níveis de som nos níveis da tabela.

A proteção auditiva é recomendada em níveis acima de 85 dBA. Um mineiro está demasiado exposto quando as medições do dosímetro de ruído forem equivalentes ou superiores a 132 %, ou as leituras dos medidores de som excederem 117 dBA. Na determinação da exposição de um mineiro, a MSHA não leva em consideração a atenuação oferecida por nenhuma proteção auditiva utilizada.

Regulamentos da comunidade

Além dos regulamentos nacionais para saúde e segurança, muitas comunidades locais estabelecem níveis de ruído ambiente mais restritivos para reduzir o efeito de ruídos em pessoas que trabalham e vivem perto de instalações industriais, de mineração e portuárias. Em muitos casos, esses regulamentos locais são difíceis de cumprir sem delimitar o equipamento ruidoso ou

Medidas de ruídos do transportador em uma mina de carvão na Turquia

Foi realizado um estudo sobre o ruído industrial relacionado a máquinas nas minas em operação da Tuncbilek Colliery, da Western Lignite Corporation (WLC), na Turquia.. Os resultados desse estudo foram publicados no documento “Occupational Noise in Mines and Its Control—A Case Study,” de C. Sensogut, publicado no Polish Journal of Environmental Studies em 2007.

Todos os níveis de som foram obtidos a 5 metros (≈16,5 pés) do equipamento que estava sendo medido, utilizando um medidor de som digital S1.4 tipo 2 da American National Standards Institute (ANSI).

Entre os equipamentos estudados em relação a ruídos estavam os transportadores de correia da operação. Os níveis de som produzidos pelos transportadores (e outros equipamentos) são apresentados na Tabela 1 do documento (condensados na Tabela mostrada a seguir.

Medições do nível de pressão do som na WLC Tuncbilek Colliery	
Estação	(dBA)
* Principal transportador de correia (além do motor)	83-84
* Ponto de transferência do transportador de correia	78-79
** transportador de correia para escoar carvão de mina	83-84
** Transportador de seleção manual	85-86
* Medições de ruído em poços (minas) subterrâneos da WLC	
* Medições de ruído em usinas de preparação da WLC	

O documento diz “Um exame detalhado ... revela o fato de quase todas as estações, tanto superfície quanto subsuperfícies, das quais as medições foram obtidas, serem fontes indesejadas de ruídos.”

considerar uma tecnologia de transporte alternativo.

Em função da avaliação pessoal e subjetiva do fator altura, queixas de vizinhos com relação a ruídos podem ser difíceis e demoradas de quantificar e solucionar. Locais industriais situados perto de comunidades residenciais podem julgar necessário empregar um gestor ambiental em tempo integral para lidar com reclamações de vizinhos, incluindo a poluição sonora. Essas queixas não só afetam o acolhimento da empresa por parte da comunidade, mas podem também ser a origem de investigações regulatórias, multas e até ações judiciais por privação do sono e/ou lesão auditiva. Como a perda auditiva é considerada uma lesão física permanente, muitas jurisdições a consideram um seguro contra acidentes de trabalho e uma base para que outras pessoas, que não funcionários, apresentem ações cíveis.

Escrevendo em *Environmental Noise and Vibration Impact Assessment for The Proposed Arnot Mooifontein Opencast Expansion Project*, Barend van der Merwe observou o seguinte:

Em termos de aumentos de ruídos, pessoas expostas a um aumento de 2 dBA ou menos não notariam a diferença. Algumas pessoas expostas a aumentos de 3-4 dBA notariam o aumento no nível de ruído, embora o aumento não seja considerado sério. Aumentos de 5 dBA e acima disso são muito perceptíveis e, no caso de incidentes frequentes ou contínuos em natureza, podem representar uma perturbação significativa.

Uma abordagem para regulamentos de desenvolvimento industrial é manter os níveis de ruídos em menos de 5 dBA acima do ruído de fundo ambiente.

Outra abordagem é limitar o total dos níveis de ruídos. Por exemplo, os *Western Australian Environmental Protection (Noise) Regulations 1997* definem limites para períodos diurnos, vespertinos e noturnos.

Os limites de ruídos diurnos, vespertinos e noturnos estabelecidos são de 45 dBA, 40 dBA e 35 dBA respectivamente, conforme medidos nas divisas da instalação.

A realização de uma avaliação de ruídos no local e predições para novos desenvolvimentos pode ser complexa, e geralmente requer uma empresa de engenharia especializada.

Controle de ruídos do transportador

Tendo em vista o risco de vizinhos e outras pessoas, que não funcionários, de serem afetados pelo ruído do transportador, é recomendável envidar esforços para reduzir a criação e a liberação desse ruído.

Como salientado por Steve Morgan em *Applications of Noise Control in the Mining Industry*, existem “três abordagens básicas para proteger o trabalhador individual contra a exposição ao ruído prejudicial.” São elas:

- Controle na fonte para limitar a criação de ruído (ou seja, o uso de componentes mais silenciosos, a substituição de componentes ruidosos).
- Controle ao longo do trajeto para limitar a propagação do ruído (ou seja, posicionamento de paredes ou bloqueios, instalação de isolamentos com absorção de som).
- Controle no receptor do ruído (ou seja, por meio de EPI, ou remoção do trabalhar do ambiente ruidoso).

Em seu trabalho, Morgan prossegue salientando que uma maneira de reduzir o ruído é utilizar equipamentos mais silenciosos:

São dois estágios. O primeiro estágio envolve a seleção e a utilização de máquinas de mineração que sejam o mais silenciosas possível. ... O segundo estágio envolve assegurar que o equipamento tenha boa manutenção do início ao fim. A chave para isso é substituir componentes gastos e seguir boas programações de manutenção.

Roletes com rolamentos gastos aumentam o desequilíbrio e, conseqüentemente, o ruído. Portanto, a substituição pontual de roletes ineficazes constitui uma importante estratégia de controle de ruído.

A atenção à limpeza da correia também é crucial para manter os níveis de ruídos do transportador próximo aos valores de projeto, pois a presença de mais material fugitivo aumenta a probabilidade de desempenho prejudicado do rolamento, o que resultará em aumento do ruído.

Isolar áreas de alto impacto, como pontos de carga do transportador, com almofadas de borracha ou molas de ar, pode ser uma técnica eficaz para reduzir o ruído e prolongar a vida útil do equipamento.

Quando a fonte do ruído em si não puder ser tratada diretamente, pode ser viável interromper o ruído em seu trajeto da fonte até o receptor. Isso pode ser obtido pelo uso de barreiras sonoras, como paredes ou construções que bloqueiem o ruído, ou materiais de absorção de som que reduzam a quantidade de ruído.

O som pode ser direcionado com uma cobertura. van Zyl, no entanto, observa que projetos de coberturas tradicionais são restritos por uma limitação que surge da conexão da cobertura com a estrutura do transportador. (Figura 19.8.) Segundo o autor,

Como ela está intimamente acoplada à principal fonte de ruído, o ruído e a vibração do transportador da estrutura são transferidos para as superfícies amplas da cobertura, atuando como eficientes radiadores de som aéreo.

Ao considerar uma possível melhoria do controle de ruídos oferecido pela carcaça, o primeiro passo seria destacar completamente a carcaça da estrutura de suporte do transportador. Uma cobertura arredondada, por exemplo, ainda pode ser deixada aberta no lado da manutenção, mas deve ser apoiada

em uma estrutura independente. Na parte traseira, o espaço no fundo deve ser reduzido no mínimo necessário para drenagem de água. Quando destacado dessa maneira, o desempenho do controle de ruídos pode ser melhorado pelo revestimento acústico interno da cobertura.

Outro método para controlar o ruído é a construção de barreiras. A barreira sonora pode consistir em um bloqueio, uma parede ou uma combinação dos dois. (Figura 19.9.) Ben van Zyl observa que um bloqueio não possui certas vantagens sobre uma parede vertical no sentido de que “oferece um pequeno grau de absorção. Além disso, a face inclinada no lado do transportador reflete o ruído do transportador para cima, em vez de horizontalmente.”

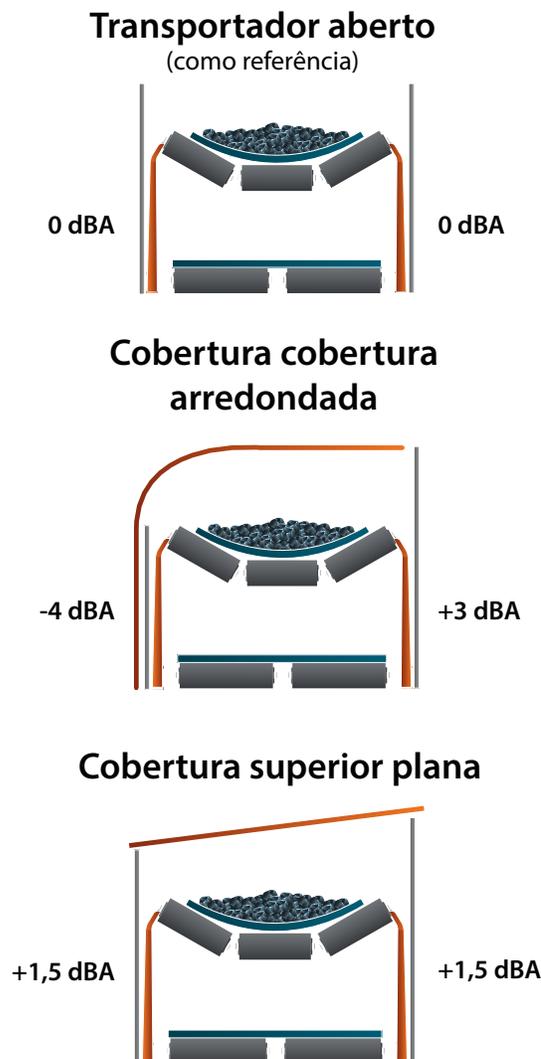


Figura 19.8.

Coberturas de transportadores de vários designs oferecem valores diferentes de redução de ruídos.

(Ilustração após: Overland Conveyor Noise Engineering Tools for Noise Reduction, de Van Zyl.)

MELHORES PRÁTICAS

Redução de ruídos do transportador

O efeito prejudicial do ruído em fatores como audição, saúde, segurança e produtividade de trabalhadores e vizinhos está bem documentado. Proteger trabalhadores e vizinhos contra ruídos excessivos de transportadores é um requisito e justifica-se financeiramente.

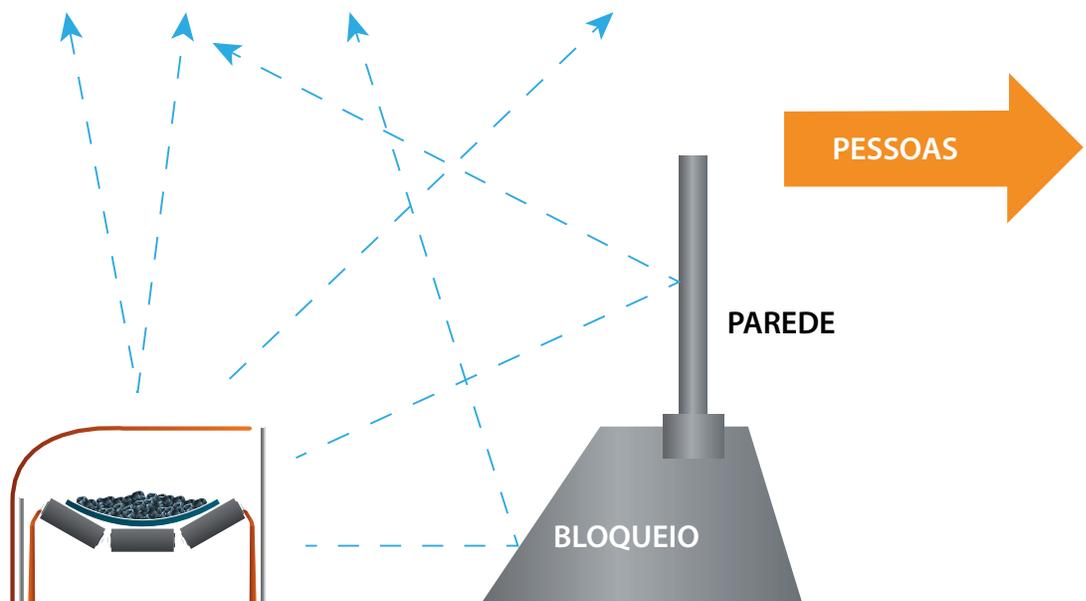
A Gerência deve:

- Utilizar os níveis globalmente aceitos como refletidos na *Diretiva 2003/10/EC da UE* como um guia para definição de políticas e procedimentos de preservação auditiva.
 - Realizar testes audiométricos de todos os trabalhadores, pelo menos a cada três anos, e manter os respectivos resultados no arquivo permanente do funcionário.
 - Realizar estudos abrangentes relacionados a ruídos a cada três anos para identificar novas fontes de ruídos e intensidades em função de modificações em equipamentos ou processos.
 - Limitar tempos de exposição de trabalhadores e providenciar períodos de recuperação.
- Oferecer treinamento proativo sobre os efeitos de ruídos para supervisores e trabalhadores expostos a ruídos, além de proteção auditiva e técnicas de mitigação.
 - Incluir trabalhadores na escolha de EPI de proteção auditiva adequado e esforços de mitigação de ruídos.
 - Cumprir requisitos de limitação de ruídos no local em todas as jurisdições.
 - Incluir requisitos de nível de ruídos máximos nas especificações de projeto do sistema e exigir avaliação de técnicas de isolamento de som e vibração para cumprir regulamentos sobre ruídos.
 - Avaliar o potencial da aba da correia na fase de projeto inicial; utilizar roletes de retorno em V para limitar a aba.
 - Reduzir o ruído dos chutes.
 - o Usar o Método de elementos discretos (do inglês, DEM) em revisões de projeto dos chutes para minimizar o impacto do material a granel.
 - o Usar revestimentos de baixo ruído, como Polietileno de ultra-alto peso molecular (PEUAPM), borracha ou uretano em spray.

Figura 19.9.

Uma parede por cima do bloqueio sobreposta com uma parede pode ser instalada para desviar o ruído do transportador.

(Ilustração após: Overland Conveyor Noise Engineering Tools for Noise Reduction, de Van Zyl.)



Projetistas, proprietários e operadores de transportadores devem considerar as seguintes abordagens para mitigação de ruídos:

- Delimitar a correia do transportador.
 - o Considerar a instalação de cercas de barreira ao lado do transportador.
 - o Usar a topografia ou construir bloqueios para reduzir a propagação do ruído lateral.
 - o Posicionar pontos de transferência dentro das construções.
- Considerar a instalação de transportador(es) de correia sustentados por ar, que geralmente operam 10 to 15 dBA mais silenciosos do que transportadores tradicionais suportados por rolos.
- Usar rolos de transportadores com baixo ruído.
- Reduzir o ruído de liberação de adesivo entre a correia e os rolos. Uma abordagem é exigir o teste de nível de ruídos entre o rolo e a correia como parte de qualquer teste de resistência de recuo de correia/ rolo.
- Considerar a limpeza da correia do transportador por lavagem da correia para reduzir ao mínimo a sujeira e o acúmulo de material de retorno.
- Substituir imediatamente componentes ruidosos, como rolamentos com chiados em roletes.
- Usar sinalizações, tanto sonoras quanto visuais; as sinalizações sonoras devem ser de pelo menos 10 dBA acima do ruído do equipamento de fundo.
- Isolar partes ruidosas do transportador utilizando blocos de borracha ou molas de ar (foles).
 - o Isolar partes do chute onde são usados vibradores para induzir o fluxo.
 - o Isolar a estrutura do transportador em partes de geração de alto ruído, como zonas de impacto, por exemplo.
- Manter roletes e polias do transportador alinhados com padrões da Equipment Manufacturers Association (CEMA).
- Substituir as estruturas dos roletes quando houver desgaste dos encaixes do eixo do rolete.
- Recorrer a prestadores de serviços de manutenção profissionais para manter componentes do transportador que possam gerar, direta ou indiretamente, ruídos excessivos.

CONCLUSÕES

Mantendo o silêncio

Controlar os ruídos de transportadores pode ser difícil, porém existem técnicas de mitigação eficazes, além do EPI do trabalhador, para reduzir os ruídos. Como constatado por Steve Morgan no artigo para a web “Noise Control Applications in the Mining Industry,” a melhor proteção contra perda auditiva causada por ruídos “resulta de um programa abrangente de controle de ruídos que trata o ruído na fonte, interrompe-o em seu trajeto e protege receptores em relação a seu impacto.” Esse programa de três partes pode certamente ser aplicado ao ruído dos transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel.





Capítulo 20 Sinalização

INTRODUÇÃO	303
Sinais e etiquetas de aviso.....	307
Fitas de advertência e etiquetas de aviso	307
A psicologia da sinalização de segurança	308
As diferenças entre as normas	310
REGULAMENTOS E NORMAS.....	311
Fabricante ou proprietário: quem é o responsável?.....	314
MELHORES PRÁTICAS	314
CONCLUSÕES	316

INTRODUÇÃO

A necessidade da sinalização

Transportadores, como a maioria das máquinas, oferecem riscos que por vezes não são óbvios ou que mudam devido a alterações nos parâmetros operacionais, condições meteorológicas ou processos de maneira geral. A localização de um transportador pode criar riscos potenciais, como acesso restrito à saídas de emergência, quedas de alturas ou atmosferas perigosas. Muitas situações potencialmente perigosas não podem ser controladas facilmente com proteções, equipamentos de proteção individual (EPIs), ou procedimentos de trabalho; a sinalização oferece uma maneira testada e aprovada de avisar e, assim, aumentar a segurança. Os sinais servem como lembretes, ajudam a identificar os equipamentos de segurança, orientam as pessoas para saídas seguras e ajudam a comunicar as políticas de segurança e proteção.

As normas de sinalização de aviso do ANSI (American National Standards Institute, Instituto Norte-americano de Padrões) e

da ISO (International Organization for Standardization, Organização Internacional para Padronização) oferecem importantes orientações, portanto, não é a intenção desta seção fornecer recomendações detalhadas sobre a elaboração das sinalizações. Em vez disso, esta seção oferece uma visão geral dos sinais, rótulos e etiquetas de aviso e indicação, coletivamente designados por sinalização, pois eles estão relacionados aos riscos associados a transportadores para o manuseio de materiais a granel.

Para ser eficaz, a sinalização deve ser utilizada em combinação com outras ferramentas de segurança, como treinamentos e proteções.

Problemas com a sinalização

A sinalização de segurança pode proporcionar a redução de alguns riscos relacionados a operações industriais. No entanto, é preciso ressaltar que esses avisos, da mesma maneira que as EPIs não atenuam a presença do perigo.

Geralmente, etiquetas e sinais de aviso são eficazes se forem respeitados. É óbvio, porém, que essa é uma grande variável. Um dos problemas é a tendência de familiarização com os sinais como informações em segundo plano e, assim, a sinalização perde seu efeito com o tempo, devido a um fenômeno denominado "fadiga de alerta". Muitas vezes, há avisos conflitantes e em grande quantidade, em espaços relativamente pequenos, o que contribui para a fadiga de alerta e para a tendência de ignorar os avisos.

Outro problema comum no setor de mineração e em locais de trabalho em ambientes industriais é a falta de iluminação adequada para perceber e ler as etiquetas e sinais de aviso.

Além disso, a substituição de sinais de aviso desgastados ou danificados e a limpeza ou remoção de obstruções geralmente são tarefas de baixa prioridade para a fábrica e, assim, ao longo do tempo, os avisos ficam ilegíveis. (Figura 20.1.)

É responsabilidade do usuário final (o proprietário/gestor da fábrica) manter os sinais limpos e visíveis. Sinais e etiquetas de equipamentos desgastados, danificados ou ilegíveis devem ser substituídos, incluindo as etiquetas fornecidas por terceiros em componentes individuais.

Convém observar que, conforme envelhecem, as pessoas têm sua capacidade de distinção de cores reduzida; conseqüentemente, a utilidade da cor em um aviso perde impacto.

Todas essas questões contribuem para diminuir a eficácia das etiquetas e sinais de aviso.

Os sinais podem ser moderadamente eficazes na redução de acidentes e lesões, e se tornaram uma ferramenta de reconhecimento de riscos comum. Os trabalhadores se tornam demasiadamente acostumados a eles, complacentes em relação ao conteúdo ou, até mesmo, passam a ignorá-los deliberadamente. A sinalização apenas não é suficiente para reduzir o perigo ou controlar o risco e, portanto, tem eficácia limitada como um método de controle de riscos. (Figura 20.2.) Sinais devem ser usados em conjunto com outros controles.

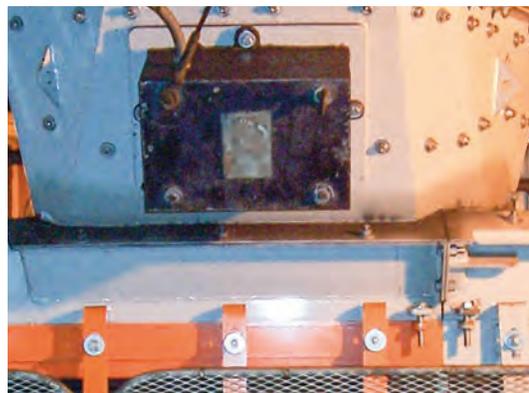


Figura 20.1.

Com o tempo, os sinais podem se tornar ilegíveis devido a obstruções ou ao acúmulo de sujeira.



Figura 20.2.

Como um ponto intermediário na hierarquia dos métodos de controle, a sinalização tem eficácia limitada no aprimoramento da segurança.

Conformidade da sinalização

Quando uma empresa vende produtos mundialmente, seu objetivo, por uma questão de simplicidade, seria ter um sistema de sinalização padronizado. Para empresas que operam apenas em nível nacional, a conformidade com esses regulamentos nacionais e regionais será suficiente. Mas essa pode não ser a melhor prática para sinalizações. Portanto, a busca por padronizar

sinais de segurança é mais complexa do que a simples necessidade da segurança.

Os sinais são concebidos e utilizados de várias formas. Sinalizações de segurança modernas transmitem a natureza do perigo, a consequência da interação com o perigo e a forma de evitá-lo. Infelizmente, os sinais, como a maioria das normas de segurança, não são harmonizados, tornando a conformidade mundial com as normas algo mais complexo

Programa de etiquetas de segurança da CEMA

Em uma iniciativa para promover a padronização e a segurança no setor de transportadores, a CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores) desenvolveu uma série de etiquetas de segurança.

As etiquetas de segurança padronizadas da CEMA, e a literatura associada, são voltadas para os riscos típicos encontrados ao usar equipamentos de transportadores. (Etiquetas mostradas a seguir.) As etiquetas da CEMA estão em conformidade com as normas de alertas de segurança *ANSI Z535*.

Como o site da CEMA observa em suas Orientações para a fixação de etiquetas de segurança:

O programa de etiquetas e fixação foi concebido como um guia facultativo e deve ser incorporado a um programa de segurança abrangente pelos usuários de transportadores e equipamentos relacionados, como parte de suas iniciativas para evitar ferimentos.

As etiquetas de segurança (adesivas) da CEMA foram projetadas com três componentes: um Alerta (Perigo/Aviso/Advertência), um Recurso gráfico (uma representação não verbal da conduta que deve ser evitada) e uma Mensagem (as palavras usadas para reforçar a mensagem veiculada pelo alerta e o recurso gráfico).

As etiquetas e as orientações sobre a fixação foram desenvolvidas pelo CEMA Safety Committee (Comitê de Segurança da CEMA) para fornecer orientações para a seleção e fixação de etiquetas de segurança, para uso em transportadores e equipamentos de manuseio de materiais relacionados, a fim de ajudar na prevenção de acidentes.

Embora o programa de etiquetas aborde muitas classes de transportadores, a CEMA identificou as etiquetas pertinentes a transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel, bem como os acessórios usados nos transportadores para o manuseio de materiais a granel (mostradas à direita), e identificou os locais ideais para a fixação das etiquetas. (Etiquetas mostradas na extremidade direita).



do que o necessário. As normas *ANSI Z535* e *ISO 3864* são as duas normas mais comuns de aplicadas à sinalização de segurança para transportadores. Existem muitas outras normas, como a *CSA Z321* do Canadá ou a *AS1319-1994* da Austrália. No Brasil, consulte ABNT NBR 13434-2.

As normas de sinalização dos órgãos ISO e ANSI têm como base pesquisas sobre o comportamento humano e níveis de severidade

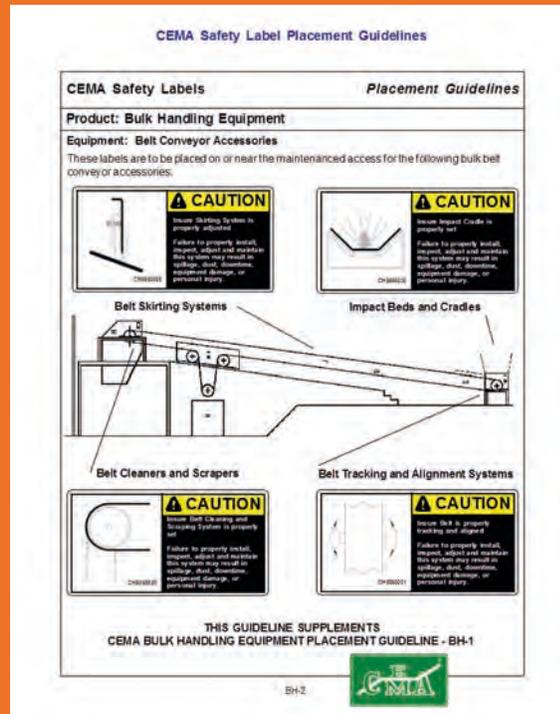
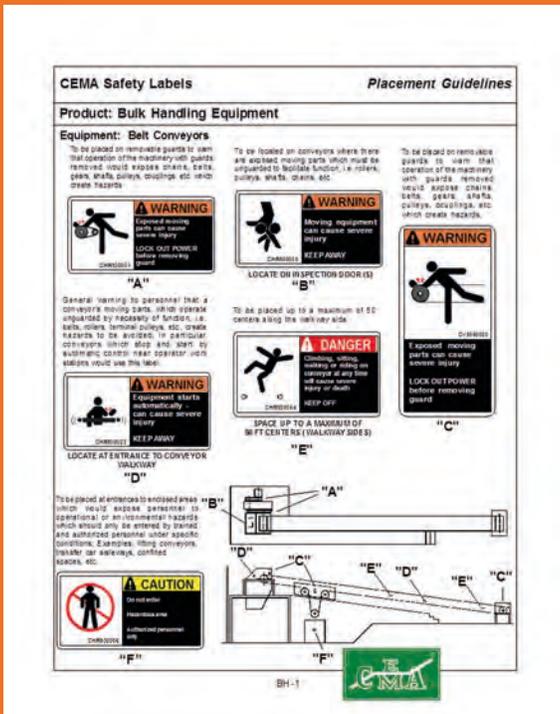
de riscos padronizados. A ISO, para reduzir a dependência de conhecimentos linguísticos, recorre a recursos gráficos em formatos e cores padronizados, que indicam atenção ao PERIGO, ações PROIBIDAS e requisitos OBRIGATÓRIOS. O ANSI combina o risco e a gravidade do aviso de perigo com recursos gráficos e descrições por escrito, usando palavras-chave em ordem decrescente de risco: *PERIGO*, *AVISO* e *ADVERTÊNCIA*, com esquemas de cores definidos.

As **Orientações para a fixação de etiquetas de segurança** estão presentes na página 36 do livro *Safety Label Brochure* (Livreto nº. 201 da CEMA), disponível para compra no site cemanet.org/cemastore.com.

O site da CEMA também observa que "Se qualquer etiqueta de segurança fornecida pelo fabricante de um equipamento se tornar ilegível, por qualquer motivo, o **USUÁRIO** do equipamento será, então, responsável pela substituição e fixação das etiquetas de segurança".

As etiquetas de segurança da CEMA não são protegidas por direitos autorais intencionalmente, para que os usuários possam utilizar os recursos gráficos e traduzir o texto de acordo com seus usos específicos.

As etiquetas são disponibilizadas em inglês, em versões regulares (para áreas internas) e para serviços pesados (para áreas externas), em rolos de 250. As etiquetas de segurança e as publicações relacionadas podem ser obtidas em www.cemanet.org.



Sinais e etiquetas de aviso

Os órgãos ANSI e ISO aceitam diversas opções de layouts para sinais e etiquetas de segurança. Os layouts compatíveis com as normas do ANSI mais comumente usados são mostrados no quadro **Programa de etiquetas de segurança da CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores)**. As etiquetas geralmente têm formato similar ao dos sinais, porém, com dimensões adequadas para o espaço disponível para a fixação.

Um requisito é que a etiqueta ou sinal de aviso seja visível a uma distância suficiente para permitir que o trabalhador leia a sinalização e evite o perigo. Então, é evidente que essa distância de visualização influenciará o tamanho dos caracteres e do sinal ou etiqueta de maneira geral.

Além disso, a composição de qualquer sinal de segurança deve ser concisa e de fácil leitura. A norma *ANSI Z535.2* fornece orientações sobre o tamanho adequado dos caracteres sob condições favoráveis e desfavoráveis para a leitura. Distâncias mínimas de segurança são especificadas: elas representam a distância a

que o trabalhador pode estar da sinalização para que ainda tenha tempo de obedecer à mensagem do sinal e, assim, evitar o perigo. A norma também especifica que as palavras presentes no sinal, Perigo, Aviso e Advertência, devem ser pelo menos 50% maiores do que a altura de um caractere maiúsculo da mensagem.

Os sinais e etiquetas de aviso geralmente são utilizados de acordo com a teoria de que o fabricante e o proprietário do equipamento têm o "dever" de avisar aos funcionários e prestadores de serviço sobre os riscos e o potencial de danos do equipamento. Etiquetas de segurança genéricas são disponibilizadas por diversos estabelecimentos de suprimentos de segurança; etiquetas de segurança especificamente concebidas para transportadores podem ser obtidas junto à CEMA.

Fitas de advertência e etiquetas de aviso

Etiquetas de segurança, como, por exemplo, aquelas utilizadas no bloqueio/etiquetagem, devem ser específicas, de acordo com o perigo ou aviso fornecido. Etiquetas e avisos de segurança, como aquelas utilizadas para identificar um rolete defeituoso que requer manutenção, devem ser consistentes com os esquemas de cores das normas ANSI ou ISO em uso na fábrica, mas podem ter designs variados, dependendo do equipamento e do risco que deve ser identificado.

Entretanto, apenas um formato de etiqueta para cada risco ou aviso específico deve ser usado em toda a fábrica.

Fita de advertência/isolamento

Fitas de isolamento podem ter cor vermelha, laranja ou amarela, contendo as palavras-chave PERIGO, AVISO ou ADVERTÊNCIA, respectivamente, conforme adequado de acordo com o tipo e a iminência do risco potencial envolvido. Normalmente, a palavra-chave é de cor preta.

Figura 20.3.

Etiquetas são utilizadas como uma forma de proteger os trabalhadores expostos a riscos temporários.



Fitas de advertência/isolamento não devem ser utilizadas como um mecanismo permanente de aviso. Essas fitas são destinadas ao uso sob condições temporárias, como para bloquear um local de trabalho ativo ou identificar um risco que será corrigido em breve. Sendo assim, os materiais utilizados nas fitas de advertência/isolamento não são destinados à exposição prolongada às intempéries ou a ambientes industriais. Fitas de isolamento são facilmente danificadas e, como outras mensagens de aviso de segurança, devem ser substituídas caso fiquem ilegíveis, sujas ou caso sejam rompidas.

Etiquetas de aviso

As etiquetas devem ser utilizadas como um meio de evitar ferimentos ou danos acidentais aos trabalhadores expostos a condições, equipamentos ou operações perigosas, ou potencialmente perigosas, que sejam extraordinárias, inesperadas ou não imediatamente identificáveis. (Figura 20.3.) As etiquetas só devem ser utilizadas para riscos temporários. Elas devem estar devidamente posicionadas até que o perigo identificado seja eliminado ou que a operação de risco seja concluída. As etiquetas não precisam ser usadas onde sinais, proteções ou outros meios ativos de proteção são utilizados.

As etiquetas geralmente são concebidas de acordo com a norma usada para sinais de aviso de segurança, levando em consideração suas dimensões tipicamente reduzidas e a necessidade de contar com um espaço para informações escritas à mão. Em geral, a etiqueta conta com alguma forma de fixação temporária, como um fio ou corda.

Conforme especificado pela regulamentação 29 CFR 1910.145(f)(4)(ii) da OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional), e de acordo com o entendimento do texto presente na revisão 2016 da norma ANSI Z535.5, a palavra-chave, isto é, PERIGO, ADVERTÊNCIA ou RISCO BIOLÓGICO, em uma etiqueta deve ser "legível a uma distância de cinco pés

(≈1,52 m)". Evidentemente, a etiqueta propriamente dita deverá estar visível pelo menos a essa distância.

As etiquetas são comumente usadas como uma identificação para o cadeado de bloqueio/etiquetagem de um trabalhador, ao mesmo tempo fornecendo informações sobre a natureza do trabalho sendo executado e o nome e as informações de contato do trabalhador.

A psicologia da sinalização de segurança

Infelizmente, os avisos geralmente não mudam o comportamento das pessoas. Os avisos acabam passando despercebidos ou, como vem ocorrendo cada vez mais, o aviso é visto, mas é ignorado. (Figura 20.4.)

Os mesmos fatores comportamentais que levam os trabalhadores a tomar uma decisão que resulta em um ato inseguro também se aplicam ao trabalhador que acata (ou ignora) a sinalização de segurança. Como Marc Green aponta em "The Psychology of Warnings", artigo publicado em *Visualexpert.com*:

O que importa é a percepção dos riscos, perigos, controles e normas, e não os riscos, perigos, controles e normas reais. Isso pode parecer óbvio, mas vale ser dito explicitamente, pois muitos profissionais que concebem os avisos são engenheiros. É pouco provável que eles considerarem modelos mentais ou conceitos psicológicos.



Figura 20.4.

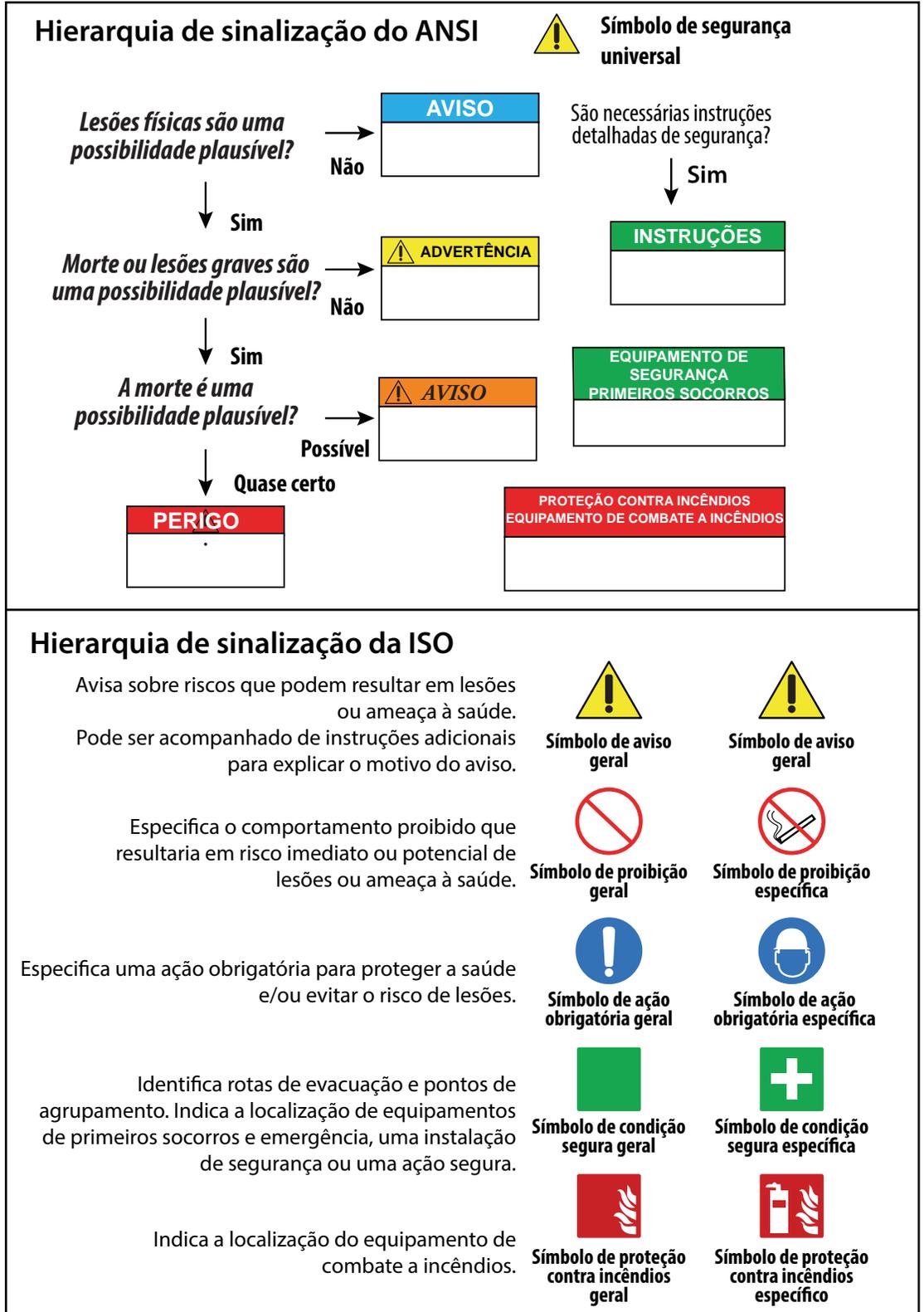
Conforme os sinais se tornam familiares, os avisos podem passar despercebidos ou podem ser ignorados.

Em primeiro lugar, o trabalhador que vê um sinal deve decidir se irá obedecê-lo ou não. A decisão é influenciada pela compreensão geral do trabalhador (ou incompreensão) do funcionamento do mundo em relação à tarefa em questão.

Em segundo lugar, o trabalhador geralmente tem uma percepção do risco baseada na experiência, que pode ou não ser precisa.

Por último, o trabalhador inicia a tarefa com um objetivo e uma estratégia para alcançar esse objetivo. O objetivo pode ser específico,

Figura 20.5.
Os requisitos dos programas de sinalização do ANSI e da ISO são comparados.



"Quero concluir o trabalho o mais rápido possível", ou mais difuso, "Quero garantir que a pane não aconteça novamente".

Se o aviso indicar ao trabalhador que o comportamento que permitiria que a meta fosse alcançada de forma fácil e direta deve ser evitado, então o trabalhador que lê o sinal fará uma análise de custo-benefício.

Ao fazer essa análise, o trabalhador deve, então, considerar o perigo e o risco. Se o trabalhador acreditar que há um grave perigo, então haverá um benefício maior em respeitar o sinal de aviso. Por outro lado, a percepção de um perigo reduzido significa pouco benefício na conformidade e, assim, o respeito ao aviso será reduzido.

Green oferece uma visão geral para resumir a psicologia dos sinais de aviso:

Em resumo, as pessoas que visualizam os avisos usam um modelo mental para realizar uma análise de custo-benefício. Os três principais componentes do processo são 1) custo da conformidade 2) percepção do nível de perigo e 3) fatores de tomada de decisão pessoais, sociais e culturais.

As diferenças entre as normas

As normas ISO recorrem de forma mais significativa aos avisos com recursos gráficos do que as normas ANSI. Na verdade, os avisos da ISO podem ser exclusivamente gráficos. Por outro lado, a norma ANSI orienta que uma palavra-chave e um quadro de mensagem forneçam as informações necessárias para o usuário do produto. (Figura 20.5.)

Deve-se observar que os sistemas de avisos ANSI e ISO têm força de lei. As diferenças entre essas duas abordagens podem causar possíveis problemas de segurança e processos judiciais potenciais. Se um fabricante que adere à norma ISO exporta seus produtos para os Estados Unidos, esse fabricante corre o risco de ser responsabilizado com base na deficiência do aviso. A responsabilidade decorre da "falha

do aviso" do fabricante de acordo com as normas relevantes dos Estados Unidos.

Além disso, os objetivos dos dois sistemas, embora similares, não são exatamente os mesmos, de acordo com um artigo do ano de 2011, "Conflicting Issues Regarding Warning Labels May Be Hazardous to Your Company's Health", escrito por Jonathan R. Cooper e Arun J. Kottha e publicado em *In-House Defense Quarterly*, uma publicação para advogados empresariais. Para Cooper e Kottha, o objetivo das normas ISO é "alertar as pessoas para um risco específico e identificar como o risco pode ser evitado", enquanto os objetivos das normas ANSI são:

- (1) estabelecer um layout visual uniforme e consistente para os sinais e etiquetas de segurança aplicados a diversos produtos;
- (2) minimizar a proliferação de designs e modelos de sinais e etiquetas de segurança para produtos; e
- (3) estabelecer um sistema nacional uniforme para o reconhecimento de riscos potenciais de lesões para as pessoas que utilizam os produtos.

O sistema ISO está menos preocupado com as variações e mais preocupado com a adaptação das etiquetas de segurança a situações específicas. Por outro lado, as normas ANSI têm uma preocupação maior com um sistema padronizado. Como observado por Cooper e Kottha:

A teoria do ANSI é a de que (...) os trabalhadores estarão mais seguros porque estarão condicionados a reagir às mesmas palavras-chave e estilos de avisos, e ficarão atentos aos avisos sempre que forem expostos a eles. ...

É possível harmonizar as normas ISO e ANSI em uma única etiqueta "híbrida". Uma etiqueta de aviso ISO-ANSI híbrida teria uma imagem ISO acompanhada de um quadro de mensagem e a palavra-chave compatíveis com a norma ANSI. Isso, supostamente,

satisfaria os requisitos visuais da ISO e forneceria o texto exigido pelo ANSI.

Porém, Cooper e Kottha continuam, "Essa solução não é perfeita".

O sistema ISO não requer nenhum comando verbal. Se um texto for incluído, a ISO não fornece nenhuma orientação sobre a linguagem que deve ser utilizada. Os esquemas de cores especificados são ligeiramente diferentes. No entanto, a etiqueta híbrida fica muito próxima de uma conformidade total com ambos os padrões.

A **Figura 20.6** mostra abordagens gráficas de várias normas para sinais de segurança que indicam o uso obrigatório de capacetes. A norma ANSI Z535 permite o uso de representações gráficas em outras normas (como a *ISO 3864*, nesse caso). O tipo de sinalização híbrida indicada na norma *ANSI Z535*, mostrada na **Figura 20.6**, é uma abordagem para empresas multinacionais que tentam padronizar a sinalização de segurança em suas instalações.

Figura 20.6

Esses recursos gráficos representam "Necessário o uso de capacete" em diversas normas nacionais.



REGULAMENTOS E NORMAS

Um grande conjunto de normas existentes fornece recomendações facultativas em relação à utilização e à concepção de informações de segurança. Essas normas foram desenvolvidas por grupos e órgão multilaterais. Órgãos encarregados da emissão de normas representam órgãos internacionais, como as Nações Unidas, a Comunidade Econômica Europeia (EURONORM da CEE), a International Organization for Standardization (ISO) e a IEC (International Electrotechnical Commission, Comissão Eletrotécnica Internacional); e grupos nacionais, como o American National Standards Institute (ANSI), o BSI (British Standards Institute, Instituto Britânico de Padrões), a CSA (Canadian Standards Association, Associação Canadense de Padrões), o DIN (German Institute for Normalization, Instituto Alemão de Padrões) e o JISC (Japanese Industrial Standards Committee, Comitê Japonês de Padrões Industriais).

Entre as normas de consenso, aquelas desenvolvidas pelo ANSI nos Estados Unidos são de especial importância. Desde meados da década de 1980, cinco novas normas ANSI voltadas para sinais e etiquetas de segurança foram desenvolvidas, e uma importante norma foi revisada. As novas normas são:

- *ANSI Z535.1 Safety Colors*
- *ANSI Z535.2 Environmental and Facility Safety Signs*
- *ANSI Z535.3 Criteria for Safety Symbols*
- *ANSI Z535.4 Product Safety Signs and Labels*
- *ANSI Z535.5 Safety Tags and Barricade Tapes (for Temporary Hazards)*

Embora haja muitos sistemas de aviso, a série de normas *ANSI Z535* parece ser aquela que é mais comumente seguida. O esquema de cores da norma *ANSI Z535.1* também parece ser o mais comum e adequado às indicações para transportadores. (**Figura 20.7.**)



Austrália

A norma australiana que abrange os sinais de segurança é a *AS1319-1994 Safety Signs for the Occupational Environment*. Para estar em conformidade com a norma *AS1319*, o site *australiansafety signs.net.au* recomenda:

Os sinais de segurança são classificados e devem ser utilizados de acordo com sua função, como a seguir:

Sinalização regulatória

Sinalizações contendo instruções cujo descumprimento constitua uma infração perante a lei, ou uma violação de ordens permanentes, procedimentos de segurança ou outras instruções, dependendo do tipo de controle imposto no local de trabalho. Elas estão subdivididas da seguinte maneira:

(i) Sinais de proibição

Indicam que uma ação ou atividade não é permitida.

(ii) Sinais obrigatórios

Indicam que instruções devem ser seguidas.

(iii) Sinais de limitação ou restrição

Impõem um limite numérico ou outro limite definido a uma atividade ou utilização de uma instalação.

Sinalização de perigo

Sinais que informam sobre riscos. Elas estão subdivididas da seguinte maneira:

(i) Sinais de PERIGO

Avisam sobre um risco específico ou condição perigosa com possibilidade de representar uma ameaça à vida. [Esta categoria de sinal deve ser usada APENAS se houver a probabilidade de morte caso a mensagem seja ignorada.]

(ii) Sinais de AVISO

Avisam sobre um risco ou condição perigosa sem possibilidade de representar uma ameaça à vida.

Cores de segurança	Palavra-chave	Significado
	PERIGO	Indica uma situação de perigo iminente que, se não for evitada, resultará em morte ou ferimentos graves. O uso dessa palavra-chave deve ser limitado às situações mais extremas.
	AVISO	Indica uma situação potencialmente perigosa que, se não for evitada, pode resultar em morte ou ferimentos graves.
	ADVERTÊNCIA	Indica uma situação potencialmente perigosa que, se não for evitada, pode resultar em lesões leves ou moderadas. Também pode ser usada para alertar sobre práticas inseguras.
	AVISO	Indica uma declaração da política da empresa direta ou indiretamente relacionada à segurança da equipe ou à proteção da propriedade.
	GERAL	Indica instruções gerais relativas a práticas seguras de trabalho, lembretes sobre os procedimentos de segurança adequados e localização dos equipamentos de segurança.
	INCÊNDIO	Indica a localização do equipamento de emergência para o combate a incêndios.
	DIRECIONAL	As combinações das cores de segurança preta e branca ou amarela são usadas para designar indicações de trânsito ou limpeza.
	ESPECIAL	

Figura 20.7.

O esquema de cores especificado na norma ANSI Z535.1 parece ser o mais comum e adequado às indicações para transportadores.

*OBSERVAÇÃO: O termo advertência, usado em edições anteriores da presente norma, agora foi substituído pelo termo aviso.

A norma *AS 1319* também aborda sinalizações com informações de emergência e sinalizações de incêndio. Esses dois tipos indicam a localização, ou rotas para instalações relacionadas a emergências, como saídas, equipamentos de segurança ou instalações de primeiros socorros, ou alarmes de incêndio e equipamentos de combate a incêndios, respectivamente.

Na seção 4.2.3 Sinalizações regulatórias e de perigo, a norma *AS 1319 Safety Signs for the Occupational Environment* discute o posicionamento dos sinais. A norma observa que a sinalização deve ser fixada de forma que, após visualizar o sinal, uma pessoa tenha tempo suficiente para reagir.



Canadá

No Canadá, a norma *CAN/CSA Z321-96 Signs and Symbols for the Workplace* não é mais obrigatória, mas ainda é amplamente usada.



Europa

Originalmente publicada em 1992, a *Diretiva 92/58/CEE - sinalização de segurança e/ou de saúde* da União Europeia especifica os requisitos para a disponibilização de sinais de segurança e/ou de saúde no trabalho. Os anexos da diretiva fornecem informações detalhadas sobre os requisitos mínimos para todas as sinalizações de segurança e saúde.

No Reino Unido, o Health and Safety Executive (Departamento de Saúde e Segurança) oferece a publicação *Safety signs and signals*, um guia contendo "orientações práticas sobre como satisfazer aos regulamentos *Health and Safety (Safety Signs and Signals) Regulations 1996*". Estes regulamentos:

... implementam a Diretiva 92/58/CEE do Conselho Europeu, relativa às

exigências mínimas para a sinalizações de segurança no trabalho. Elas exigem que os empregadores forneçam sinais de segurança caso outros métodos, adequadamente considerados, não possam abordar satisfatoriamente determinados riscos e caso o uso de sinalização possa reduzir ainda mais o risco.

A norma que atende à diretiva é a versão mais atual da série de normas *ISO 3864*, que especificam os requisitos de design, incluindo formas e cores, para os sinais de segurança.



África do Sul

Na África do Sul, de acordo com a página "Safe-T-Sign at the workplace" do site *Foresightpublication.co.za*, "O uso de formas geométricas, cores e símbolos gráficos, em conformidade com a norma *SANS 1186-1*, atende aos requisitos, transmitindo mensagens de segurança rapidamente".



Estados Unidos

A norma ANSI tem seis partes distintas:

- *ANSI Z535.1-2011 - Safety Colors*
Fornece padrões de cores e tolerâncias, bem como definições técnicas.
- *ANSI Z535.2-2011 - Environmental and Facility Safety Signs*
Descreve os cinco tipos de sinalizações de segurança utilizadas em instalações, e descreve a sua utilização para um reforço consistente e para a prevenção de ferimentos.
- *ANSI Z535.3-2011 - Criteria for Safety Symbols*
Lista os critérios para a utilização de símbolos de segurança para identificar riscos específicos e ajudar as pessoas a evitar ferimentos.
- *ANSI Z535.4-2011 - Product Safety Signs and Labels*

Define critérios de design para a utilização de sinais de segurança em produtos.

- *ANSI Z535.5-2011 - Safety Tags and Barricade Tapes (for Temporary Hazards)*

Fornecer critérios de design, aplicação e utilização de fitas de isolamento, etiquetas e outros meios de identificação de riscos temporários.

- *ANSI Z535.6-2011 - Product Safety Information in Product Manuals, Instructions, and Other Collateral Materials*

Fornecer informações para transmitir instruções de segurança claras e eficazes, como manuais do proprietário, instruções de montagem, guias do usuário e instruções de manutenção.

Nos Estados Unidos, os regulamentos da OSHA são definidos na norma *CFR 29, seção 1910.145*. Esses regulamentos exigem a utilização de sinais de segurança para indicar e definir riscos específicos que, sem identificação, podem levar a lesões acidentais para os trabalhadores e/ou público ou a danos patrimoniais.

A OSHA também regula o design da sinalização propriamente dita. Os sinais devem ter cantos arredondados ou sem pontas e não podem ter bordas afiadas ou projeções. Vermelho, preto e branco são as cores designadas para sinais de perigo. Sinais de advertência têm fundo na cor amarela, e o quadro é preto com caracteres em amarelo. O texto usado no fundo amarelo deve ser de cor preta. A OSHA exige que a formulação das sinalizações de segurança indique ações positivas, em vez de negativas, e que seja concisa e fácil de ler.

Fabricante ou proprietário: quem é o responsável?

É responsabilidade do fabricante ou dos integradores fornecer avisos sobre perigos previsíveis, na medida do possível, de acordo com o uso esperado e ao qual são destinados os equipamentos ou sistemas fornecidos.

Os avisos são oferecidos na forma de manuais de instruções e sinalização. É responsabilidade do usuário fornecer treinamento relativo à utilização segura do equipamento, com base nos materiais fornecidos, e no uso específico do equipamento ou sistema no local. É responsabilidade do usuário substituir sinalizações ausentes, desgastadas, ou ilegíveis. (**Figura 20.8.**)

Transportadores normalmente são construídos e instalados para uso prolongado. Durante o período entre a data do projeto e o uso atual, as normas aplicáveis poderão sofrer mudanças. Caso o equipamento tenha sido reaproveitado ou adquirido usado, a linha de responsabilidade sobre os avisos adequados fica menos clara, e o usuário não deve presumir que o equipamento conta com recursos de segurança ou sinalização adequada. A maior parte dos fabricantes e integradores oferecem assistência para treinamentos, sinalização para reposição e avaliações de segurança de seus equipamentos mediante solicitação.

MELHORES PRÁTICAS

O material de melhores práticas a seguir foi retirado da publicação "7 Steps for Effective Safety Signage", de Paul Lawton, disponível em ehsdailyadvisor.blr.com, e do guia *New OSHA/ANSI Safety Sign Systems for Today's Workplaces: A Clarion Implementation Guide from Clarion Safety Systems*.

- Identifique todos os riscos:
 - o Identifique todos os riscos potenciais em todas as partes de suas instalações.



Figura 20.8.

É responsabilidade do usuário substituir sinalizações ausentes, desgastadas, ou ilegíveis.

- o Identifique riscos extraordinários, inesperados ou que não sejam imediatamente identificáveis.
- Selecione ou projete sinais de segurança, [etiquetas] e rótulos adequados:
 - o Sinais e etiquetas também devem ter formato coerente por toda a fábrica.
- Assegure composição, recursos gráficos e cores adequados:
 - o Utilize as normas ANSI ou ISO para selecionar e/ou projetar sinais e etiquetas de segurança.
- Posicione a sinalização cuidadosamente:
 - o Os sinais devem ser facilmente visíveis e legíveis à distância. Eles devem ser posicionados de maneira a chamar o máximo de atenção para os riscos existentes.
 - o Os sinais devem ser fixados em locais para que os trabalhadores tenham tempo suficiente para evitar o perigo.
 - o Para fixação em locais altos (por exemplo, sinais de localização de equipamentos de incêndio e segurança, sinais de SAÍDA fixados no alto), posicione a sinalização a pelo menos 78 pol. [≈2 m] acima da altura do pavimento.
 - o Para fixação em alturas médias, normalmente, a parte central do sinal deve ser posicionada entre 45 pol. [≈1,150 mm] e 66 pol. [≈1,675 mm] acima da altura do pavimento.
 - o Para fixação em alturas baixas, por exemplo, para sinais que marcam o caminho da saída, o parte superior do sinal deve estar posicionada a não mais do que 18 pol. [≈450 mm] acima da altura do pavimento, para que o sinal possa ser visualizado sob condições onde haja fumaça.
- Identifique os equipamentos de segurança e os equipamentos de proteção contra incêndios:
 - o Identifique todos os equipamentos de segurança, como estações para a lavagem dos olhos e chuveiros de emergência.
 - o Identifique todos os equipamentos de combate a incêndios.
- Use as etiquetas de forma adequada e eficaz:
 - o Use as etiquetas como um meio de identificar condições, equipamentos ou operações temporária ou potencialmente perigosas.
 - o Remova as etiquetas quando o perigo identificado for eliminado, ou quando a operação de risco for concluída.
 - o As etiquetas devem ser legíveis a uma distância mínima de 5 pés [≈1,5 m] ou a distâncias maiores, em casos justificáveis devido ao risco.

Além disso, é importante manter o programa de sinalização:

- Fixando nova sinalização sempre que novos riscos forem apresentados.
- Inspeccionando anualmente, substituindo e limpando todos os sinais de aviso.
- Transferindo os sinais ao fazer modificações ou alterações que afetem a visibilidade, ou a utilidade dos sinais existentes.
- Transferindo os sinais quando os equipamentos ou materiais que representam um risco forem movidos.

CONCLUSÕES

Sinal dos tempos

Quando adequadamente projetados e fixados, os sinais fornecem avisos às pessoas, ilustram a gravidade potencial de não respeitar o aviso e oferecem instruções sobre como evitar os perigos. (Figura 20.9.)

Marc Green conclui seu artigo "The Psychology of Warnings", no site *visualexpert.com*, com este pensamento:

A criação eficaz de avisos é muito mais do que a mera escolha da cor, do tamanho, da localização, da fonte ou mesmo da mensagem certa. É fundamental compreender o que a pessoa que visualiza está tentando alcançar e como o aviso afeta a realização desse objetivo. Em seguida, o projetista deve considerar os prováveis cálculos de custo-benefício do observador. Por último, o projetista deve considerar a experiência e o conhecimento do observador, e como ele se encaixa no mundo social.

A atenção à um programa de sinalização é uma indicação direta da cultura de segurança de uma operação. Manter a sinalização limpa, conservada e atualizada é uma maneira de mostrar que a segurança é importante. ⚠



Figura 20.9.

Quando adequadamente instaladas e mantidas, as sinalizações oferecem um valioso benefício ao programa de segurança de uma operação.



Capítulo 21 **Segurança dos sistemas elétricos ao se trabalhar trabalhar com transportadores**

INTRODUÇÃO 317

O transportador de correia e a eletricidade..... 318

Os riscos da eletricidade 319

Trabalhos de manutenção e eletricidade..... 327

REGULAMENTOS E NORMAS..... 328

MELHORES PRÁTICAS 330

CONCLUSÕES 331

INTRODUÇÃO Eletricidade, transportadores e funcionários

Uma análise da literatura sobre segurança em eletricidade mostra quão rapidamente o leitor se envolve no ‘debate do eletricitista’, que abrange abrange termos e situações que somente eletricitistas ou engenheiros elétricos treinados compreendem.

Surge então a pergunta: por que não deixar a questão da segurança elétrica para os eletricitistas, esses profissionais qualificados, treinados e que são experientes no trabalho com cabos, motores, linhas de energia, transformadores e outros componentes da eletricidade industrial?

A quarta lesão mais comum no local de trabalho é a eletrocussão, ou choque elétrico. Eletrocussão, choque elétrico ou queimaduras são resultados comuns de lesões elétricas que, com frequência, podem ser graves ou mesmo

fatais. Os funcionários que lidam específica e diariamente com eletricidade encontram-se sob maior risco com relação a lesões desse tipo, porém os que não estão familiarizados com componentes e procedimentos elétricos de manutenção, apesar de serem menos expostos, também estão sujeitos a um significativo risco.

Este capítulo destina-se a ajudar o funcionário que não é eletricitista formado a ter mais segurança ao trabalhar em torno de sistemas elétricos comuns enquanto estiver próximo a um transportador de correia, manipulando materiais.

Transportador de correia e eletricidade

Em geral, os transportadores são considerados sistemas mecânicos, e vários riscos relativos ao transportador são de natureza mecânica.

Contudo, os transportadores usam inúmeros circuitos de baixa e alta tensão que podem ser de corrente alternada (CA) ou de corrente contínua (CC). Os dois tipos de tensão trazem perigo de choque elétrico e de possível eletrocussão.

Segundo a referência feita pela Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), na 7ª edição do livro *Conveyors for Bulk Materials (Transportadores para materiais a granel)*:

Com relação aos transportadores, os motores de indução em curto-circuito de corrente alternada (CA) ou motor de rotor bobinado (WRIM) são os mais comuns. Máquinas de derivação de corrente contínua (CC) ou compostas de rotor bobinado fechado raramente são usadas.

Belt Conveyors for Bulk Materials prossegue:

...os sistemas de acionamento por correia variam de potência fracionada a vários milhares de cavalos de potência. Os pequenos sistemas de acionamento ficam muitas vezes abaixo de 50 cavalos

de potência (<37 kW). Os sistemas médios variam de 50 a 1000 cavalos de potência (37 a 750 kW). Grandes sistemas são aqueles que se encontram acima de 1000 cavalos de potência (> 750 kW).

A CEMA lista as tensões comuns dos motores usados em transportadores, como de 230, 460, 575, 950, 2.300, 4160 e 6600 VAC.

Há inúmeros tipos de motores e conexões de alimentação, e isso se combina com o uso de sistemas de transportadores transportadores móveis e de fábricas portáteis. A má notícia sobre as fábricas portáteis é que elas são móveis e sujeitas a danos por causa dos ciclos de instalação e desmontagens. O outro lado da moeda é que, como são periodicamente transportadas e reinstaladas, as fábricas portáteis devem receber mais atenção e fiscalização do que os sistemas de uma fábrica permanente, os quais muitas vezes são instalados e depois 'esquecidos' até que haja algum problema.

Os transportadores ficam quase sempre localizados em terrenos difíceis, e se espera que eles operem em situações desafiadoras, inclusive sob condições meteorológicas adversas e em situações de sujeira e negligência. Essas circunstâncias tornam duplamente importante que a eletricidade seja tratada da maneira adequada. Se a fiação não for feita da forma correta e distribuída por meio de conduítes, pode haver perigo. (**Figura 21.1.**) A estrutura do transportador pode se tornar energizada por contato com alguma fiação que esteja com isolamento desgastado.



Figura 21.1.

Fiação não devidamente fechada/protegida em um conduíte pode representar risco de choque elétrico.

Além disso, muitos transportadores se conectam a outros tipos de sistemas elétricos e componentes, ou os incorporam.

Os riscos da eletricidade

O artigo do site *reliableplant.com*: “Dicas de segurança para ajudar a evitar lesões industriais por eletricidade” afirma que:

De acordo com o Safety and Health (Instituto nacional de segurança e saúde ocupacional, NIOSH), há quatro tipos principais de lesões que podem ocorrer como resultado de acidentes com eletricidade: eletrocussão (que se refere à parada cardíaca resultante de choque elétrico), choque elétrico, queimaduras e quedas por contato com a energia elétrica.

Um documento de Richard Campbell e David Dini, de 2015, *Occupational Injuries From Electric Shock and Arc Flash Events (Lesões ocupacionais resultantes de choque elétrico e eventos de combustão súbita generalizada)*, publicado pela Fire Protection Research Foundation (Fundação de pesquisa sobre proteção contra incêndios) fornece o seguinte debate sobre lesões:

Os principais eventos de lesões associados a riscos elétricos são choques elétricos e arco elétrico, e combustão súbita generalizada. Lesões por choque elétrico de baixa tensão resultam do contato direto da vítima com a corrente elétrica, enquanto os choques de alta tensão criam, em geral, um arco que transporta a corrente elétrica da fonte até à vítima, mesmo sem nenhum contato físico direto. A formação de arco elétrico, comumente denominada descarga elétrica, ocorre quando a corrente passa pelo ar entre duas ou mais superfícies condutoras ou de condutores terra. O arco elétrico tem várias causas possíveis, inclusive falhas de isolamento, corrosão, condensação e presença de poeira ou de outras impurezas na

superfície condutora. O arco elétrico pode produzir temperaturas tão altas quanto 35 mil graus, podendo causar queimaduras graves, perda auditiva, lesões oculares, danos na pele por explosões de metal fundido, danos aos pulmões e ferimentos por explosão.

Naturalmente, o choque elétrico também pode levar a outras formas de lesão. Essas formas incluem quedas resultantes de uma reação de sobressalto, à partir de um choque elétrico inesperado, bem como queimaduras originárias do contato direto com o fogo resultante de falha elétrica.

Outro perigo da eletricidade são os incêndios elétricos. O artigo “Fire in the Workplace” (Fogo no local de trabalho) de Joe O’Connor, publicado em janeiro de 2004 na edição da revista *Electrical Contractor* afirma que:

os incêndios elétricos são responsáveis por 22 por cento dos incêndios em locais de trabalho. Esses incêndios são frequentemente causados por defeitos na fiação, motores, interruptores, lâmpadas e elementos de aquecimento. ... O calor ou faíscas gerados pelos defeitos podem facilmente inflamar materiais combustíveis e inflamáveis.

Choque elétrico

O choque elétrico só pode ocorrer quando o contato é feito entre dois pontos de um circuito, quando tensão é aplicada sobre o corpo de uma vítima.

O choque elétrico pode ter efeitos sobre o corpo humano que variam de efeitos pequenos a efeito fatal. Os choques mais graves produzem queimaduras e danos aos órgãos internos. Até mesmo um choque que não resulte em lesão grave pode causar outros acidentes, como uma queda de altura quando se leva um choque de maneira inesperada.

A eletricidade requer que sua rota completa (circuito) flua continuamente. Sem dois pontos de contato sobre o corpo para que a corrente entre e saia, respectivamente, não há perigo de

choque. É por isso que as aves podem pousar com segurança em linhas elétricas de alta tensão sem serem eletrocutadas, pois fazem contato com apenas um ponto do circuito. Embora os pássaros pousem com os dois pés, ambos os pés estão apoiados no mesmo fio, o que torna os pássaros eletricamente neutralizados. Eletricamente falando, ambos os pés da ave tocam o mesmo ponto, pois não há uma diferença de potencial de tensão entre eles que possa induzir o fluxo da corrente a passar através do corpo do pássaro.

Para que os elétrons fluam através de um condutor, deve haver uma tensão presente que os motive. A tensão é sempre relativa a dois pontos. Não existe tal coisa como tensão 'em' um único ponto do circuito, por isso o pássaro que contata um só ponto do circuito não tem tensão passando através de seu corpo para que uma corrente se estabeleça através dele.

Ao contrário dos pássaros, as pessoas em geral estão de pé, no chão, ou em uma estrutura ligada à terra quando em contato com um fio 'ligado'. Muitas vezes, um lado de um sistema de energia é intencionalmente conectado à terra, e dessa forma a pessoa que tocar em um único fio está realmente fazendo contato com dois pontos do circuito, o fio e a terra. A presença de um ponto intencional "terra" em um circuito elétrico destina-se a assegurar o lado com o qual é seguro entrar em contato.

Os circuitos de potência, em geral, têm um ponto designado para ser 'terra', ou seja, firmemente ligado a hastes de metal ou placas enterradas no solo. Isso assegura que um lado do circuito tenha sempre o potencial de aterramento, isto é, tensão zero em relação a esse ponto e o solo.

A **Figura 21.2** mostra o diagrama de um circuito que move a energia elétrica de uma fonte até o motor de acionamento do transportador. O motor é devidamente aterrado de modo que não haja choque elétrico para quem trabalha nas proximidades.

Figura 21.3 mostra a rota da corrente que passa através de um funcionário.

Quando o funcionário entra em contato com fios de alta tensão com uma chave, ou apenas toca no fio, a corrente elétrica 'percebe' outro caminho para a terra.

O corpo humano normal tem uma resistência de contato de cerca de 500 ohms no ponto de contato com uma fonte elétrica. O corpo tem uma resistência interna de cerca de 100 ohms, e há outra resistência de corrente alternada ou de impedância para a terra de aproximadamente 5000 ohms.

Sapatos com solado de borracha proporcionam certo isolamento elétrico para ajudar a evitar que os funcionários conduzam corrente de choque através de seus pés para a terra. No entanto, os modelos mais comuns de calçados não são fabricados para serem intrinsecamente seguros, uma vez que os solados são muito

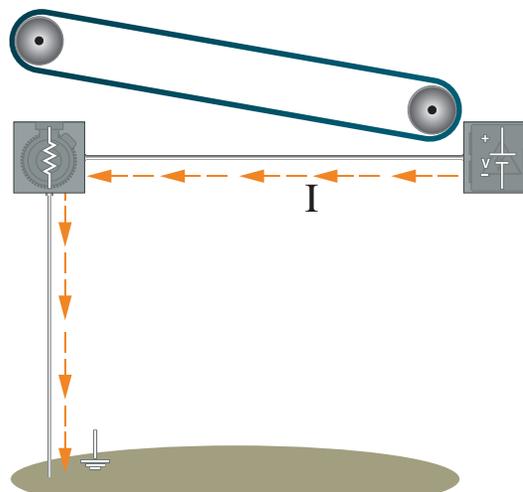


Figura 21.2.

O aterramento adequado assegura que o circuito leve a corrente elétrica até a unidade acionadora do transportador.

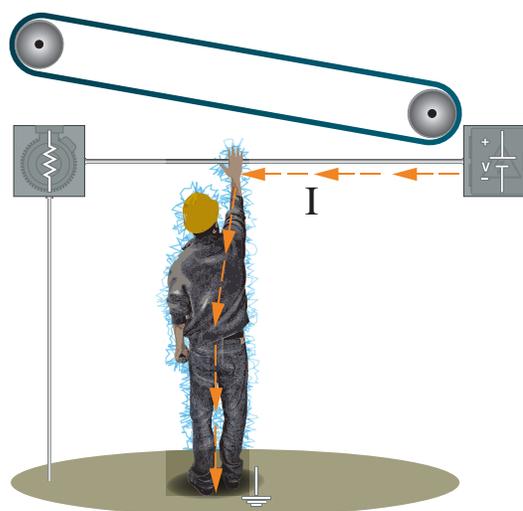


Figura 21.3.

Quando o funcionário se encosta no fio de alta tensão, a corrente encontra outro caminho para a terra, e o funcionário sofre o choque.

finos e não são feitos da substância correta. Além disso, qualquer umidade, sujeira ou sais condutores de suor do corpo no solado comprometem o pouco valor de isolamento que o sapato comum tem. Há sapatos feitos especificamente para o trabalho elétrico perigoso, bem como tapetes de borracha grossa feitos para se usar sob os pés enquanto se trabalhava em circuitos eletrizados, mas essas peças especiais devem estar em condições de absoluta limpeza, e secas, para serem eficazes.

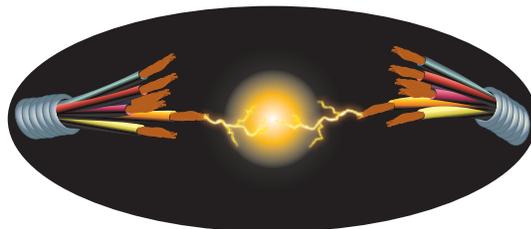
O solo não é um condutor muito bom, pelo menos não o é quando está seco. A sujeira é um condutor muito pobre para apoiar a corrente contínua a fim de alimentar uma carga. Contudo, é preciso pouca corrente para ferir ou matar um ser humano. Até mesmo a baixa condutividade da sujeira é o bastante para oferecer uma rota para a corrente fatal quando há tensão disponível suficiente, o que ocorre geralmente nos sistemas de energia de transportador.

Algumas superfícies de terra são melhores isolantes que outras. O asfalto, por exemplo, por ser à base de petróleo, tem uma resistência muito superior à maioria das formas de sujeira ou rochas. Portanto, estar de pé em pavimento asfaltado é um pouco mais seguro do que estar em solo descoberto. O concreto, por outro lado, tende a ter uma resistência relativamente mais baixa em função da presença de água e do teor químico condutor. Desse modo, a corrente passa pelo concreto e por um indivíduo que esteja de pé sobre ele com mais facilidade.

Conforme discutido em uma apresentação de Bruce Bowman, de 2012, denominada *Electrical Safety in the Workplace (NFPA 70E)*, que fez parte de uma aliança entre

Figura 21.4.

A descarga elétrica é resultado da rápida liberação de energia em função de falha de arco, quando a corrente elétrica faz pontes ou salta entre dois contatos abertos.



a OSHA e a IEC (Independent Electrical Contractors, Inc.), o corpo humano, quando recebe um choque de determinado volume de eletricidade, chega a um ponto em que os músculos se bloqueiam, e, literalmente, a pessoa ‘não consegue se soltar’ da ligação com a fonte elétrica. O nível de ‘não conseguir se soltar’ é cerca de 10 miliamperes (mA), isto é, 10 milésimos de um ampere. Quando ocorre o bloqueio muscular, o tempo de contato com a corrente elétrica provavelmente se estende, e o risco de eletrocussão aumenta de maneira drástica.

Em tensões abaixo de 56 volts de corrente alternada (VCA), é difícil gerar 10 miliamperes (mA) através do corpo humano, de modo que 50 volts de corrente alternada são, em geral, considerados tensão de segurança. As tensões seguras reais dependem de uma série de fatores, inclusive da resistência de um corpo, da capacidade da tensão de alimentação, a qualidade da ligação terra e a duração do tempo de contato.

Descargas elétricas

De acordo com “O que é descarga elétrica?”, publicação on-line redigida por Mike Holt na *National Electric Code Internet Connection*:

a descarga elétrica é resultado de uma rápida liberação de energia devido a uma falha de arco entre um barramento de fase e outro barramento de fase neutro ou terra. Na descarga elétrica, o ar é o condutor.

As descargas elétricas podem ocorrer à partir de sujeira ou material estranho em uma caixa elétrica. Como os eletricitistas trabalham em condutores ou circuitos energizados ou próximos a eles, tendo contato com os mesmos e com suas falhas, o equipamento pode ter um mau funcionamento. (**Figura 21.4.**)

A descarga elétrica é semelhante ao arco obtido durante a solda elétrica.

A postagem de Mike Holt na internet prossegue:

Os arcos elétricos limitam-se em geral a sistemas nos quais a tensão do barramento é superior a 120 volts. Normalmente, os níveis mais baixos de tensão não sustentam um arco, e a falha tem de ser iniciada de forma manual por algo que cria o caminho de condução ou uma falha, como desgaste no isolamento.

De acordo com um artigo intitulado “The Dangers of Arc Flash Incidents” (Perigos de incidentes por descargas elétricas), publicado na edição de fevereiro de 2004, a revista *Maintenance Technology* afirma:

A temperatura de um arco pode chegar a mais de 5000° F [$\approx 2760^{\circ}\text{C}$], à medida que cria um lampejo de luz brilhante e um alto ruído. Uma enorme quantidade de energia radiante concentrada explode para fora do equipamento elétrico, espalhando gases quentes, derretendo metal, causando morte ou graves queimaduras por radiação, e criando ondas de pressão que podem danificar a audição ou a função cerebral, e um clarão que pode prejudicar a visão. A rápida onda de pressão do movimento também pode lançar material solto, como peças do equipamento, ferramentas de metal e outros objetos que, voando, podem ferir todos os que se encontrarem por perto.

Problemas com campos magnéticos

Uma vasta quantidade de publicidade vem se concentrando nos efeitos dos campos eletromagnéticos sobre a saúde, ou seja, ondas de rádio associadas a telefones celulares. Felizmente, a maioria das questões relacionadas às emissões eletromagnéticas em torno de transportadores têm a ver com proteger o equipamento eletrônico e não com seus efeitos sobre os seres humanos. Os grandes motores e fontes de alimentação, associados aos transportadores de fato geram ondas eletromagnéticas, porém com frequências bem abaixo daquelas identificadas como geradoras

riscos à saúde dos seres humanos.

Outra forma de ondas eletromagnéticas surge da utilização de ímãs industriais. Tanto eletroímãs como ímãs permanentes de terras raras são usados no manuseio de materiais a granel para remover metais não desejados do corpo do material. Ao mesmo tempo em que o ponto de instalação de alguns ímãs é evidente, como grandes separadores eletromagnéticos sobre a correia, outras instalações, como grelhas magnéticas, polias magnéticas e ímãs de elevação são menos evidentes.

Não há nenhum material que possa bloquear o magnetismo. Os campos magnéticos passam por plástico, madeira, alumínio e até mesmo pelo chumbo, como se não houve presença de chumbo. Os materiais ferrosos, como ferro, aço ou níquel podem conduzir campos magnéticos e redirecionar o magnetismo. Para remover as forças magnéticas, o aço pode ser utilizado a fim de fornecer um atalho que redirecione o campo de magnetismo por uma rota alternativa.

Campos magnéticos intensos podem afetar dispositivos médicos, como marcapassos, levando-os a mau funcionamento. Cartões de crédito, dispositivos de armazenamento de dados e outros tipos de mídias magnéticas podem ser apagadas com a proximidade de campos magnéticos fortes. A maior parte dos modernos telefones celulares, computadores e dispositivos de armazenamento de dados já não dependem do armazenamento magnético, mas ainda assim podem ser danificados por fortes correntes magnéticas.

Há uma série de recomendações relativas às distâncias de segurança de ímãs, que dependem da força do magneto, de modo que é difícil especificar uma única distância segura. Muitos marcapassos modernos possuem uma função padrão automática quando detectam campos fortes. Apesar disso, a maioria dos fabricantes de separadores magnéticos recomendam que ninguém com marcapasso seja autorizado a trabalhar nas proximidades do separador, e que

Relâmpago como perigo elétrico

Em geral, os transportadores são grandes objetos de metal, frequentemente instalados ao ar livre e elevados em relação ao terreno circundante. Por causa disso, atraem raios e são suscetíveis a eles.

De acordo com a monografia *Lightning Safety in the Mining Industry (Segurança com relação a raios na indústria da mineração)*, de Richard Kithil, do National Lightning Safety Institute (NLSI):

A fenomenologia dos raios para a terra, como se entende atualmente, segue um comportamento aproximado: o condutor descendente (canal de plasma de gás) de um cúmulo-nimbo pulsa em direção à terra. Exterminadores de ar baseados no solo, como cercas e árvores, cantos de edifícios, pessoas, para-raios, [torres de transmissão], postes de energia etc., emitem graus variáveis de atividade elétrica induzida. Esses podem responder por meio da formação de relâmpagos ascendentes. Nesse campo local intensificado, alguns condutores provavelmente se conectarão a emissores de descargas elétricas. Logo, o "interruptor" é fechado e a corrente flui. Relâmpagos para a terra são a consequência. Segue-se uma série de trovões de retorno.

Dá-se um diferencial de tensão entre a nuvem e o solo.

Uma vez que um canal condutor preenche a lacuna entre os dois locais, ocorre uma descarga elétrica maciça. Este é o 'movimento de retorno' e a parte mais visível da descarga do relâmpago.

O mercado oferece uma série de sistemas de detecção de raios com diferentes graus de complexidade e custo.

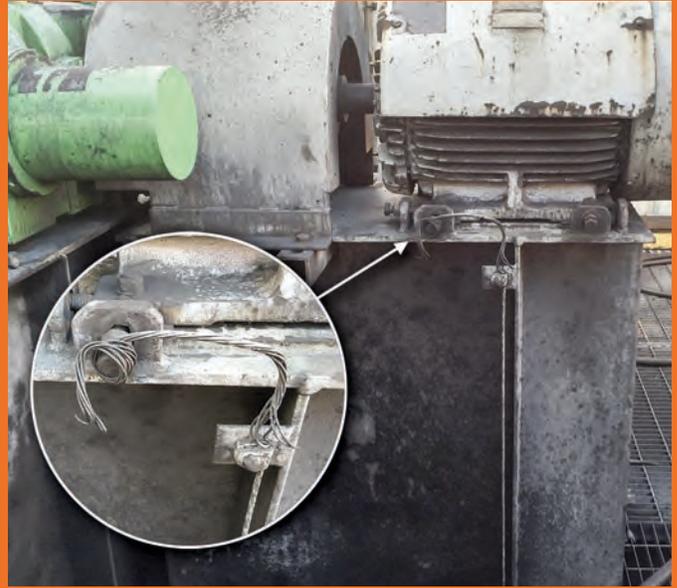
Os usuários devem tomar cuidado com o excesso de confiança no equipamento de detecção. Os detectores não são perfeitos e nem sempre atraem continuamente todos os relâmpagos.

Os detectores não conseguem prever um raio e não podem auxiliar com relação ao primeiro raio, ou eventos que surgem 'do nada'.

Talvez o melhor detector seja o reconhecimento humano que pode criar uma equação entre o trovão e os relâmpagos. Ouvir um trovão significa que o relâmpago está relativamente próximo, e que é hora de procurar abrigo.

Quando um raio é detectado, o NLSI recomenda os seguintes tipos de cautela:

- Alerta amarelo – Relâmpago de 20 a 40 milhas (30 a 60 km) de distância. Tenha cuidado.
- Alerta laranja – Relâmpago 11 a 19 milhas (16 a 30 km) de distância. Mantenha-se alerta.
- Alerta vermelho - Relâmpago de 0 a 10 milhas (0 a 16 km). Suspender as atividades. Ir para o abrigo.



Este motor de acionamento elétrico está insuficientemente conectado à estrutura de metal, e assim, representa perigo caso o transportador seja atingido por raios.

Em minas a céu aberto e operações de processamento, recomenda-se que os funcionários precisem fazer apenas de 3 a 4 minutos de caminhada a pé até o abrigo quando alertas vermelhos forem anunciados.

O NLSI recomenda o seguinte como aviso de segurança relâmpago: “Com trovão audível, evacuar. Ao ver um raio, abrigue-se imediatamente”.

As principais regras para a segurança contra relâmpagos incluem o seguinte:

- água e objetos de metal precisam ser evitados. Não fique em locais mais elevados, inclusive telhados. Evite árvores isoladas.
- Um edifício grande e permanente também pode ser considerado um local seguro.
- Veículos totalmente fechados, como vans, carros ou caminhões (com portas e janelas fechadas) são lugares particularmente seguros devido a um efeito semelhante à gaiola de Faraday – na qual o relâmpago flui em torno, fora do veículo e para o chão. Permaneça dentro do veículo.

O NLSI recomenda aguardar de 20 a 30 minutos após o último trovão ou relâmpago observados para poder retomar as atividades.

O NLSI oferece uma série de instruções de segurança contra relâmpagos. Consulte lightningsafety.com.

Para mais discussões sobre segurança relativa a relâmpagos e a transportador, **Consulte o Capítulo 4 Botões e Sensores.**

todos os outros funcionários retirem metais e dispositivos eletrônicos do corpo quando estiverem a 50 pés [≈15 M] aproximadamente. (Figura 21.5.)

A maioria dos acidentes ocorrem quando os funcionários transportam ou limpam o ímã, e para isso retiram metal do magneto. Os ímãs podem ser instantânea e violentamente atraídos por estruturas de aço-carbono, inclusive rampas, vigas perfil “I”, tubos ou outros magnetos. Se as mãos ou dedos de um funcionário ficarem presos entre o ímã e o aço-carbono, o funcionário pode ser comprimido e, com quase certeza, gravemente ferido.

Na movimentação de material a granel, a liberação de pequenas peças desgarradas de metal dos magnetos pode gerar riscos. Em geral, as polias magnéticas usam ímãs permanentes, e dependem do movimento da correia para sua autolimpeza. Quando a correia ultrapassa determinado ponto, a atração magnética não é mais tão forte para ser percebida, e assim o metal recolhido cai da polia. Quando a energia é interrompida nos eletroímãs, o metal desprendido libera-se, e isso nem sempre ocorre no local de descarga pretendido. Se a coleta na rampa ou na moega de descarga do transportador é perdida, o metal desgarrado pode causar lesões em funcionários descuidados. Muitas vezes o metal desgarrado recolhido não é considerado uma forma de energia armazenada que precisa ser levada em conta e neutralizada no procedimento de Bloqueio / Etiquetagem / Travamento / Teste (LOTO / BOTO). Devem ser colocados avisos de advertência nos locais onde se utilizam ímãs fortes.

Eletricidade estática

De acordo com a nota técnica nº 9, *Tech Note #9*, da *State Electricity Considerations (Considerações estatais sobre eletricidade)* da National Industrial Belting Association (NIBA), uma carga estática é gerada “quando duas superfícies em estreita proximidade deslocam-se uma em relação à outra”.

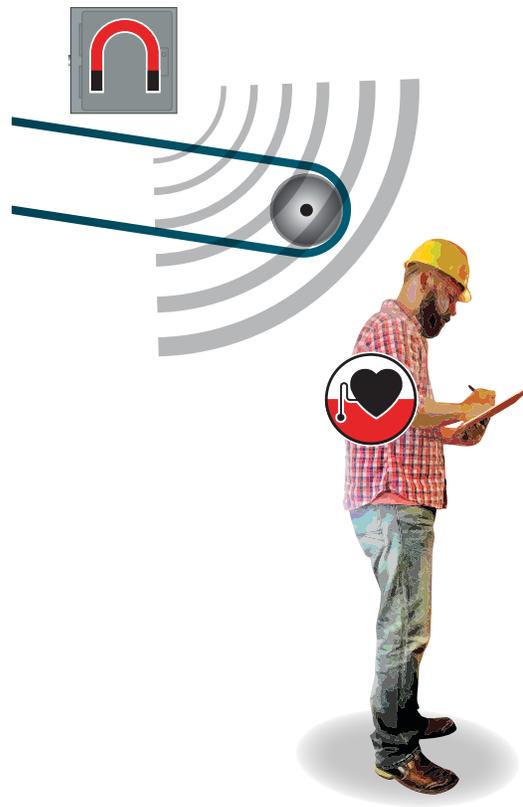


Figura 21.5.

Correntes magnéticas fortes presentes em alguns equipamentos de transportadores podem afetar equipamentos ou pessoal.

Quando materiais diversos entram em contato, às vezes um material pode ‘tomar emprestado’ os elétrons do outro, criando uma diferença de tensão pontual. Quando um material condutor entra em contato com essa diferença de tensão local, as tensões se igualam e geram uma corrente de uma superfície para a outra. “Transportador... as instalações são exemplos clássicos. Enquanto em operação, a superfície da correia se afasta continuamente da superfície da polia, gerando eletricidade estática”. A nota técnica da NIBA, *Tech Note*, prossegue:

As superfícies podem ser similares, dissimilares, condutoras ou não condutoras, porém a eletricidade estática será gerada. À medida que o transportador funciona, a carga estática continua a se acumular e a aumentar, a não ser que seja sangrada para fora de alguma maneira.

Em algumas aplicações, como no manuseio de grãos, é provável que a maior fonte de eletricidade estática seja o deslizamento dos materiais a granel para uma calha

de escoamento forrada com uretano ou polietileno UHMW (polietileno de ultra alto peso molecular). As partículas individuais de carga são carregadas nesse momento, e levam essa carga para a correia do transportador, onde pode se acumular.

Segundo o manual, *The basics of dust-explosion protection (Fundamentos da proteção contra explosão por partículas de poeira)*, da R. STAHL Explosion protection GmbH, as descargas estáticas ocorrem na forma de fagulhas “entre componentes aterrados e não aterrados”.

A descarga estática é capaz de:

... incendiar todos os gases e vapores e quase todas as poeiras. ... Oitenta por cento de todas as poeiras industriais são combustíveis, e até mesmo uma camada de pó de 1 mm [≈ 0.04 pol.] em uma sala fechada é o bastante para desencadear uma explosão quando a poeira é suspensa em redemoinho e se inflama.

As estatísticas da R. STAHL indicam que a eletricidade estática é a fonte de ignição de nove por cento das explosões industriais por partículas de poeira.

As *Guidelines for the Control of Static Electricity in Industry (Diretrizes para o controle de eletricidade estática na indústria)*, publicadas pelo Occupational Safety & Health Service (Serviço de segurança e saúde ocupacional) do ministério do trabalho da Nova Zelândia, acrescenta:

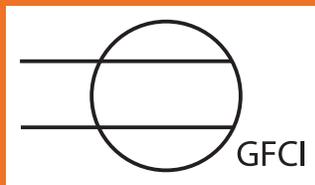
Os perigos adicionais [da eletricidade estática] são a produção de choques inesperados em seres humanos, os quais podem resultar em lesão causada por ação reflexa involuntária, e a possibilidade de que leituras errôneas sejam induzidas em instrumentos sensíveis nos quais há presença de estática. Esses riscos podem ser menos significativos quando comparados com o problema da ignição, porém ainda assim precisam ser levados em conta.

Falha no aterramento elétrico

Uma conexão acidental entre a rede de energia e a terra é chamada de falha de aterramento.

Falhas de aterramento podem ser causadas por diversos fatores, inclusive acúmulo de sujeira nos isoladores da linha de transmissão – o que cria uma passagem de água suja para a corrente do condutor até o polo, e até o chão, quando chove. As falhas de aterramento podem também resultar da infiltração de águas subterrâneas nos condutores da linha de energia enterrados. Em vista das várias causas para que ocorram falhas de aterramento elétrico, essas tendem a ser imprevisíveis

Um dispositivo de circuito por falha de aterramento (GFCI) protege contra a eletrocussão. O GFCI funciona medindo a diferença de corrente entre a fiação ‘energizada’ ou ‘aquedida’ e o lado oposto. Se as



correntes não forem idênticas, uma delas deve estar vazando de modo indesejado, e o GFCI desliga a energia. Após a solução do problema, o dispositivo deve ser redefinido manualmente por meio do botão de restabelecimento. Um GFCI normal tem um botão de teste ao lado de seu controle de restabelecimento. O GFCI precisa ser testado pelo menos uma vez ao mês e é preciso manter um registro desses testes.

Os GFCIs protegem somente uma tomada, ou uma série de tomadas a ele conectadas. O disjuntor do GFCI pode ser instalado em alguns painéis elétricos para proteger todo o circuito de derivação. Plug-ins em linha e portáteis do GFCIs podem ser conectados a tomadas de parede do local onde as ferramentas de manutenção serão utilizadas. Um terrível choque, se não fatal, pode ocorrer até que o GFCI corte a energia elétrica. Portanto, é importante usar o GFCI como medida de proteção adicional, em vez de simples substituto de práticas seguras.

Os efeitos da eletricidade estática originam-se de tensão acumulada, uma descarga eletrostática subsequente que resulta em um pulso eletromagnético e em corrente de descarga.

Tornar todo o sistema suficientemente condutivo e devidamente aterrado pode controlar o acúmulo e o armazenamento de eletricidade estática. Isso significa que a correia, o revestimento da polia, a polia, o rolamento, a estrutura e o aterramento elétrico devem estar eletricamente conectados. Significa também que massa condutora seria essencial para os rolamentos.

Segundo a nota técnica 9, *Tech Note #9*, da NIBA:

Estudos extensos, realizados de 1950 a 1966, do British National Coal Board (Comissão nacional britânica do carvão), constataram que as correias com resistência elétrica, de superfície de 1×10^9 ohms ou menos não retêm carga estática quando funcionando

em um transportador típico, aterrado. Ao mesmo tempo, as correias com resistência elétrica de superfície de 6×10^9 ohms e superiores retêm cargas estáticas. Como resultado desse trabalho, a BNCB concluiu que uma resistência máxima de 3×10^8 a uma condição segura em novas correias de transportador de minas de carvão subterrâneas.

Portanto, qualquer correia com resistência de superfície de 300 megaohms (300×10^6 ohms ou inferior) é considerada condutora de estática. (**Consulte o Capítulo 15 Transportadores, correias e incêndios.**)

Com relação às instalações nas quais a estática gera riscos à segurança ou problemas à produção, em que o material adere à correia, tampas de borracha especialmente fabricadas são disponibilizadas por todos os principais fabricantes de correias.

Dicas de segurança para ferramentas elétricas

Os funcionários da manutenção, muitas vezes, são obrigados a usar ferramentas operadas por eletricidade. Seguem abaixo algumas das melhores práticas para a segurança quando se utilizam ferramentas elétricas.

- Use ferramentas manuais movidas a bateria sempre que possível.
- Mude todas as ferramentas para OFF (DESLIGADO) antes de ligá-las à fonte de alimentação.
- Desligue e bloqueie o transportador e o fornecimento de energia do componente antes de concluir todas as tarefas da manutenção.
- Certifique-se de que todas as ferramentas tenham aterramento ou isolamento duplo. O equipamento aterrado deve ter um cabo aprovado de 3 fios com um plugue de 3 pinos. Essa plugue deve ser conectado a uma tomada de 3 polos devidamente aterrada.
- Teste periodicamente todas as ferramentas quanto ao aterramento, e mantenha um registro desses testes.
- Não ignore o interruptor ON / OFF (LIGAR / DESLIGAR). Não trabalhe com ferramentas conectando e desconectando o cabo de alimentação.
- Não use equipamentos elétricos quando estiverem molhados, nem em locais úmidos, a não ser que o equipamento esteja ligado a um GFCI. Sempre teste o GFCI antes de iniciar o trabalho.
- Não limpe ferramentas com solventes inflamáveis ou tóxicos.
- Não trabalhe com ferramentas em áreas que contenham vapores explosivos ou gases, a não ser que as ferramentas estejam intrinsecamente seguras, e que você as utilize somente segundo as orientações do fabricante.
- Mantenha os cabos de alimentação afastados das ferramentas durante o uso.

Trabalho de manutenção e eletricidade

O pessoal de manutenção pode ficar exposto a vários perigos elétricos. Até mesmo com o uso de procedimentos de Bloqueio / Etiquetagem

Dicas de segurança para cabos de alimentação

Os cabos de extensão permitem que os funcionários usem equipamentos elétricos em locais remotos. Seguem abaixo algumas dicas para trabalhar com cabos de alimentação.

- Utilize extensões apenas para fornecer energia temporariamente a uma área onde não há tomadas.
- Revise os equipamentos portáteis conectados por cabo e plugue, extensões elétricas, barramentos e acessórios elétricos para identificar danos ou desgaste antes de cada utilização.
- Erga temporariamente os cabos das extensões durante o uso em corredores ou áreas de trabalho, para eliminar perigos de tropeções ou quedas.
- Quando necessário, prenda os cabos de extensão nas paredes ou no piso. Não use pregos ou grampos que possam danificar as extensões e causar incêndio e choque.
- Utilize extensões ou equipamento com as indicações corretas com relação ao nível de amperagem e potência em uso.
- Substitua os plugues dianteiros abertos por plugues frontais mortos. Os plugues frontais mortos são selados e apresentam menor risco de choque ou curto-circuito.
- Não use extensões para carga leve em situações não-residenciais.
- Não carregue nem eleve equipamentos elétricos pelo cabo de alimentação.
- Não amarre os cabos com nós apertados. Os nós podem provocar curto-circuitos e choques. Enrole os fios ou use um plugue padronizado de trava por torção.
- Substitua os conectores de 3 pinos quebrados e certifique-se de que o terceiro pino esteja devidamente aterrado.
- Mantenha os cabos de extensão afastados de calor, água e óleo. Eles podem danificar o isolamento e causar choque.
- Não permita que veículos passem por cima de extensões desprotegidas. Os cabos de extensão devem ser colocados em proteções para fios, conduítes ou tubos, ou serem protegidos com a instalação de tábuas ao lado deles.

/ Travamento / Teste (LOTO / BOTO)

podem haver fios ou estruturas energizados. Em razão dos inúmeros componentes elétricos ou de práticas inconsistentes de manutenção, há sempre uma chance de que a corrente elétrica seja 'retroalimentada' para a área ou equipamento onde o trabalho é realizado. A melhor maneira de proteger os funcionários de manutenção é ter um electricista inspecionando e testando os circuitos na área, antes do início do trabalho.

É frequente que práticas de manutenção inadequadas coloquem o fornecimento elétrico e os componentes do sistema em más condições, tanto no transportador como em torno dele. Essas más condições expõem os funcionários de manutenção e limpeza a riscos. **(Figura 21.6.)**

Seguem abaixo alguns problemas de segurança elétrica dos quais se deve estar consciente quando se trabalha no entorno de transportadores de correia:

- Água (ou condições de umidade) quando se trabalha com eletricidade.
- Cabos no chão; fios e cabos em más condições.
- Compartimentos elétricos abertos, caixas de derivação, tomadas descobertas e conduítes desconectados, todos os elementos que possam expor fios e conexões às condições ambientais e ao estresse da movimentação.
- Conduítes mal localizados em relação a outros componentes. A necessidade de acessar os outros componentes distribuirá de maneira insatisfatória o conduíte e/ou colocará o funcionário em perigo.
- 'Passar por cima' (ignorar) dispositivos de controle ou de segurança para reduzir a ocorrência de 'disparos' prejudiciais.

Diversos desses problemas podem ser identificados e corrigidos por meio de práticas de inspeção e manutenção adequadas e contínuas.

O uso de ferramentas elétricas defeituosas ou cabos de extensão gastos ou danificados expõe o funcionário a riscos potenciais de choque e eletrocussão. As ferramentas elétricas devem ter isolamento duplo para reduzir a chance de criar um caminho para que a corrente flua, caso a ferramenta contate um condutor energizado. Ferramentas elétricas, extensões, iluminação portátil, ventiladores e outros equipamentos eletricamente motorizados e usados durante a manutenção devem ser inspecionados com regularidade para verificar se há danos e se o aterramento está adequado. Ferramentas defeituosas devem ser imediatamente retiradas do serviço, reparadas ou descartadas.

Riscos elétricos de soldadura

A soldagem é uma atividade de manutenção do transportador comum que expõe os funcionários à possibilidade de choque elétrico. O choque elétrico ocorre se o soldador tocar dois objetos metálicos quando houver tensão entre eles. Desse modo, o funcionário se insere no circuito elétrico. Por exemplo, se um funcionário segurar um fio desencapado com uma das mãos e um segundo fio desencapado com a outra mão, a corrente elétrica se moverá de um fio para o outro, passando através do operador de solda, no caminho, fazendo com que o operador sofra um choque elétrico. Quanto maior a corrente, maior será o risco de lesão ou morte.

O artigo *Be Prepared: Five Potential Welding Safety Hazards to Avoid (Cinco perigos potenciais de segurança em solda a evitar)*, de John Petkovsek, Diretor para meio ambiente, saúde e segurança da Lincoln Electric Company, declara:

Em função de sua constante mudança de polaridade, a corrente alternada (CA) tem maior probabilidade de parar o coração dos soldadores do que a corrente contínua (CC). É também mais difícil fazer com que a pessoa que segura o fio venha a soltá-lo.

O artigo prossegue com a observação de que:



Figura 21.6.

Más condições ou manutenção inadequada podem fazer com que os equipamentos elétricos ofereçam perigo.

... Os operadores de soldagem devem usar luvas secas e em boas condições, jamais tocar os eletrodos ou peças de metal do suporte do eletrodo com a pele ou roupas molhadas, e se lembrar de se isolarem do trabalho e do piso.

REGULAMENTOS E NORMAS

Todo grande país possui leis relacionadas com a segurança elétrica que autorizam o desenvolvimento de normas e regulamentos específicos. Normas e regulamentos são projetados para aperfeiçoar todos os aspectos da segurança elétrica. Tanto há semelhanças como diferenças entre os regulamentos e normas de segurança de um país para outro.

Nos Estados Unidos, a autorização geral para a implementação de normas de segurança elétrica é definida tanto na lei de segurança e saúde ocupacional *Occupational Safety and Health Act of 1970 (OSHA)*, como na lei de segurança e saúde em minas federais *Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (MSHA)*. No Canadá, está em vigor a lei *Safety Standards Act [SBC 2003]*, (*Lei dos padrões de segurança*), Capítulo 39. Na Austrália, a lei *National Electricity (South Australia) Act 1996* foi adotada pelos demais estados soberanos participantes da Commonwealth. Na União Europeia, a *Directive 2006/95/EC – electrical equipment* estabelece as bases para as leis nacionais relacionadas com a maioria das tensões. No Brasil, a lei é a *NR-10 Segurança em Instalações e Serviços Elétricos (Safety in Electrical Installations and Services)*.

Um requisito típico deve ser o seguinte:

Os equipamentos elétricos dos transportadores devem estar em conformidade com o Código Elétrico (da jurisdição aplicável). Esse equipamento inclui materiais, acessórios, aparelhos, dispositivos, elementos de fixação e outros equipamentos utilizados no fornecimento de energia elétrica de um transportador ou em conexão com um transportador, incluindo dispositivos de desconexão da alimentação.

Em geral, as normas de trabalho em todo o mundo são compatíveis com esses requisitos de emissão da Segurança e Administração de Saúde de Minas (MSHA) nos Estados Unidos. As normas MSHA (em 30 CFR 56 / 57,1-2.006, 56 / 57,12016, e 56 / 57,12017) requerem que, antes de dar início a trabalhos em circuitos elétricos, a alimentação seja desligada, interruptores bloqueados e cartazes com avisos sejam assinados e publicados.

Ademais, muitas vezes há regulamentos específicos de segurança elétrica relativos a certas indústrias, como mineração, ou para alguns tipos de equipamentos, como transportadores. Esses regulamentos muitas vezes demandam práticas de fiação especializadas e projeto seguro de componentes para ambientes perigosos, como as poeiras explosivas presentes no manuseio de grãos.

Normas e regulamentos incidem normalmente sobre as qualificações de eletricitistas; conformidade do produto com as normas elétricas e métodos de fiação apropriados para diversas aplicações e níveis de tensão e corrente. Com frequência, há regras diferentes para a mineração e a indústria em geral. A tendência é incluir nos regulamentos os códigos elétricos e vários padrões de referência. Em geral, as normas e regulamentos são de natureza técnica, e destinados ao uso de eletricitistas qualificados e engenheiros elétricos.

Alguns dos códigos e padrões elétricos comuns incluem:



Austrália

AS/NZS 3000:2007 Electrical installations (the Wiring Rules) - Instalações elétricas (regras de fiação)

AS/NZS 3017:2007 Electrical installations – Verification guidelines - Instalações elétricas – Diretrizes para verificação

AS/NZS 3760:2010 In-service safety inspection and testing of electrical equipment - Inspeção em serviço de segurança e testes de equipamentos elétricos



Brasil

NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade



Canadá

CSA C22.1-15 Canadian Electrical Code Part 1 (23rd Edition) safety standard for electrical installations - Código elétrico canadense, Parte 1 (23ª edição) - Padrão de segurança para instalações elétricas

CSA Z462-15 Workplace Electrical Safety - Segurança do trabalho de eletricidade



China

DL 408-1991 Safety code of electric power industry – Electrical part of power plants and transformer substations - Código de segurança para a indústria da energia elétrica - Parte elétrica de usinas e subestações de transformador



Europa

BS EN 50110-1:2013 Operation of electrical installations - Operação de instalações elétricas Requisitos gerais



Estados Unidos

National Electrical Safety Code® (NESC®) Segurança elétrica nacional

O NESC, ou código de segurança elétrica nacional, é desenvolvido e mantido pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e

Eletrônicos (IEEE) norte-americano. O código NESC é usado hoje em mais de 100 países como base para suas normas de segurança elétrica.

NFPA 70: National Electrical Code® (NEC®) - Código elétrico nacional norte-americano.

NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace®

NFPA 70 e NFPA 70E são publicados pelo National Fire Prevention Association (NFPA) - Associação nacional de prevenção de incêndios.

MELHORES PRÁTICAS Trabalhando com eletricidade ou próximo a ela

Estas melhores práticas são destinadas ao não-eletricista que precisa trabalhar em transportadores ou em torno deles, e de outros sistemas elétricos. Não trabalhe com nenhum equipamento a não ser que um eletricista qualificado tenha verificado e desligado o equipamento e/ou fiação. **(Figura 21.7.)**

A verificação diária dos sistemas de transportadores deve incluir mais do que simplesmente seus componentes mecânicos; deve incluir também as condições e o desempenho dos cabos e do mecanismo de acionamento, assim como de outros controles e componentes elétricos.

Antes de realizar trabalhos de eletricidade, o funcionário deve:

- Ser treinado em todos os testes elétricos e equipamentos de segurança necessários para testar com segurança e aterrar o circuito no qual irá trabalhar.
- Realizar uma avaliação de risco.
- Quando necessário, usar o equipamento de proteção adicional, individual, devidamente avaliado, de acordo com as recomendações de um eletricista.
- Identificar categoricamente o circuito em que o trabalho será realizado.



Figura 21.7.

Antes de se começar a trabalhar em qualquer sistema elétrico, o sistema precisa estar desenergizado e incluir um procedimento de bloqueio / etiquetagem.

- Desenergizar e assegurar que o circuito esteja visivelmente aberto.
- Bloquear e etiquetar o dispositivo de desconexão.
- Solicitar confirmação de um eletricista de que o circuito está desenergizado.
- Não trabalhar em componentes que se encontrem dentro de compartimentos elétricos.
- Solicitar um eletricista para aterrar todos os condutores de fase quando da realização de trabalhos em equipamento multifásico fornecido ou em torno dele.
- Usar o equipamento correto para o trabalho, inclusive isolamento elétrico de ferramentas.
- Conhecer a localização do desfibrilador automático externo (DEA) mais próximo para uma rápida utilização, se necessário. **(Figura 21.8.)**

Figura 21.8.

É boa prática conhecer a localização de um desfibrilador externo automático (DEA) antes de trabalhar em sistemas elétricos.



CONCLUSÕES

Isolando-se do perigo

As lesões elétricas representam um grave problema de saúde e segurança no trabalho. A necessidade de que haja funcionários trabalhando nos transportadores de correia ou próximos a eles – que são, em maioria, se não todos, alimentados por motores elétricos e ligados a outros componentes elétricos, sensores e sistemas – significa que os funcionários estarão em risco. Deve haver treinamento e precauções estabelecidos para garantir a segurança desse pessoal.

O treinamento é um requisito essencial para a segurança dos funcionários e terceiros que prestam serviço na fábrica. A segurança relativa aos sistemas elétricos deve integrar o processo de treinamento para as socializações iniciais de 'inscrição' ou de 'integração' de todos os funcionários, em particular daqueles que irão trabalhar regularmente nos transportadores de correia ou em seu entorno. A segurança relativa aos sistemas elétricos deve ser também tema frequente nas palestras instrutivas regulares de 'caixa de ferramentas' ou de 'confraternização'.



Seção 3

PRÁTICAS DE TRABALHO SEGURAS

Capítulo 22	
Carona em transportadores.....	334
Capítulo 23	
Trabalhando com segurança em torno de transportadores	346
Capítulo 24	
Transportadores, material fugitivo e limpeza	372
Capítulo 25	
Bloqueio do movimento da correia	390
Capítulo 26	
Treinamento em segurança para se trabalhar com transportadores de corre	402



Capítulo 22 Carona em transportadores

INTRODUÇÃO	334
Justificativas das caronas em transportadores	335
Os desafios do transporte humano	337
Os perigos das caronas em transportadores	337
Considerações sobre o design adaptado para caronas em transportadores	339
REGULAMENTOS E NORMAS.....	341
MELHORES PRÁTICAS	344
CONCLUSÕES	345

INTRODUÇÃO Carona na correia

A prática de pegar carona em uma correia transportadora para entrar e sair das minas tem uma longa história na mineração, mas a atualização dos regulamentos sobre as práticas de segurança só começou a aparecer na década de 1990. A prática é chamada de carona em transportadores.

Os transportadores que permitem essa prática exigem um conjunto de regras mais rigoroso do que os transportadores de trajetos internos curtos ou transportadores terrestres, uma vez que eles podem transportar pessoas e materiais, tanto no lado de carregamento quanto no de retorno. Eles são normalmente encontrados nas minas. Para transportar trabalhadores ao entrar e sair, os transportadores são inclinados e, para carregar material triturado, voltam a ficar na posição normal. (**Figura 22.1.**)

A lógica e algumas das considerações sobre essa prática são explicadas na seção 603 (1) do capítulo Part 36 Mining, publicado em

Occupational Health and Safety Code 2009 Explanation Guide da província canadense de Alberta:

Áreas de trabalho em minas de carvão subterrâneas ficam, às vezes, a uma grande distância da superfície e em condições difíceis para caminhar. Em algumas minas subterrâneas, os trabalhadores pegam carona em sistemas de correia transportadora especialmente concebidos para o transporte de trabalhadores às suas respectivas áreas de trabalho. Em alguns casos, todo o sistema deve ser especificamente projetado e certificado por um engenheiro profissional.

Esse sistema inclui disposições sobre como subir e descer do transportador em movimento e treinamento sobre como usar o sistema. O sistema também deve incluir várias medidas de proteção à prova de falhas para evitar incidentes, por exemplo, se os trabalhadores não conseguirem sair da correia como previsto, deve ser incorporado um método para interromper a correia antes que o trabalhador fique exposto a riscos.

Na transcrição do simpósio *Underground Transport in Coal Mines* de 1978, observa-se que havia então "alguns milhares de

instalações permitindo a prática de caronas em transportadores na Europa". Contudo, a prática de pegar caronas em correias transportadoras ao entrar e sair das minas é atualmente menos frequente devido à velocidade mais elevada das correias dos transportadores e ao desenvolvimento de meios mais seguros de transporte de pessoal. No entanto, é ainda uma prática frequente em várias minas subterrâneas ao redor do mundo, incluindo locais na Alemanha, Turquia e África do Sul.

Justificativas das práticas de carona em transportadores

Os motivos para empregar sistemas que permitem a prática de carona normalmente estão relacionados à rapidez com que os trabalhadores podem chegar aos seus postos, sem atraso nem problemas; nesse caso, qualquer problema representaria uma despesa adicional. Em geral, as justificativas para a prática de caronas em transportadores parecem existir apenas para confirmar a justificativa financeira, em vez de ser baseada em uma análise sobre a segurança e consequências.

Por exemplo, o artigo da Beltcon 5, *The Planning of an Underground Manriding Conveyor System for Iscor's Tshikondeni Colliery*,

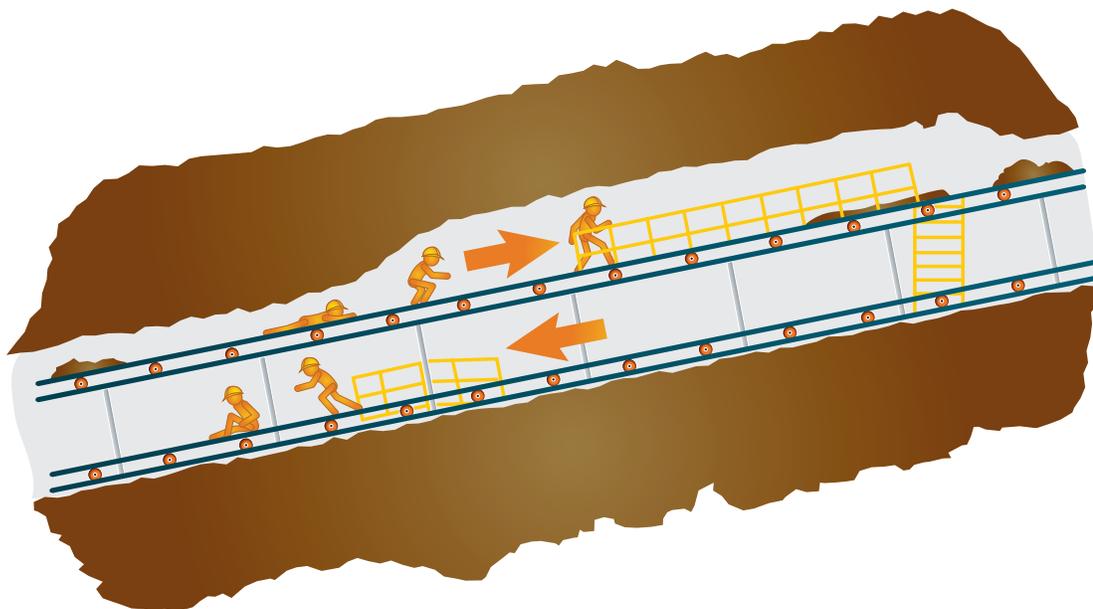


Figura 22.1.

Caronas em transportadores são usadas nas minas para transportar os trabalhadores até a superfície de trabalho e de volta.

escrito em 1989 por W. Moller e E.R. Ascui, expõe em sua introdução:

Figura 22.2.

Pegar carona em um transportador de correia pode ser uma experiência desafiadora e até mesmo desconfortável.



Fatores econômicos, operacionais e de segurança forçaram a Iscor a olhar atentamente os diferentes meios de transporte de pessoal na mina subterrânea Tshikondeni, onde o rápido avanço da face dos túneis de forma totalmente mecanizada resultou no aumento do tempo de deslocamento do pessoal que trabalha no subsolo, diminuindo assim o tempo disponível para exploração. O tempo de disponibilidade da máquina (MAT, machine available time) será gradualmente corroído, a menos que o transporte do pessoal seja melhorado para limitar o tempo de deslocamento.

A agência do Reino Unido publica Alertas de segurança sobre caronas em transportadores

O departamento Health and Safety Executive (HSE) do Reino Unido publicou um *Alerta de segurança* sobre caronas em transportadores. Esse *Alerta* abordava incidentes em que um trabalhador em um transportador ultrapassava a porta de segurança no ponto de descarga (plataforma de desembarque). A porta de segurança que evita essa passagem se encontrava instalada pouco acima de 500 milímetros [≈20 pol.] do centro do transportador.

O *Alerta de segurança* do departamento de HSE observou então que essa posição permitia que fragmentos de minério:

... passassem sem ativar a porta, pois ela ficava muito alta e permitia que uma pessoa na posição de bruços também passasse por baixo sem fazer com que ela fosse acionada.

O *Alerta de segurança* observou um incidente similar em 1992 quando um mineiro experiente não conseguiu desembarcar de um transportador, passando por baixo da porta de segurança até provocar um acidente fatal.

O *Alerta* observou que:

Há claramente um aumento do risco para as pessoas que se locomovem em transportadores quando uma porta de segurança é colocada em uma posição alta para permitir a passagem de minérios, pois isso também permite que pessoas passem por baixo sem acioná-la quando estão de bruços.

O *Alerta* prosseguia da seguinte forma:

Os gestores de minas e os engenheiros devem, portanto, garantir que farão tudo o que for razoavelmente viável para fornecer um meio eficaz de parar qualquer transportador habilitado para a prática de carona, mesmo que esse transportador também seja usado no transporte de minérios, para quando alguém ultrapasse a plataforma de desembarque ao permanecer na posição de bruços.

Um segundo alerta foi publicado pelo HSE quando, na sequência de um procedimento de manutenção, um transportador foi deixado inadvertidamente preparado para operar no sentido inverso. Um trabalhador que embarcou no transportador estacionário e estava sentado na correia sofreu lesões quando o transportador se deslocou no sentido inverso. Esse *Alerta de segurança* observou que:

Deve-se levar em conta o risco de que uma pessoa bata de costas em plataformas de embarque de linha, ou no equipamento em suspensão sobre as correias transportadoras ou em áreas de afastamento convergente ou extremidades de transportadores, assim com os efeitos das inclinações.

O *Alerta de segurança* concluiu que:

Quando um transportador precisar permitir a prática de carona no sentido inverso, estritas medidas de controle devem estar em vigor para garantir que o transportador tenha retornado na direção correta antes de permitir que outra pessoa entre no transportador.

As vantagens a serem adquiridas com um transporte rápido e confortável são óbvias; não pode haver nenhuma dúvida de que esses sistemas só podem resultar na melhoria da produtividade, graças ao aumento do MAT e a que os trabalhadores estão mais descansados.

Os desafios do transporte humano

Alguns trabalhadores consideram que pegar carona no transportador é mais confortável do que percorrer o caminho em vagonetas para pessoas ou veículos motorizados. Outros trabalhadores confessam usar o transportador como um taxi para se moverem, pegando caronas em correias que não estão autorizadas nem projetadas para o transporte humano. (Figura 22.2.)

Mas muitos trabalhadores asseguram que pegar carona em correias transportadoras não é exatamente uma experiência prazerosa; não é um passeio em um parque de diversões. Transportar-se em uma correia transportadora em minas supõe alguns desafios. Esses desafios multiplicam-se com as tarefas necessárias de embarque e saída da correia.

Os mineiros levam o equipamento de proteção individual típico, além de farol, bateria, auto-resgate, rádio, ferramentas e, muitas vezes, levam também a marmita ou mochila. O trabalhador pode ter de dividir a correia com a carga do transportador ou, no mínimo, com o material de retorno residual.

Percorrer passagens confinadas e escuras durante longos períodos, na velocidade da correia, com tetos baixos e paredes apertadas é uma experiência desconfortável e até assustadora. Mesmo quando a velocidade da correia é moderada, o percurso pode ser perturbante ou desorientador.

Algumas caronas permitem o transporte de pessoas sentadas; já outras caronas exigem que as pessoas estejam deitadas de costas ou de bruços. A posição requerida depende

das alturas até o teto ao longo do percurso da correia, ou da quantidade de carga e/ou material de retorno na correia.

Embora a carona em transportadores permita economizar tempo e energia do trabalhador, ao reduzir o esforço necessário para chegar ao local onde o trabalho será de fato executado, ela não é por natureza uma viagem segura e fácil.

Os perigos das caronas em transportadores

A prática das caronas em transportadores supõe inúmeros riscos. Esses perigos estão relacionados com a segurança ao entrar e sair da correia, com os riscos de correias danificadas ou rasgadas e com a dinâmica da correia.

Os relatos de acidentes descrevem roupas largas sendo presas em pontos de pressão, falhas da correia causando congestionamento de pessoas na parte inferior do transportador, falhas ao desembarcar da correia no local apropriado e falhas do sistema de parada de emergência. A dinâmica de parada e partida de sistemas transportadores longos ou rápidos, ou as mudanças súbitas em que a correia cede devido a rolos ausentes podem provocar ondulações transitórias na correia, o que pode arremessar os trabalhadores para fora da correia.

O relatório de 2001 *Best Practice: Conveyor Belt Systems*, preparado pelo Safety in Mines Research Advisory Committee na África do Sul [*SIMRAC Report*], inclui as melhores práticas aplicáveis tanto aos transportadores de material quanto aos transportadores que permitem a prática de carona. Ele inclui também uma seção dedicada exclusivamente às melhores práticas sobre caronas em transportadores.

Pegar carona em transportadores com material – prática bastante comum em transportadores que permitem essa modalidade – pode ser um problema. A publicação *SIMRAC Report*, na seção 8.2.5, descreve que:

O risco supõe que o trabalhador poderá se machucar durante o embarque ou desembarque ao tentar pegar carona no transportador quando houver material na correia. O risco maior é de que os trabalhadores possam tropeçar no

material ou deslizar sobre material solto na correia durante o desembarque.

No Reino Unido, o *Topic Report: Safe use of belt conveyors in mines* [HSE Topic Report] de 1993, dos executivos da segurança e saúde, também abordou a carona em transportadores

Carona em transportadores não permitida

Embora a prática de carona ofereça uma série de riscos, o mais perigoso é a prática "não permitida", ou seja, quando uma correia transportadora não tiver sido projetada especificamente para essa prática. Isso ocorre porque esses tipos de sistemas transportadores não são projetados para acomodar o transporte de pessoal, e a força de trabalho não é devidamente treinada.

As estatísticas do *HSE Topic Report* mostram que dos acidentes com transportadores registrados no período de cinco anos entre 1986 e 1991, a maioria das mortes causadas por acidentes durante caronas em transportadores – na verdade a maior parte do total de mortes em transportadores – foi atribuída às caronas em transportadores sem permissão. Das oito mortes causadas por transportadores, cinco foram causadas por caronas sem permissão, e houve uma que pode ser atribuída a uma violação das regras de transporte da gerência durante a carona. (**Consulte a tabela.**) O relatório observou que 29% dos acidentes com transportadores eram causados pela prática de carona, incluindo seis mortes e 57 lesões graves.

O relatório constatou que os transportadores não expressamente projetados para permitirem a prática de carona "não dispõem de meios seguros de embarque e desembarque nem outras salvaguardas necessárias para o transporte de pessoas e, frequentemente, não dispõem de espaçamentos adequados para tal prática".

O *HSE Topic Report* estabelece:

Os trágicos acidentes a que se refere esta categoria só serão eliminados se as pessoas resistirem à tentação de pegar carona em transportadores não autorizados e se a fiscalização das minas aplicarem rigorosamente as regras de transporte da administração.

Acidentes em transportadores por categoria <i>De 1986-87 a 1990-91</i>			
Categoria	Fatal	Lesão grave	Com afastamento Superior a três dias
Carona em transportadores: Acidentes			
Carona em transportadores: má instalação ou falha na manutenção dos padrões.	–	7	52
Carona em transportadores: violação das regras de transporte de gestores	1	19	46
Carona em transportadores: aparente falta de neo normal de causalidade	–	9	154
Carona em transportadores: não permitida	5	22	3
Acidentes não causados por carona – uso, instalação e manutenção			
Espaçamentos ou proteções inadequados	–	11	27
Manutenção em transportadores móveis ou emperrados ou nas áreas adjacentes	–	25	118
Manutenção em transportadores parados ou nas áreas adjacentes	1	15	262
Uso indevido de equipamentos	–	12	36
Chutes entupidos, queda de derramamentos	–	8	97
Uso do transportador como plataforma de trabalho	–	6	55
Uso do transportador para transportar materiais	1	–	32
Esbarrão ou queda ao cruzar o transportador	–	–	57
Total de acidentes	8	134	939

Fonte: *HSE Topic Report*

e observou que "transportadores com minério podem dar origem a riscos específicos".

O *HSE Topic Report* ainda menciona que o design do sistema e as regras para as suas operações devem assegurar que:

- (a) o minério assentado não apresente espaçamentos inaceitáveis;
- (b) o embarque, a colocação e o desembarque do minério sejam feitos com segurança;
- (c) o minério não role em transportadores inclinados;
- (d) o pó no ar não afete a visibilidade;
- (e) espaçamentos sejam suficientes para evitar a possibilidade de provocar um bloqueio.

Outro risco citado no *SIMRAC Report* era a possibilidade de haver água na correia. A seção 8.2.8 diz:

Em um ambiente onde ocorrem caronas em transportadores, a presença de água deve ser evitada. A estrutura da correia ficará escorregadia se estiver molhada. Cuidado e treinamento para manter a correia seca devem ser práticas incentivadas entre os trabalhadores. Se houver possibilidade de que a correia esteja molhada, os trabalhadores não deverão embarcar, dado que podem escorregar e cair resultando em ferimentos graves ou até a morte.

Outro risco na prática de caronas em transportadores é que ela provoca um efeito hipnótico derivado do movimento rítmico, de baixa frequência sobre os roletes. Como resultado, não é incomum que os trabalhadores durmam na correia. O *SIMRAC Report* descreve na seção 8.2.6:

Há um perigo importante associado à prática de caronas em transportadores quando os trabalhadores adormecem na correia durante o transporte e não desembarcam corretamente. Os trabalhadores que dormirem na correia e passarem pelos sistemas de

detecção poderão ser despejados no chute, causando ferimentos graves e, provavelmente, até mesmo a morte.

Talvez o maior risco ao permitir caronas em correias é a tendência a incentivar os trabalhadores a se sentirem seguros para cruzar a correia e também para permanecer de pé, pegar carona ou dormir nela.

Considerações sobre o design adaptado para caronas em transportadores

Devido aos riscos citados acima, os requisitos e especificações de segurança para a prática de caronas em transportadores são mais rigidamente controlados do que aqueles para sistemas transportadores de correia somente para materiais.

As especificações de transportadores quanto à largura e velocidade da correia devem ser cuidadosamente levadas em consideração.

O *HSE Topic Report* especifica:

As velocidades para caronas normalmente não excedem 2,67 m/s [≈ 526 fpm] conforme declara as regras e códigos da British Coal. Para velocidades superiores a essa, especial atenção deve ser dada para a largura do transportador, com a finalidade de auxiliar no embarque, e para os espaçamentos verticais em toda a extensão do percurso, especialmente nas plataformas de embarque e desembarque. Recomenda-se que a largura nominal de tais transportadores não seja inferior a 1,05 m [$\approx 41,5$ pol.] e que os afastamentos verticais nas estações de embarque e desembarque não sejam inferiores a 1,8 m [≈ 71 pol.]. [...] As caronas em transportadores não devem ser permitidas em velocidades superiores a 3 m/s [≈ 591 fpm], a menos que possam dispor de um método seguro para embarque e desembarque do transportador. A prática convencional de colocar um pé dentro e um pé fora da

Figura 22.3.

Os cabos de parada de emergência devem ser posicionados para que as pessoas transportadas possam operá-los com facilidade e segurança.



correia transportadora não é considerada segura em velocidades superiores a 3 m/s [≈591 fpm].

Os requisitos para controles da prática de caronas em transportadores são muito mais rigorosos do que os controles de transportadores normais, devido ao transporte de pessoas na correia. É essencial arrancar e parar suavemente mesmo quando a carga for assimétrica, para manter a segurança dos trabalhadores na correia.

É essencial que sejam fornecidas cordas de segurança posicionadas de modo que todos os trabalhadores transportados possam facilmente operá-las.

Um dispositivo de segurança nos pontos de descarga deverá ser fornecido para interromper a correia quando a pessoa não sair na

estação apropriada. A distância de parada (desembarque) da correia deve permitir que o trabalhador que deixa passar o ponto de desembarque e, em seguida, puxa a corda de parada não atinja o ponto de descarga. (Figura 22.3.)

Talvez seja óbvio, mas deve-se ainda ressaltar que nenhum transportador que termina em um triturador ou bunker deve ter autorização para permitir a prática de carona em transportadores.

É imperativo que a correia nunca levante os roletes, dado que isso poderia esmagar um trabalhador contra a estrutura do transportador, recipientes ou paredes de ambos os lados.

Um controle eficaz de aglomeração deve ser fornecido para manter o espaçamento e as práticas de embarque seguro quando um grande número de pessoas estiver no transportador, como durante as mudanças de turno.

As normas fornecem alguma orientação sobre as distâncias de espaçamento das estruturas e outras obstruções e a distância entre as pessoas transportadas.

Em 1984, a British Coal Corporation editou *Codes and Rules CR/13 – Underground Belt Conveyors*, que incluía as especificações para a prática de caronas em transportador de correia. Essas especificações definiam normas para espaçamentos, velocidades da correia, estações de embarque e desembarque e dispositivos de segurança.

Essas regras da British Coal Corporation para a prática de caronas em transportadores são incluídas como anexo do livro *Belt conveying of minerals*, escrito por E.D. Yardley e L.R. Stace e publicado em 2008 pela Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Inglaterra.

O artigo da Beltcon 5, *The Planning of an Underground Manriding Conveyor System for Iscor's Tshikondeni Colliery*, incluiu um anexo longo intitulado "Manriding Conveyors for

Treinamento sobre segurança da carona em transportador

O *SIMRAC Report* ofereceu algumas reflexões sobre os requisitos de treinamento para o uso seguro e bem-sucedido de transportadores. Na seção 8.2.1 o relatório especifica que:

Todas as instalações onde houver correias adaptadas à prática de carona devem ter um centro de treinamento pelos quais os visitantes e novos funcionários possam treinar com um profissional qualificado, antes de passar a usar o transportador de verdade. Essa instalação de treinamento deve ser de preferência em uma inclinação e deve permitir o transporte no lado de carregamento e de retorno. O transportador de treinamento também deve dispor de velocidade variável, para permitir que antes os alunos possam embarcar e desembarcar em uma velocidade mais lenta... Quanto melhor o centro de treinamento simular o ambiente real, ou seja, a velocidade da correia, layout da estação etc., maior será o benefício obtido.

Underground Mine Use Proposed Standard Based on International Standards". Os tópicos discutidos nesse anexo incluem:

- Limites de uso
- Velocidade do transportador e inclinações
- Espaçamentos
- Estações de embarque e desembarque
- Requisitos relativos à correia
- Dispositivos de segurança
- Sistemas de comunicação
- Iluminação
- Sinalizações e avisos
- Inspeções necessárias (diárias e semanais)
- Treinamento dos funcionários

Essas normas propostas foram baseadas no documento *Codes and Rules CR/13 – Underground Belt Conveyors* do British National Coal Board, bem como nas recomendações alemãs para transporte de funcionários em correias transportadoras.

REGULAMENTOS E NORMAS



Austrália

Na seção 3.7, a norma de 2015 da Austrália/Nova Zelândia *AS/NZS 4024.3611 Conveyors – Belt conveyors for bulk materials handling* proíbe que os transportadores de correia para manuseio de materiais a granel sejam usados para transporte humano, exceto onde não existam meios alternativos de evacuação de emergência.

A norma prossegue e diz que se o transportador for usado para servir como saída de emergência, ele deverá ser projetado para tal. Uma avaliação de riscos de design deve ser realizada para reduzir os riscos do embarque, transferência e desembarque de pessoas. Essa avaliação de risco deve considerar a existência de um método para colocar a correia no modo

de transporte de pessoas e de um método para garantir que a pessoa transportada possa parar a correia e que a velocidade da correia seja suficientemente lenta para manter a segurança da pessoa transportada. Deve também avaliar os riscos dos pontos de pressão dos roletes de carga e a interferência com o teto, reforços e estruturas da mina, os métodos de embarque e desembarque e o treinamento dos funcionários.



Canadá

O documento *Occupational Health and Safety Code – 2009* de Alberta detalha na seção 603 os requisitos para a prática de caronas em transportadores. As especificações incluem:

603(1)

Um trabalhador não deve pegar carona em uma correia transportadora, a menos que a instalação do transportador seja certificada por um engenheiro profissional e designada pelo empregador como correia transportadora habilitada para a prática de carona.

603(2)

O empregador deve assegurar que o transportador designado como correia transportadora habilitada para a prática de carona esteja em conformidade com os seguintes requisitos:

- (a) não estar em lugar com inclinação superior a 15 graus do plano horizontal;
- (b) ter uma altura livre ao longo de todo o seu percurso de no mínimo 0,9 metros [≈36 pol.];
- (c) ter uma correia cuja velocidade máxima seja de 2,65 metros por segundo [≈520 fpm];
- (d) ter uma correia cuja largura seja de pelo menos 915 milímetros (≈3 pés);
- (e) ter plataformas de embarque com superfícies antiderrapantes que

- (i) não tenham comprimento inferior a 1,5 metro [≈5 pés] e largura de 0,6 metro [≈24 pol.],
 - (ii) tenham uma altura livre de 2,4 metros [≈8 pés] em toda a extensão da plataforma mais 10 metros [≈33 pés] além da plataforma na direção em a correia se locomove;
- (f) ter plataformas de desembarque com superfícies antiderrapante que
- (i) não tenham comprimento inferior a 1,5 metro [≈5 pés] e largura de 0,6 metro [≈24 pol.],
 - (ii) apresentem corrimãos,
 - (iii) tenham espaço suficiente para permitir que os trabalhadores desembarquem sem precisar se inclinarem;
- (g) ter iluminação elétrica nas plataformas de embarque e desembarque;
- (h) ter sinalização refletiva que indique claramente
- (i) as plataformas de embarque,
 - (ii) as plataformas de desembarque,
 - (iii) as indicações das aproximações a 30 metros (≈100 pés), a 20 metros (≈67 pés) e a 10 m (≈33 pés) da plataforma de desembarque;
- (i) ter um dispositivo de segurança que interrompa automaticamente a correia se um trabalhador deixar passar a plataforma de desembarque;
 - (j) ter freios automáticos acionados quando a correia estiver parando;
 - (k) ter um dispositivo de segurança que pare automaticamente a correia, se for detectado um rasgo ou ruptura.

603(3)

Um empregador deve desenvolver procedimentos operacionais de

segurança para os trabalhadores que precisam pegar carona em uma correia transportadora.

603(4)

Um empregador deve exibir os procedimentos operacionais de segurança em transportadores adaptados para a prática de carona em locais bem visíveis e apropriados.



África do Sul

O documento *South African Mine Health and Safety Act, (Act No. 29) de 1996, conforme alteração de abril de 2015*, especifica:

8.9(7)

O empregador deve tomar medidas razoavelmente viáveis para assegurar que o uso, a operação e a inspeção de transportadores habilitados para a prática de carona estejam de acordo com a norma *SANS 10266: 2006 – Edition 1 The safe use, operation and inspection of man-riding belt conveyors in mines*.

SANS 10266-2006, que substituiu a anterior norma *SABS 0266: 1995 Code of Practice, The Safe Use, Operation and Inspection of Man-riding Belt Conveyors in Mines*.

O artigo *An Overview of the Installation Of the First Man-Riding Belt Conveyor in a South African Gold Mine*, escrito em 1995 e apresentado na Beltcon 09 por C.P. Hughes, oferece uma lista dos requisitos apresentados pela norma *SABS 0266* anterior; os seguintes tópicos é um resumo dos temas abordados:

- Embarque e desembarque de plataformas.
- Barreiras de segurança nas plataformas de embarque e desembarque.
- Estrutura lateral especial na plataforma de desembarque da correia inferior.
- Altura livre adicional acima das correias.
- Área adicional entre a rocha inclinada e a parede lateral nas áreas da plataforma, para garantir que haja suficiente espaço

- para as pessoas quando se locomovem.
 - Um "desviador humano" antes da polia traseira.
 - Um cabo de acionamento em toda a extensão do transportador.
 - Um freio para evitar o descontrole e frear em 9 m [30 pés].
 - Comunicação de áudio em cada polia principal [corda de parada de emergência].
 - Detectores de deslizamento da correia.
 - Detector de rasgo da correia.
 - Roletes de alinhamento da correia perto de plataformas e de outras áreas conforme necessário.
 - Detectores de desalinhamento da correia.
 - Percurso de "curso excessivo" que ultrapasse cada plataforma de desembarque.
 - Correntes "despertadoras" cruzando a correia na plataforma de desembarque.
 - Bloqueio de trepidação do chute.
 - Iluminação adicional, alarmes, sinalização e avisos nas plataformas de embarque e desembarque.
 - Roletes de retorno em V, com 10 graus de inclinação e espaçados em intervalos 2 m [≈79 pol.], em vez de rolos planos.
 - Escadas intermediárias para desembarque das correias superiores após a parada.
- (a) Controles ativos de parada devem ser instalados ao longo de todos os transportadores de correia utilizados para o transporte de pessoas, e tais controles devem ser facilmente acessíveis e estar em boas condições para que a correia possa ser parada ou iniciada de qualquer local.
- (b) Transportadores de correia usados para transportar pessoas regularmente devem estar parados durante o embarque e desembarque.
- (c) Todos os transportadores de correia utilizados para o transporte de pessoas devem ter um afastamento vertical mínimo de 18 polegadas [≈457 mm] do projeção de teto mais próxima quando medido a partir da borda da correia e pelo menos 36 polegadas [≈914mm] de espaçamento lateral nas zonas de embarque e desembarque dos transportadores de correia.
- (d) Quando houver pessoas sendo transportadas regularmente em vagonetes de transportadores de correia, a velocidade da correia não deverá exceder 300 pés por minuto [≈1,5 m/s] onde a altura livre seja inferior a 24 polegadas [≈610 mm] e não deverá exceder 350 pés por minuto [≈1,8 m/s] quando a altura livre seja igual ou superior a 24 polegadas [≈610 mm].



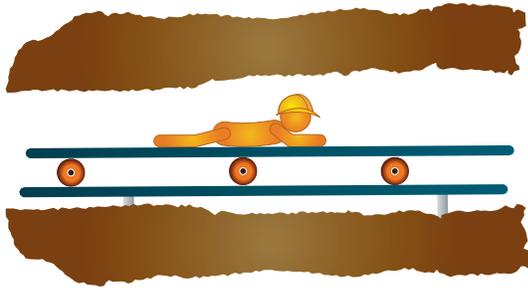
Estados Unidos

Embora a prática (autorizada) de caronas em transportadores nos Estados Unidos seja limitada, os regulamentos da agência Mine Safety and Health Administration (MSHA) permitem a prática em transportadores que estejam adequadamente equipados nas minas de carvão subterrâneas. Os regulamentos da MSHA sobre engates e vagonetas para pessoas na norma *30 CFR 75.1403-5* especificam o seguinte:

- (e) Iluminação adequada, incluindo luzes coloridas ou sinalização refletiva, deve ser instalada em todos as estações de embarque e desembarque. Tais luzes coloridas e sinalização refletiva devem ser colocadas de modo que possam ser vistas por todas as pessoas que se transportam pela correia transportadora.
- (f) Após o transporte de material em transportadores, as condições das correias devem ser examinadas

Figura 22.4.

Alguns transportadores habilitados para a prática de carona são projetados para que as pessoas fiquem na posição de bruços.



para garantir a segurança, e os transportadores de correia devem ser limpos antes do transporte regular de pessoas.

- (g) Um caminho livre de pelo menos 24 polegadas [≈ 610 mm] deve ser fornecido em ambos os lados dos transportadores de correia instalados após 30 de março de 1970. Onde houver suportes de teto instalados a uma distância inferior a 24 polegadas [≈ 610 mm] de um transportador de correia, deverá ser proporcionado um caminho livre de pelo menos 24 polegadas [≈ 610 mm] de largura ao lado do suporte mais distante do transportador.
- (i) Telefone ou outras comunicações adequadas devem ser fornecidos nos pontos em que pessoas ou suprimentos são regularmente embarcados ou desembarcados dos transportadores de correia.

Os regulamentos da MSHA também estabelecem na norma *30 CFR 56.9200 Transporting Persons* que: “As pessoas não devem ser transportadas...”

- (h) Em transportadores, a menos que sejam projetados para assegurar um transporte seguro.

A norma *ASME B20.1-2009 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment* dos Estados Unidos proíbe a prática de carona na maioria dos tipos de transportadores. Na seção 5.12 Operation, fica estabelecido:

- (d) Ninguém deve pegar carona no transportador, salvo quando os

transportadores se deslocarem lentamente, a no máximo 0,4 m/s (80 pés/min), ou quando o transportador incorporar uma estação especificamente projetada para as equipes operacionais.

MELHORES PRÁTICAS

Segurança nas caronas em transportadores

Embora a existência de normas para o design de correias adaptadas à prática de caronas indique a aceitação geral dessa técnica de transporte na indústria, essa prática ainda causa acidentes graves e fatais. (**Figura 22.4.**)

- A autorização de caronas em correias transportadoras é uma prática que deve ser desencorajada e descontinuada.
- Caronas não autorizadas devem ser desencorajadas em treinamentos, quando observadas e, se a prática for repetida, punida com pena que possa chegar até o cancelamento do contrato.

Caso a carona em transportadores seja uma prática autorizada, algumas considerações específicas de engenharia devem ser observadas. Elas são:

- Nenhum transportador usado na prática de caronas pode terminar em um triturador ou silo.
- É essencial que sejam fornecidas cordas de parada de segurança posicionadas de modo que todos os trabalhadores transportados possam facilmente operá-las.
- Um controle eficaz de aglomeração deve ser fornecido quando um grande número de pessoas estiver no transportador, como durante as mudanças de turno.
- As pessoas que pegam carona em transportadores devem reconhecer que a prática só é segura se o sistema for adequadamente projetado e mantido, se as regras forem seguidas, se os funcionários

mantiverem a disciplina e se as brincadeiras forem evitadas.

- Deve ser oferecido treinamento sobre as técnicas adequadas para a prática de carona em transportadores, incluindo o uso de um simulador para ensinar como funciona o embarque e o desembarque aos futuros usuários. (Figura 22.5.)

CONCLUSÕES

Permissão da prática de caronas em transportadores

Se a segurança fosse o único aspecto a ser levado em consideração, nenhum trabalhador jamais deveria usar uma correia transportadora para entrar ou sair de uma estação de trabalho. Embora seja uma regra de segurança comum nunca sentar, permanecer de pé, passar ou andar em uma correia transportadora em movimento, é preciso reconhecer que em algumas localidades ao redor do mundo, a prática de caronas em transportadores é aceita.

Compete às instalações que dependem da prática de caronas em transportadores que seus sistemas sejam projetados, conservados e operados nos mais altos padrões de segurança. Além disso, a força de trabalho deve ser treinada para respeitar devidamente o sistema transportador e as técnicas apropriadas para embarque, transporte e desembarque.

É essencial destacar que fica proibida a prática de carona em instalações cujos transportadores não estejam projetados nem equipados para tal prática. A força de trabalho deve ser treinada sobre por que essa prática é perigosa e sobre as consequências em caso de violação dessa proibição. ⚠



Figura 22.5.

O treinamento sobre a prática de carona deve incluir as técnicas de embarque e desembarque apropriado da correia.



Capítulo 23 **Trabalhando com segurança em torno de transportadores**

INTRODUÇÃO	346
Gestão da segurança.....	349
Práticas de trabalho para aumentar a segurança	349
Bloqueio/Identificação/Travamento/ Teste (LOTO/BOTO).....	352
Exceção de manutenção de menor significação.....	356
REGULAMENTOS E NORMAS.....	357
Sistemas seguros para limpeza e manutenção	367
MELHORES PRÁTICAS	368
CONCLUSÕES	370

INTRODUÇÃO

Há um vasto número de listas e artigos publicados sobre práticas de segurança no trabalho. O que se segue é uma tentativa de resumir o pensamento e as práticas atuais para se trabalhar com segurança em torno de transportadores. Estas informações foram compiladas de uma série de artigos, apresentações sobre segurança, sites, manuais do proprietário e outros documentos, além de terem sido filtradas e combinadas para embasar o manuseio de materiais a granel em transportadores de correia. Em geral, o procedimento mais simples é o mais seguro, porém os autores também reconhecem que, em um esforço para que fosse completo, este capítulo é tudo menos sucinto.

As informações a seguir apresentam um guia básico para práticas a serem usadas por supervisores e funcionários ao operarem, limparem e fazerem manutenção de transportadores com segurança, ajudando a

garantir um ambiente de trabalho mais seguro durante o manuseio de materiais a granel em transportadores de correia.

Embora cada fábrica e cada jurisdição tenha seu próprio conjunto de regras específicas para o trabalho com transportadores de correia a

granel, seguem abaixo algumas das práticas de trabalho mais gerais e comuns. Obviamente, nenhuma lista simples pode cobrir todos os riscos e potenciais. Trata-se de orientações que não são específicas para toda e qualquer situação em particular. (**Figura 23.1.**)

Lista geral para a segurança ao trabalhar com transportadores

Uma revisão completa e sistemática para identificar os riscos pertinentes a todas as tarefas e equipamentos é a base de um programa de segurança bem concebido no trabalho com transportadores. As listas a seguir são sugestões de práticas que a gestão deve especificar, e que os funcionários devem seguir a fim de melhorar a segurança em torno de transportadores de correia.

1. Ajuda mútua para trabalhar com segurança

- Relatar todos os quase-acidentes, ações perigosas e lesões.
- QUALQUER funcionário pode parar QUALQUER trabalho em QUALQUER máquina a QUALQUER momento.
- Confirmar que trabalha em estado de alerta, sem impedimentos e mentalmente apto.

2. Ter autorização

- Todos os funcionários devem ser autorizados e treinados para realizar o trabalho.
- Usar o ‘Sistema de parceria’: ninguém está autorizado a trabalhar sozinho.

3. Uniforme adequado e os equipamentos de proteção individual (EPI)

- Usar SEMPRE botas de segurança, capacete, proteção visual e auditiva.
- Usar os EPIs específicos do local.
- Não usar joias, roupas soltas ou cabelos longos.

4. LOTO/BOTO

- Realizar SEMPRE os procedimentos de bloqueio, travamento, identificação e teste.

5. SLAM (STOP/LOOK/ANALYZE/MANAGE)

- PARE: Pense a respeito da tarefa.

- OLHE: Identifique os riscos.
- OBSERVE: Ferramentas, peças e competências apropriadas.
- GERENCIE: Realize os atos necessários para confirmar que o trabalho esteja sendo feito com segurança.

6. Respeitar o transportador

- Não interrompa o plano de um transportador em movimento com o corpo ou com ferramentas.
- Assuma que o transportador pode ser ligado a qualquer momento.

7. Treinar-se para o trabalho

- Conheça o trabalho.
- Leia e compreenda as instruções.

8. Usar as ferramentas corretas

- Não use ferramentas quebradas ou danificadas.
- Use as ferramentas corretas para o trabalho.
- Não sobrecarregue transportadores ou equipamentos.

9. Segurança

- Mantenha as proteções no lugar.
- Mantenha as áreas restritas bloqueadas e os bloqueios no lugar.
- Ao ver algo, informe sobre o que viu.
- Esteja ciente dos perigos de sobrecarga e tráfego.

10. Limpo e organizado

- Limpe apenas quando for seguro limpar.
- Remova o lixo, as ferramentas e o material descartado.
- Um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar.

Segurança em torno de transportadores: De quem é a responsabilidade					
Gestão	Operador	Funcionário de manutenção	Funcionário de limpeza	Visitante	Requisito de segurança
X					Estabelecer procedimentos de segurança para a inicialização do transportador.
X					Instruir os funcionários sobre como e quando usar dispositivos de parada de emergência, como fios de 'cabo de emergência'.
X					Autorizar apenas funcionários devidamente treinados e cientes dos riscos de operar, inspecionar, reparar ou limpar o transportador.
X					Proibir que os controles e salvaguardas do transportador sejam encobertos, modificados, ignorados, desqualificados ou mal-utilizados.
X					Exigir que todas as medidas de segurança, tampas e controles estejam à vista quando o transportador entrar em operação.
X					Treinar todo o pessoal em procedimentos de segurança do trabalho.
X					Restringir o acesso ao transportador apenas aos funcionários cujos cargos exijam esse acesso.
X					Estabelecer políticas e procedimentos de avaliação conjunta (JSA) para a realização de tarefas específicas em torno dos transportadores de correia.
X					Assegurar que o acesso seguro seja fornecido a todas as áreas de trabalho.
X					Treinar funcionários e visitantes no uso adequado e nos cuidados com seus EPIs.
X					Oferecer treinamento de identificação de perigos aos indivíduos que observam, operam e trabalham nas proximidades do equipamento.
X					Proibir parar, caminhar ou subir no transportador em movimento.
X					Investigar todos os acidentes com o pessoal e com o transportador, além dos quase-acidentes visando a identificar suas causas.
X					Fazer alterações em equipamentos, materiais e processos de trabalho com relação a novos tipos de riscos.
X					Fornecer acesso seguro a todas as áreas em que limpeza ou manutenção vierem a ocorrer.
X					Testar e documentar mensalmente que todos os controles de segurança e paradas de emergência estejam funcionando adequadamente.
X					Identificar todos os controles.
X	X	X	X	X	Eliminar de imediato os perigos identificados.
X	X				Nunca sobrecarregar o transportador.
X		X	X		Garantir que ferramentas adequadas sejam fornecidos, que recebam manutenção e que sejam utilizadas para a realização de todas as tarefas.
	X	X	X		Assegurar que os manuais do fabricante sejam verificados antes do início dos trabalhos.
X	X	X	X	X	Relatar condições de insegurança.
	X	X	X	X	Estar ciente de escadas, passarelas, calçadas e superfícies escorregadias.
	X	X	X		Certificar-se de que todas as pessoas estejam livres de obstáculos antes de operar o transportador.
	X	X	X	X	Prender cabelo e roupas antes de se aproximar de transportadores.
	X	X	X		Limpar os componentes do transportador apenas quando for seguro.
	X	X	X	X	Atravessar o transportador somente nos pontos de passagem designados.
	X	X	X		Retirar as etiquetas de 'perigo' ou 'em reparo' somente após o perigo ser eliminado ou o reparo concluído.
	X	X	X		Manter passarelas, passagens e áreas em torno do transportador livres de obstáculos.
	X	X	X	X	Manter comunicação com todas as pessoas que trabalhem ao longo dos transportadores.
	X	X	X		Retirar todo o pessoal, ferramentas e materiais do transportador antes de inicializar a correia.
X	X	X	X		Não permitir que se utilize uma parada de emergência para desligar (rotineiramente) ou reiniciar o transportador.
	X	X	X		Desligar o transportador [LOTO/BOTO] para liberar, ajustar ou reparar roletes.
	X	X	X		Desligar e bloquear máquinas antes de limpeza, lubrificação, ajuste ou reparo.
	X	X	X	X	Usar o procedimento de Bloqueio/Identificação/Travamento/Teste.
	X	X	X		Manter as pessoas e ferramentas afastadas das peças móveis.
	X	X	X		Controlar os materiais passíveis de queda, detritos e projeção.
	X	X	X		Recolocar as ferramentas nos locais corretos antes de o transportador ser reiniciado.

Gestão da segurança

A gestão da segurança começa na cultura corporativa. Se a direção da empresa defende a segurança mas se concentra na produção, a mensagem é clara: a empresa enfatiza a produção em detrimento da segurança.

Hoje não resta dúvidas de que uma cultura de segurança bem estabelecida e apoiada resulta em operações mais limpas, seguras e produtivas. Isso se reflete em resultados mais rentáveis, melhores relações com a comunidade e em um ambiente de trabalho de nível superior.

As principais causas de diversos acidentes demonstram que políticas, procedimentos e controles de gestão inadequados não asseguram que as pessoas sejam protegidas de perigos que poderiam ter sido identificados, eliminados ou controlados.

Até mesmo em uma operação com uma cultura de segurança estabelecida e eficaz, os perigos do transportador nem sempre são suficientemente vigiados para evitar o contato acidental com partes móveis. As ações de proteção podem ser abandonadas ou omitidas em um momento de pressa, e as pessoas que trabalham em torno dos transportadores nem sempre são suficientemente conscientes dos perigos associados aos sistemas de transportador. É responsabilidade da gestão providenciar a manutenção do equipamento de segurança, reforçando continuamente as práticas de trabalho seguro.

Práticas de trabalho para aumentar a segurança

Todos os funcionários devem ser devidamente treinados nos riscos de um ambiente de manuseio de materiais a granel; nos perigos de se trabalhar nos transportadores de correia ou em torno deles, e nos riscos e técnicas a serem contemplados em cada trabalho específico. (Figura 23.2.)



Figura 23.1.

Em muitas fábricas há regras de segurança detalhadas; no entanto, documento algum pode cobrir todas as situações e circunstâncias.

A fábrica precisa estabelecer e treinar a equipe para seguir políticas e procedimentos durante a realização de tarefas próprias dos transportadores de correia ou em seu entorno. Somente pessoal autorizado, treinado e competente deve operar ou trabalhar na manutenção de transportadores e de outros equipamentos de manuseio de materiais.

Antes de iniciar qualquer trabalho, é preciso assegurar que os funcionários designados tenham sido treinados e que compreendam os riscos associados à tarefa. A menos que o trabalho do funcionário exija isso, ele deve manter-se afastado dos transportadores.

O treinamento básico de segurança deve ser repetido com frequência, em especial quando o equipamento da fábrica for atualizado.

As pessoas que trabalham com transportadores ou em torno deles devem conhecer a localização e a operação de desligamento de emergência, entre outros sistemas de controle. Todo o pessoal que trabalha próximo a transportadores deve ser instruído sobre como e quando utilizar as chaves de emergência a



Figura 23.2.

Funcionários que trabalham em torno de transportadores devem ser devidamente treinados para evitar os perigos dos transportadores e os riscos do trabalho a ser realizado.

fim de poder parar o transportador.

A realização de uma verificação do local de trabalho a cada turno pode evitar lesões ou morte, pois riscos à saúde e à segurança podem ser encontrados e corrigidos. Quando são realizadas verificações no local de trabalho, os funcionários são protegidos, problemas são identificados e perigos eliminados.

A cada turno, todos os postos de trabalho devem ser verificados com relação a condições inseguras. Havendo algum problema, informar imediatamente o supervisor ou gestor sobre o acontecido.

Defeitos ou desgastes em ferramentas ou equipamentos devem ser relatados diretamente ao supervisor da área. Não se deve tentar reparar nenhuma máquina, equipamento elétrico ou fiação que exijam pessoa qualificada e/ou autorizada.

Figura 23.3.

Os funcionários devem usar equipamentos de proteção individual (EPI) de acordo com as regras da fábrica e com os requisitos do trabalho a ser realizado.



Figura 23.4.

Para garantir a segurança dos funcionários, as proteções retiradas para a realização da manutenção devem ser recolocadas na posição correta ao final do procedimento de limpeza e manutenção.



Os funcionários devem notificar imediatamente o supervisor sobre todas as condições ou práticas que possam representar risco para pessoal, equipamento, propriedade, materiais ou à instalação.

Equipamento de proteção individual (EPI)

Os funcionários devem trajar, utilizar e guardar o equipamento de proteção individual (EPI) em conformidade com as normas da fábrica e conforme as complementações feitas para tarefas específicas. Roupas folgadas, joias, cabelos compridos e despenteados e gravatas são proibidos em produção, armazenamento e movimentação de materiais a granel. Em algumas localidades as vestimentas apropriadas seguem as condições da fábrica ou do processo de produção. (Figura 23.3.)

Os EPIs a seguir são exigidos de modo quase universal:

- ✓ Proteção ocular com barra lateral contra impactos (óculos de proteção)
- ✓ Proteção para a cabeça (capacetes)
- ✓ Botas profissionais com bico de aço
- ✓ Proteção auditiva
- ✓ Meio de comunicação bidirecional

Outras formas de EPI frequentemente exigidas incluem:

- ✓ Luvas
- ✓ Máscaras para inalação
- ✓ Macacão e/ou vestimenta com linhas refletoras e/ou de tecido resistente ao fogo
- ✓ Equipamento contra quedas
- ✓ Lâmpada frontal ou colete iluminado

A operação segura

Todo funcionário deve ser devidamente treinado quanto aos riscos de um ambiente industrial (manuseio de materiais a granel); riscos de trabalhar com um transportador de correia ou em seu entorno, e quanto às técnicas específicas do trabalho a ser realizado.

É quase impossível calcular a importância de manter todas as partes do corpo afastadas de transportadores em funcionamento. Essa é a forma mais comum de ser ferido em torno de um transportador. Conforme afirmaram James Normanton e Kris Porter em um artigo de 2006, “Basic Conveyor Safety”, no boletim informativo *Belt Line* da National Industrial Belting Association: “não ponha as mãos onde você não colocaria o rosto”.

É imperativo que os funcionários nunca subam em uma correia do transportador, nem se sentem nela, nem parem em cima dela, nem ao menos a toquem quando em movimento, em momento algum. Todo contato desse tipo expõe o funcionário a risco de lesão devido a componentes que giram, a materiais em movimento e a obstruções.

Operar uma esteira sem proteção é uma das ocorrências mais perigosas e, infelizmente, mais comuns nas indústrias que manuseiam materiais a granel. As proteções são muitas vezes retiradas pelos funcionários para facilitar a manutenção. Isto expõe peças móveis que se tornam extremamente perigosas quando passíveis de serem acessadas. (**Figura 23.4.**)

Os controles do transportador podem ser muito importantes na operação segura de um transportador. Todos os controles e cabos de tração precisam estar plenamente visíveis e facilmente acessíveis, de modo que quem trabalha na área possa alcançá-los.

Os transportadores devem ser verificados com regularidade para certificar de que os controles funcionam corretamente, e que ninguém os tenha modificado, feito mal uso deles, ou desconectado. Treinamento deve ser dado a todos os funcionários sobre onde os controles estão localizados e quando usá-los.

Os transportadores não devem ser operados além da capacidade identificada (pelo projeto) e limites. Exceder a capacidade, a velocidade ou outra especificação do transportador leva a derramamentos de material e à falha prematura do componente, e ambos levam a uma maior necessidade de manutenção, o que resulta no aumento da exposição dos funcionários a riscos.

Limpeza segura

Proteja os funcionários, ajudando a manter a fábrica continuamente limpa e arrumada. É importante que a área em torno dos transportadores seja mantida isenta de material inerte e livre de sujeira, de óleo e de outros materiais desgarrados, sempre que possível, a fim de assegurar que o equipamento continue a operar de forma eficiente.

No entanto, pode ser perigoso fazer limpeza e manutenção quando a correia está recebendo alimentação elétrica ou está em operação. A limpeza em torno de um transportador em funcionamento só pode ser feita com extremo cuidado e somente se todas as proteções tiverem sido levadas em conta. Certifique-se de que não haja ferramentas e objetos nos quais se possa tropeçar ou deslizar na área em torno do transportador. Mantenha a área em torno dos transportadores livre de obstruções, como ferramentas, tubos de ar e mangueiras, peças descartadas ou novas e materiais de embalagem. Isso é especialmente comum com relação às áreas próximas aos pontos de carga e descarga do transportador, por onde os funcionários passam e param para observar as operações.

Medidas para evitar a fuga de material inerte no transportador trazem melhorias por meio da redução dos trabalhos de limpeza e manutenção, os quais, por sua vez, reduzem as despesas da fábrica e a exposição do funcionário a riscos. (**Consulte o Capítulo 24 Correias, material inerte e limpeza.**)

Manutenção segura

Hoje, as empresas que se preocupam com a segurança entendem a manutenção como uma atividade primordial da segurança, que precisa ser profissionalmente gerenciada, medida e executada de modo proativo, tanto quanto possível.

Essas empresas sempre seguem os procedimentos adequados, inclusive LOTO/BOTO. Há técnicos que se tornam às vezes excessivamente confiantes em sua própria capacidade de trabalhar com máquinas, mesmo

quando as máquinas estão ligadas à energia, por terem estado próximos a esses sistemas por muito tempo e pelo motivo de os conhecerem bem. É importante que os funcionários — não importa o nível de experiência — realizem procedimentos preliminares antes de iniciar qualquer trabalho em um transportador ou em qualquer outro sistema.

É preciso verificar se todos os transportadores têm equipamento de segurança, e que tudo esteja corretamente instalado e operacional.

É preciso evitar trabalhar em um transportador em movimento, próximo a ele, ou com um transportador que possa entrar em movimento. **(Consulte as seções de Exceção e segurança durante serviço e manutenção.)**

Jamais retire as proteções para trabalhar em transportadores em funcionamento.

As análises de segurança no trabalho (AST) devem ser executadas com relação a todas as tarefas de manutenção e atualizadas conforme as alterações feitas no equipamento, no mínimo a cada dois anos. Somente pessoal autorizado (treinado e competente) deve operar ou fazer manutenção em transportadores e outros equipamentos de manuseio de materiais.

Toda vez que houver dúvidas, pergunte. Confirme com os gestores locais e funcionários de segurança antes de iniciar/reiniciar as operações.

Figura 23.5.

O Bloqueio/Identificação da fonte de alimentação é parte fundamental de qualquer procedimento de manutenção industrial, em particular de limpeza e manutenção do transportador de correia.



Visitas seguras

Fábricas e minas sempre recebem visitantes. Alguns visitantes são familiarizados com o ambiente industrial, porém há visitantes não frequentes que podem estar desinformados dos perigos comuns ao transportador. Muitas vezes, os visitantes precisam ser guiados por um funcionário experiente da fábrica. Em diversos países as normas de segurança requerem treinamento específico sobre a fábrica para os visitantes que comparecem ao local por certo número de dias ao ano.

Os visitantes da fábrica devem ser informados sobre os requisitos de segurança; ser inspecionados quanto a possíveis problemas com roupas ou cabelo, e receberem os EPIs apropriados antes de terem autorização para se aproximarem do sistema do transportador.

Bloqueio/Identificação/Travamento/Teste (LOTO/BOTO)

Estatísticas demonstram que um número significativo de lesões e fatalidades ocorrem durante inspeção, ajuste e manutenção de transportadores. As lesões mais graves e os riscos mais comuns envolvem quedas com captura ou entrelaçamento nas peças da máquina em movimento. Muitos desses perigos podem ser evitados se os sistemas de transportadores estiverem devidamente isolados de fontes de energia antes da execução de qualquer trabalho de manutenção. **(Figura 23.5.)**

O isolamento da fonte de energia é feito pelo que é comumente denominado procedimento de bloqueio/identificação. O uso de bloqueio/identificação é a tentativa de proporcionar segurança aos funcionários de operações e manutenção que trabalham em torno de máquinas, inclusive de transportadores. O procedimento típico de bloqueio/travamento — às vezes abreviado como LOTO ou LO/TO — inclui as regras a seguir.

1. A todo funcionário é solicitado a colocar um bloqueio pessoal na chave(s) de

- desligamento da energia elétrica. Isso pode exigir um ou vários bloqueios.
2. Somente o funcionário que coloca o bloqueio tem a chave, e somente esse funcionário pode remover o bloqueio.
 3. Se determinado número de funcionários está trabalhando em determinada área, cada um deve colocar um bloqueio na fonte de energia. Alguns equipamentos terão vários locais que podem requerer bloqueio.
 4. Cada funcionário que coloca um bloqueio também deve colocar uma identificação com seu nome, foto e informações de contato.
 5. Somente a pessoa que bloqueou o sistema poderá desbloqueá-lo. Isso impede que alguém inicie inadvertidamente a correia do transportador enquanto outra pessoa está trabalhando nela.

A gestão da empresa é responsável pela capacitação dos colaboradores com relação ao procedimento de bloqueio/identificação utilizado no âmbito do trabalho. Mesmo que a empresa tenha adquirido cadeados e dispositivos de bloqueio para uma ampla gama de aplicações, é fundamental assegurar que os funcionários sejam adequadamente treinados para realizar os reais procedimentos de bloqueio. Os funcionários autorizados devem saber como isolar corretamente o equipamento

O que queremos dizer com LOTO/BOTO: Termos e Procedimentos

Para ter certeza de que há razoável compreensão sobre as etapas do processo de Bloqueio/Identificação/Travamento/Teste, o seguinte pode definir as etapas do processo.

Bloqueio Procedimento para que todos os funcionários coloquem travas nas fontes de energia primária para assegurar que as máquinas permaneçam desenergizadas e inoperáveis enquanto limpeza, reparos ou ajustes são realizados.

Identificação Colocação de uma etiqueta de 'Aviso/Perigo: não colocar em operação' sobre o mecanismo de travamento conectado ao equipamento desativado. Etiquetas e sinais não são usados isoladamente; etiquetas ou sinais são usados juntamente com travamentos. As etiquetas devem indicar o motivo do bloqueio; o nome do funcionário que está trabalhando no equipamento; como essa pessoa pode ser chamada e a hora em que a etiqueta foi colocada.

Travamento Imobilizar uma peça ou sistema mecânico para evitar movimentação ou liberação de energia armazenada em qualquer direção, o que representaria perigo para o pessoal. As imobilizações podem ocorrer por meio de travamento com pinos, aparafusamento,

despressurização, grampeamento, ou de qualquer método que impossibilite a movimentação não intencional de partes mecânicas ou de materiais a granel.

Teste Fornece uma verificação final sobre se um transportador (ou outro sistema) está verdadeiramente DESLIGADO por meio de se tentar reiniciar o sistema (pressionando o botão INICIAR, por exemplo). Uma operação deve tentar iniciar o transportador de correia ou equipamento interligado após a colocação do bloqueio, porém anteriormente ao início do trabalho de manutenção. Outra maneira de dizer isso é: 'Testar' (como em 'Testar o equipamento' ou 'Testar os controles'). Esse procedimento deve incluir as estações locais de início/parada e os controles remotos do sistema para certificar que os controles corretos estejam desenergizados.

Usar o processo de quatro etapas de Bloqueio/Identificação/Travamento/Teste significa que a conclusão do procedimento de segurança de pré-trabalho pode demorar um pouco mais, e, desse modo, atrasar potencialmente o início dos trabalhos da manutenção de fato. No entanto, isso reduz o potencial de lesões para os funcionários.

a fim de garantir que a energia perigosa seja reduzida a zero e permaneça assim até que a manutenção seja concluída. Caso contrário, é iminente o risco de ferimentos ou morte.

No sentido de aprimorar a segurança ao trabalhar com transportadores, os autores defendem uma expansão do isolamento denominada procedimento de Bloqueio/Identificação/Travamento/Teste, frequentemente abreviado como LOTO/BOTO. (**Consulte O que entendemos por LOTO/BOTO: Termos e procedimentos.**) (**Consulte também o Capítulo 25 Bloqueando a correia.**)

Quando aplicadas corretamente, as melhores práticas de Bloqueio/Identificação/Travamento/Teste são uma estratégia central para se trabalhar com segurança em torno do transportador de correia e máquinas relacionadas.

Liberação de bloqueio

Quando o trabalho de manutenção ou de reparação é concluído, a ligação do equipamento que esteve bloqueado demanda igualmente um processo de várias etapas, usado para garantir a segurança dos funcionários e para evitar danos ao próprio equipamento. É importante observar que as quatro primeiras etapas do processo sugerido a seguir devem ser executadas antes da remoção dos dispositivos de Bloqueio/Identificação (LOTO).

- Verifique máquinas e equipamentos, removendo ferramentas e itens não essenciais do transportador e da área de trabalho mais próxima.

Figura 23.6.

Pode haver sérias consequências se uma correia começar a se mover enquanto o pessoal trabalha ou se encontra nas proximidades do transportador.



- Recoloque as proteções da máquina.
- Verifique os funcionários para se certificar de que a área de trabalho está desimpedida e que todos eles estão em segurança, afastados do equipamento
- Notifique a sala de controle e todos os funcionários envolvidos de que os dispositivos LOTO serão removidos.
- Remova os dispositivos de bloqueio.
- Os funcionários que aplicaram os bloqueios em primeiro lugar devem retirar seus próprios dispositivos LOTO.
- Confirme com a sala de controle e com todos os funcionários envolvidos que os dispositivos LOTO foram removidos.
- O alarme de inicialização soa.
- Coloque o transportador em execução para testá-lo.
- Restaure a energia do transportador.

A assistência de funcionários autorizados adicionais pode ser necessária para energizar determinadas seções ou partes do sistema que não integrem a sequência unificada de um único controle.

Reinicie a lista de verificação.

Em suas diretrizes de 2016, *Safety Around Belt Conveyors*, a Conveyor Manufacturers Association of South Africa, Limited fornece a seguinte verificação de segurança para uso anterior à inicialização do transportador:

4.6 Lista de verificação básica anterior à inicialização do transportador

Certifique-se de que:

- ✓ ninguém esteja trabalhando na correia;
- ✓ as proteções tenham sido recolocadas e que todas as travas de segurança estejam em operação;
- ✓ a área está limpa e livre de equipamentos, detritos ou derramamentos;

- ✓ todos os dispositivos e equipamentos de combate a incêndio estão instalados e em funcionamento;
- ✓ todos os grampos foram removidos ou liberados;
- ✓ todos os outros dispositivos de cunha de travamento [antirreversão] foram removidos;
- ✓ o sistema tensor está em funcionamento.

Segurança desde o início

As regras de segurança exigem que nenhum transportador seja iniciado a menos que a pessoa que apertar o botão esteja certa de que todos os outros funcionários foram afastados. Desse modo, as normas especificam que haja um sistema de alarme positivo audível ou visível para atender a diferentes condições industriais. **(Figura 23.6.) (Consulte o Capítulo 5 Alarmes de inicialização.)**

As consequências podem ser graves se um transportador for ligado e começar a se movimentar quando houver funcionários nas proximidades, trabalhando no transportador ou próximos a ele. Nesse sentido, os operadores de transportadores devem seguir procedimentos específicos para assegurar que o transportador esteja livre de objetos estranhos e de pessoas antes da partida. Porém, ainda existem os riscos de que algum operador menos perspicaz não verifique se há funcionários no transportador ou próximo a ele, funcionários esses que estarão em perigo se ocorrer um breve movimento do transportador.

Depois que três funcionários morreram em um período relativamente curto quando os transportadores de correia em que cada um deles trabalhava (individualmente) foram iniciados sem aviso prévio, a MSHA (Mine Safety and Health Administration, Administração de Segurança e Saúde em

A publicação “Safety Idea” aprova Bloqueio, Identificação e Travamento

Em 2010, a Mine Safety and Health Administration (MSHA) dos Estados Unidos publicou o seguinte como ideia de segurança para o programa de prevenção de acidentes *Accident Prevention Program Safety Idea AP2010-98976*:

Antes de trabalhar ou de subir em uma correia do transportador, desenergize-a, bloqueie e identifique-a, travando-a contra movimento.

De 2000 a 2010, cerca de 30 mineiros foram mortos em torno de correias de transportador de superfície e subterrâneas. Mais de metade dessas mortes poderiam ter sido evitadas se os mineiros e os operadores de minas tivessem utilizado e praticado os procedimentos que se seguem para trabalhar em torno de correias de transportador.

- **PARAR**

Não trabalhar ou subir em um transportador em funcionamento, e não tentar colocar o braço ou alguma ferramenta perto de um rolo ou outra peça em movimento quando a correia estiver ligada ou

com possibilidade de ser iniciada. Lembre-se de PARAR e pensar a respeito dos procedimentos para salvar vidas abaixo.

- **Desenergizar**

Pare a correia desligando a energia e desconectando o circuito elétrico no painel de disjuntores ou centro de controle de motores.

- **Bloqueio e Identificação**

Após o desligamento da energia, bloqueie e identifique para assegurar que a transportador de correia não seja energizada enquanto você houver pessoas trabalhando em torno dela.

- **Travamento contra movimentação**

Acidentes ocorreram quando energia armazenada movimentou uma correia do transportador e prendeu alguns mineiros desavisados. Fixar a correia para evitar movimentação não intencionada ajuda a garantir a sua segurança.

Figura 23.7.

Vários regulamentos permitem que alguns procedimentos sejam realizados enquanto a correia está em movimento.



Mineração) dos Estados Unidos, publicou um alerta de perigo para tratar dos riscos da inicialização de transportadores. Para aprimorar a segurança dos funcionários que trabalham com transportadores, o *Alerta de perigo da MSHA: Fatalidades da inicialização de transportador*, aconselhou o seguinte:

- Remova a energia elétrica, bloqueie e coloque identificações no motor elétrico
- Estabeleça e obedeça aos procedimentos de segurança do trabalho
- Treine os mineiros em relação à segurança geral e a tarefas atribuídas
- Mantenha comunicação com todos os mineiros
- Verifique visualmente os transportadores antes da inicialização
- Tenha um registro numérico de todos os mineiros que compõem a equipe de trabalho
- Providencie [e use] um alarme de pré-inicialização
- Soe o alarme antes da inicialização do transportador
- Utilize proteção contra quedas quando houver risco de quedas
- Forneça e mantenha um meio seguro para acessar todos os locais de trabalho

Ao mesmo tempo em que os avisos de pré-inicialização (sinais sonoros e/ou visuais) são necessários, é importante que sejam acionados de fato, e que sejam ouvidos pelos funcionários. Quando o alarme soar, os funcionários devem sair do transportador, e/ou puxar a corda da chave de emergência.

Exceção de manutenção de menor significação

Há gestores que pensam que trabalhar sobre uma esteira em movimento sob todas as circunstâncias é contra a lei. No entanto, a maioria dos regulamentos aceita que alguns ajustes e atividades de manutenção sejam executados enquanto a correia está em movimento. Do ponto de vista prático, há procedimentos que precisam ser realizados com o transportador em execução, como preparar a correia de modo que ela se encaixe no centro. Além disso, existem muitas atividades relacionadas a manter a correia rodando com limpeza, como manutenção para limpeza da correia, que podem ser realizadas com segurança — dentro dos limites especificados — com a correia em funcionamento. (**Figura 23.7.**)

Essas tarefas são conhecidas como exceções de manutenção de menor significação ou exceções da manutenção. Essas exceções aplicam-se somente a atividades menores de manutenção que devem ser executadas durante as operações normais de produção – por exemplo, uso de uma máquina para a função de produção pretendida – necessárias para que a produção prossiga sem interrupção.

Essas exceções aplicam-se somente no caso de o empregador fornecer proteção alternativa eficaz contra energia perigosa.

Para ser considerada ‘manutenção de menor significação’, conforme definido pela Occupational Safety and Health Administration (OSHA) dos Estados Unidos, em uma publicação de tópicos importantes de seu site, intitulada *Relationship of 1910.147, The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout) Standard, to Subpart O, Machinery and Machine Guarding Standards* a atividade deve ser:

- **De rotina:** Realizada como parte do curso de um procedimento regular e básico.
- **Repetitiva:** Repetida regularmente por integrar o processo ou ciclo de produção.

- **Integral:** Inerente ao processo de produção e realizada por integrar esse processo.

É importante notar que a exceção de manutenção de menor significação é aceitável somente enquanto a operação executada substituir o Bloqueio/Identificação com “medidas alternativas eficazes de proteção”. A norma da OSHA especifica também:

Algumas medidas alternativas aceitáveis incluem ferramentas projetadas de maneira específica, dispositivos remotos, proteções de travamento em barreira, disjuntores locais ou chaves de controle sob monitoração exclusiva do funcionário que realiza a manutenção de menor proporção. Essas medidas alternativas devem habilitar o funcionário a executar com segurança as tarefas de manutenção, sem ser exposto a problemas como: energização inesperada, ativação do equipamento ou liberação de energia armazenada.

Em detalhes: a manutenção pode ser feita em equipamento energizado (por exemplo, transportadores) se e somente se o procedimento tiver sido criado e ter provado ser no mínimo igualmente seguro nos momentos em que o transportador não está em funcionamento. Documentar o procedimento de manutenção e o treinamento no método alternativo de proteção aumenta a eficácia do procedimento e as medidas de proteção.

Uma maneira eficaz de desenvolver esses procedimentos seguros para as atividades de manutenção de menor significação é realizar uma Análise de risco e desenvolver Análises de segurança do trabalho com relação às atividades de manutenção específicas sob consideração.

A decisão sobre permitir ou não a manutenção de menor significação enquanto o transportador está em funcionamento recai sobre a gestão da empresa, além de se basear nos regulamentos em vigor nos níveis municipal, estadual ou federal.

REGULAMENTOS E NORMAS



Austrália

Exceção de manutenção de menor significação

Na Seção 5.1 *Maintenance Involving Stored Energy*, a norma australiana *AS NZS 4024.3611:2015 Conveyors – Belt Conveyors for bulk materials handling* proíbe que a manutenção seja realizada, a menos que toda a unidade e a energia armazenada tenham sido descarregadas e/ou isoladas. Em circunstâncias em que não é razoável isolar ou descarregar as energias armazenadas, os riscos precisam ser eliminados por meio do controle da energia.

Todas as atividades de manutenção que precisarem ser executadas quando a energia armazenada ainda estiver presente no sistema – como gravidade ou faixa de tensão – serão executadas somente após elaboração e estabelecimento de um procedimento que permita que o trabalho seja executado com segurança. A norma cita que atividades de manutenção, como instalação ou remoção de correia; substituição de roletes ou ajustes da rota da correia sejam executadas apenas quando um procedimento de trabalho seguro permitir manutenção enquanto o transportador tiver energia armazenada.

Ao cumprirem com o ‘procedimento de segurança do trabalho’, certas minas australianas passaram a permitir o uso de equipamento de limpeza de correia e procedimentos de manutenção que proporcionam uma manutenção mais ordenada com a correia em movimento. **(Consulte como a empresa australiana Engineering Services and Supplies (ESS) realiza manutenção de limpeza com o transportador em execução.)**



Brasil

Exceção de manutenção de menor significação

No Brasil, a norma *NR-22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração* notas em 22.8.10 determina que:

Os trabalhos de limpeza e manutenção dos transportadores contínuos só podem ser realizados com o equipamento parado e bloqueado, exceto quando a limpeza for através de jato d'água ou outro sistema, devendo neste caso possuir mecanismo que impeça contato acidental do funcionário com as partes móveis.

A norma *NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos* especifica na *NR-12.113*:

A manutenção, inspeção, reparos, limpeza, ajuste e outras intervenções que se fizerem necessários devem ser executados por profissionais capacitados, qualificados ou legalmente habilitados, formalmente autorizados pelo empregador, com as máquinas e equipamentos parados e adoção dos seguintes procedimentos: (...)

(b) bloqueio mecânico e elétrico na posição “desligado” ou “fechado” de todos os dispositivos de corte de fontes de energia, a fim de impedir a re-energização, e sinalização com cartão ou etiqueta de bloqueio contendo o horário e a data do bloqueio, o motivo da manutenção e o nome do responsável.



Canadá

Bloqueio/Identificação

Com relação ao Canadá, a diretriz da Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail du Québec/Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (CSST/IRSST), *Guia do usuário para segurança no trabalho com transportador de correia: Proteção contra zonas perigosas*, cita na seção 5: Notas sobre salvaguardas contra os perigos da manutenção (5.1 Princípios gerais):

Figura 23.8.

Extraído das melhores práticas de segurança com relação a transportadores da WorkSafe Alberta Best Practices on Conveyor Safety, Tabela 2-4 “Proteções para atividades de manutenção”.

Salvaguardas para atividades de manutenção <i>Avaliações de perigo precisam ser feitas para todas as atividades</i>	
Ajuste e adaptação	São autorizados em todos os momentos, desde que os pontos de ajuste (por exemplo, ajuste do raspador, tambor e tensor do sistema) estejam fora da zona de perigo. Use travamento se os pontos de ajuste estiverem dentro da zona de perigo. Aplicação das determinações da seção anterior, 5.3, deste guia.
Engraxamento e lubrificação	Autorizados em todos os momentos em que os pontos de lubrificação estejam fora da zona de perigo. Use travamento se os pontos de engraxamento estiverem dentro da zona de perigo.
Limpeza e manutenção de peças do transportador (tambores, rolos, chassi etc.)	Os procedimentos de bloqueio aplicam-se. As operações são autorizadas se a limpeza e a manutenção puderem ser realizadas: <ul style="list-style-type: none"> • com jato automático (de ar ou água); • de acordo com a seção 5.3 acima, deste guia.*
A limpeza e a manutenção embaixo e em torno do transportador; remoção do material recolhido na correia.	Autorizadas em todos os momentos, desde que a zona de perigo contenha proteções. Bloqueie se a zona de perigo não contiver proteções. Aplique medidas da seção anterior, 5.3, deste guia, se o transportador precisar estar operacional. <i>[A seção 5.3 requer que apenas funcionários competentes e no número mínimo necessário sejam expostos às situações de perigo ao trabalharem na correção das situações de risco. Requer ainda que todos os esforços razoáveis sejam envidados para controlar o perigo enquanto a situação está sendo corrigida - Ed.]</i>

O equipamento deve ser projetado de forma que a manutenção (ajustes, lubrificação, limpeza, desentupimento, etc) possa ser realizada em um ponto distante das zonas de perigo. Portanto, todos os pontos de ajuste e de graxa devem ser acessíveis sem que se tenha de remover as proteções ou outros dispositivos de proteção.

Quando for necessário abrir ou remover as proteções, ou mesmo neutralizar dispositivos de proteção a fim de realizar um procedimento de manutenção, salvaguardas devem ser implantadas para garantir a segurança do funcionário nas áreas transformadas em zonas de perigo. Essas medidas precisam estar em conformidade com as seções 185 e 186 da norma *Regulamentos que respeitam a segurança e a saúde ocupacional* [de Quebec].

Segundo a seção 185 dos *Regulamento com respeito à saúde ocupacional e segurança*:

Segundo o estipulado na seção 186, antes de iniciar qualquer tipo de manutenção, reparo ou trabalho de engaxetamento em zona perigosa, as seguintes precauções devem ser tomadas:

- (1) Gire o interruptor de alimentação de energia da máquina para a posição desligado;
- (2) leve a máquina a ter uma parada completa;
- (3) toda pessoa exposta a perigo precisa bloquear todas as fontes de energia da máquina para evitar inicialização acidental por toda a duração do trabalho.

Para obter informações adicionais, o *Guia do usuário da CSST/IRSST* menciona a norma do American National Standards Institute (ANSI), *Z224.1-2003 Control of Hazardous Energy Lockout/Tagout & Alternative Methods*

e a norma canadense da Standards Association (CSA), *Z 460-13 Control of Hazardous Energy – Lockout and other Methods*.

Com relação a Alberta, o guia *Best Practices on Conveyor Safety* especifica na seção 5.2 que: “Os procedimentos de bloqueio/isolamento devem integrar a manutenção geral e os procedimentos de operação”.

A seção acrescenta também que: “Os requisitos legislativos de isolamento de energia perigosa do (Alberta Occupational Health and Safety Code) precisam ser obedecidos”.

Exceção de manutenção de menor significação

Em Ontário, as observações da seção 196 (6), *Occupational Health and Safety Act (R.R.O 1990 Reg. 854), Mines and Mining Plants* dizem que:

O transportador será parado e desenergizado, e o acionador bloqueado e identificado quando o transportador passar por reparos, ajustes ou manutenção, a não ser que:

- (a) seja necessário executar o transportador durante esse trabalho, e
- (b) precauções especiais tenham sido tomadas para evitar que os funcionários sejam atingidos pelas peças em movimento.

As *Best Practices on Conveyor Safety* da organização WorkSafe Alberta observa na Tabela 2.4 (**Figura 23.8**) que procedimentos de bloqueio se aplicam à limpeza das peças do transportador. Atividades de limpeza e manutenção no transportador são autorizadas se a zona de perigo estiver protegida. O bloqueio é necessário quando a zona de perigo não estiver protegida.

Europa



Bloqueio/Identificação e Exceção de manutenção de menor significação

O *German Institute for Normalization (DIN) EN 620 Continuous handling equipment and*

systems – Safety and EMC requirements for fixed belt conveyors for bulk materials aprova uma exceção de manutenção que parece ser um pouco mais restrita que os regulamentos de outras jurisdições, como os Estados Unidos, mas ainda assim permite atividades de manutenção e inspeção no decorrer de uma operação de transportador. Seção 5.8 Medidas de proteção contra riscos decorrentes de situações de inspeção, manutenção e limpeza:

Equipamentos devem ser preparados de modo que, na medida do possível, ajustes, lubrificação, inspeção, limpeza e manutenção possam ser realizados fora das áreas de perigo, segundo a Seção 5.1.4.1. [A Seção 5.1.4.1 requer que: “Todos os pontos de lubrificação e ajustes usados com frequência superior à frequência mensal permaneçam acessíveis sem que seja necessário remover nenhuma proteção”.

Onde for necessário remover as salvaguardas destinadas à realização de manutenção, reparação, inspeção ou trabalhos de limpeza, providências devem ser tomadas para proteger o pessoal nas áreas de perigo resultantes. Essas providências devem ser eficazes em unidades em reparo ou em manutenção, e também em outras partes do sistema que podem estar em funcionamento.

As providências serão uma das que se seguem, ou combinação delas, ou medidas que propiciem um nível equivalente de segurança:

- isolamento e/ou dispositivos de dissipação de energia para peças do sistema ou para o sistema como um todo;
- dispositivos de operação manual;
- dispositivos de redução de velocidade;
- dispositivos de controle de movimento restrito;
- criação de ilhas de manutenção ou reparo com proteção, ou seja, fornecimento de cercas ou

barreiras temporárias. (Consulte também 5.1.6, escorregão, tropeção e perigo de quedas.)

- Se, por motivos técnicos, o trabalho de manutenção não puder ser feito com o transportador em uma paralisação, deverão ser tomadas medidas de segurança. Essas medidas podem incluir a instalação de:
 - sistemas de redução da velocidade;
 - sistemas de controle da amplitude e número de movimentos;
 - dispositivos antirretrocesso.



África do Sul Bloqueio/Identificação”

O Capítulo 8 da lei *Conveyor Regulations of the Mine Health & Safety Act* (Act No. 29 de 1996) (conforme emenda de 2013) especifica o seguinte:

8.9(1)

... O empregador deve garantir que...

- (b) a fonte de alimentação e todas as fontes de energia armazenada de uma instalação de correia do transportador estacionária sejam isoladas, protegidas e bloqueadas durante reparos, manutenção ou limpeza de derramamento nas seções designadas, desde que o alinhamento e o direcionamento da instalação da correia do transportador sejam realizados enquanto a correia está em movimento, presumindo-se que sejam realizados em conformidade com procedimento elaborado e executado para essa finalidade.

Exceção de manutenção de menor significação

De acordo com a diretriz de 2016 da Conveyor Manufacturers Association of South Africa, *Safety Around Belt Conveyors*, na seção 4.5 Safe Operating Procedures: “A única ação que pode ser tomada com a correia em movimento é o seu acompanhamento”.

Na seção 4.3 Lock out Systems, as diretrizes de orientação da CMA determinam:

Quando qualquer trabalho for realizado no transportador, quer na transmissão por correia, componentes ou na estrutura, a pessoa responsável deve assegurar que o sistema esteja adequadamente bloqueado de acordo com os procedimentos de bloqueio recomendados.

Quando for necessário que mais de uma equipe trabalhe simultaneamente no sistema, diversos procedimentos de bloqueio devem ser aplicados, com base em regulamentos e avaliação de risco aplicáveis.

A publicação da CMA ainda explica, na seção 4.1 - Requisitos de segurança para manutenção, que:

a proibição de trabalhar em máquinas em movimento refere-se a tarefas como limpeza da correia, limpeza/manutenção e remoção de derramamentos em pontos localizados. Onde ocorrer acúmulo de material remanescente na face de polias e carcaças mais inativas, a remoção desse acúmulo só é permitida quando o sistema de transportador estiver parado e bloqueado com segurança.

Nos casos em que seja necessário fazer algum trabalho no transportador enquanto a correia está em movimento, como direcionamento da correia ou ajuste de defletores de fluxo de material, é importante que isso seja feito por equipes competentes, de acordo com avaliações de risco aprovadas e procedimentos de segurança do trabalho pertinentes à tarefa a ser executada. Enquanto a tarefa necessária for realizada, é importante que os operadores estejam em alerta e porem o transportador ativando a chave ou o botão de parada de emergência que devem estar facilmente acessíveis. Em todos os casos, com exceção dos que foram mencionados no parágrafo anterior, as chaves de tração e o isolamento de 3 fases devem

estar bloqueados e identificados antes do início de qualquer operação de manutenção, construção ou reparos.

Conforme observado no código de prática obrigatório da Venetia Mine *Mandatory Code of Practice for the Safe Use of Conveyor Belt Installations for the Transportation of Minerals, Material Or Personnel – Revision 2 (Venetia Mine COP)*, o conglomerado de empresas de mineração de diamantes De Beers utiliza a atribuição de tarefas ou título de “Monitor de fábrica”. Trata-se de “uma pessoa designada para garantir um funcionamento estável e seguro da fábrica de beneficiamento de minério”. Os deveres gerais de um monitor de fábrica incluem a inspeção e o controle dos parâmetros de equipamento e sistema, e a realização de limpeza e manutenção gerais da fábrica.

Como explicado na seção 8.325.5 da *Venetia Mine COP*, as funções do monitor de fábrica com relação ao transportador são:

- Verificar a existência de derramamento de material.
- Verificar o carregamento correto da correia. Quando pedras extraordinariamente grandes são continuamente observadas na correia, relatar ao chefe de turno. Se houver situação de perigo, a correia deve ser parada de imediato.
- Verificar se há obstruções entre as proteções e as polias.

A *Venetia Mine COP* contém uma série de restrições ao trabalho do transportador na seção 8.5.1 Regras de segurança para a instalação de correias do transportador:

- Somente pessoas treinadas e competentes terão permissão para operar na instalação da correia do transportador. O monitor de fábrica deve conhecer e compreender as principais regras de segurança de uma operação segura e estável de qualquer instalação de transportador de correia.

- Sempre que transportadores de correia forem interrompidos de forma planejada, o monitor de fábrica deve se certificar de que os transportadores carregados estejam vazios antes da parada do sistema, a não ser que indicado em contrário pelo procedimento normal de funcionamento, ou se solicitado pelo pessoal de manutenção.
- Inspeções visuais do transportador devem ser realizadas subsequentemente a qualquer equipamento a ser parado para manutenção e/ou a paradas anteriores à inicialização do transportador.
- Verificações feitas pelo monitor de fábrica, especificamente da unidade de acionamento, proteções, derramamentos e direcionamento de correia devem ser realizadas logo seja razoavelmente prático, após a inicialização dos transportadores de correia.
- Enquanto a transportador de correia está em execução, o monitor da fábrica irá patrulhar toda a extensão do sistema para verificar a presença de defeitos graves.
- Se algum defeito grave for encontrado, o monitor da fábrica deve parar a correia e relatar a condição de insegurança ou insatisfação.
- Nenhuma manutenção, reparos ou remoção de proteções podem ser permitidos enquanto o transportador estiver em movimento. Nenhum transportador será operado sem a devida vigilância.
- Onde houver remoção de proteção para finalidades de limpeza, manutenção ou reparo, o transportador deve ser desenergizado e bloqueado conforme a política de Desenergização, isolamento, bloqueio, teste e segurança.
- Não poderá ser realizada nenhuma operação de limpeza de derramamento em placas de plataforma de transportador nas proximidades de nenhuma polia rotativa ou rolete, quando houver possibilidade de contato físico com

qualquer ferramenta de limpeza enquanto o transportador estiver em operação.

- Nenhuma amostra [da carga da correia] será tomada a menos que o transportador esteja totalmente desenergizado e bloqueado conforme a política de Desenergização, isolamento, bloqueio, teste e segurança.

A *Venetia Mine COP* oferece orientações adicionais sobre as práticas de trabalho na seção 8.3.24 De-Energising and Lock-out System:

Ninguém poderá realizar trabalhos em uma instalação de correia do transportador ou qualquer outra instalação (por exemplo, instalações elétricas ligadas à correia do transportador) que possam expor pessoas a riscos associados a uma instalação de correia, a não ser que a unidade seja desenergizada, isolada, testada, bloqueada, etiquetada e confirmadamente segura.

Isso não se aplica quando a instalação é obrigada a executar para direcionamento da correia do transportador, ajuste de raspadores, calibração da escala da correia ou das chaves de velocidade, ou qualquer outro trabalho de calibração. Essas operações devem ser realizadas por uma pessoa competente e autorizada.

Estados Unidos Bloqueio/Identificação



Publicada em 2003 e revista em 2014, a norma *ANSI/ASSE Z244.1-2003 Control of Hazardous Energy – Lockout/Tagout & Alternative Methods* estabelece requisitos para o controle da energia perigosa associada a máquinas, equipamentos ou processos que possam causar ferimentos ao pessoal. Joseph J. Lazzara, em um artigo da *ehstoday.com*, “New Lockout/Tagout Standard Details Ways to Better Safety”, analisou as exigências da ANSI/ASSE do seguinte modo: “A base do padrão

Como a ESS da Austrália realiza serviços de limpeza com o transportador em execução

Algumas minas da Austrália permitem atualmente que os técnicos realizem limpeza e manutenção com o transportador em execução.

Por meio de equipamentos especialmente projetados, os técnicos de serviço da concessionária Engineering Services & Supplies Inc. Pty Ltd (ESS) da Martin Engineering, têm aprovação para realizar serviços de limpeza de correia com o transportador em funcionamento em determinadas minas australianas.

Terry Thew, ESS Product Development Manager, explica: “Nós fazemos limpeza e manutenção de raspadores com a correia em execução em alguns poucos locais, e só atendemos ao raspador secundário InlineMartin® DT2”.

Como raspador secundário, o Inline é montado de modo que as lâminas de limpeza fiquem em contato com a correia quando esta sai da polia de cabeça, ou em outras posições acessíveis do retorno da correia.

Ao liberar a tensão de contato da lâmina com a correia pelo lado externo da calha e pela remoção de um pino, o cartucho completo de lâminas pode ser puxado ao longo da estrutura principal do raspador e para fora da porta de acesso. O conjunto da estrutura principal e das lâminas de montagem desliza para fora na lateral do transportador, enquanto o funcionário permanece fora do plano do transportador, distante da zona de perigo.

Terry Thew explica: “A palavra final sobre o procedimento com a correia em execução depende sempre da mina em si e de sua gestão da segurança”. E prossegue:

É altamente incomum obter permissão. A maior parte das minas já decretou que NENHUM trabalho seja feito em torno de um transportador em movimento. No entanto, nós possuímos equipamentos que permitem aos nossos técnicos de manutenção cuidadosamente treinados atender aos raspadores com segurança com a correia em execução. Isso oferece vantagens de produtividade tanto para a mina como para a equipe de serviço.

Mesmo que o serviço não seja permitido com a correia em execução, essa operação pode ter uma vantagem significativa, afirma Terry Thew:

Os técnicos podem realizar de forma rápida, fácil e segura a manutenção em um raspador, até mesmo se precisar ser no decorrer de um desligamento. A redução da duração do trabalho e a remoção de tantos perigos (e trabalho administrativo) quanto possível, é a meta.



Manutenção de raspador de correia com o transportador em execução

As lâminas adicionais alinhadas deslizam para um cartucho de lâmina removível que ultrapassa as montagens do raspador localizadas fora da calha. Esse raspador está apto a ser submetido a limpeza e manutenção com o transportador em execução, por permitir que o conjunto de lâminas seja puxado para fora da posição de limpeza por uma alça localizada na extremidade da estrutura principal.

LO/TO é o uso que esse padrão faz uso de um procedimento sistemático criado para identificar, analisar e corrigir problemas de segurança”.

Por meio da norma *29 CFR 1926.555(a)*, a OSHA norte-americana requer que:

Transportadores sejam bloqueados ou de outra forma mantidos inoperáveis, e, além disso, identificados com “Não colocar em atividade” no decorrer de reparos e quando a operação apresentar perigo para os funcionários que realizam o trabalho de manutenção.

A MSHA norte-americana possui uma série de normas que se relacionam com LO/TO, dependendo dos procedimentos específicos de cada peça de equipamento que venha a ser reparada ou que receba manutenção.

(Figura 23.9.)

Notas *30 CFR 56.12016 Work on electrically-powered equipment:*

O equipamento energizado eletricamente deve ser desenergizado antes de qualquer trabalho mecânico ser realizado no referido equipamento. As chaves de alimentação devem ser bloqueadas [bloqueio] ou outras medidas tomadas, a fim de evitar que o equipamento seja energizado sem o conhecimento das pessoas que nele trabalham. Avisos adequados [identificação] serão afixados na chave de alimentação e assinados pelos indivíduos que realizam o trabalho. Os bloqueios ou conselhos por medida de segurança só poderão ser retirados pelas pessoas que os afixaram ou por pessoal autorizado.

Um requisito típico pode ser encontrado em *30 CFR 56.14105 Procedures during repairs or maintenance:*

Lista de verificação de segurança ao trabalhar com transportadores

A lista de verificação a seguir foi publicada em 2011 pela *For Your Safety*, por intermédio de um e-mail semanal sobre saúde e segurança enviado aos membros do Institute of Scrap Recycling Industries, Inc. (ISRI).

- Há proteções instaladas para todas as rodas dentadas, correntes, rolos, correias e outras peças móveis?
- Há sinais de alerta que se destacam ou luzes instaladas para alertar os trabalhadores para a operação do transportador nos momentos em que não é viável a instalação de dispositivos de proteção?
- Todas as aberturas do transportador, como aberturas de paredes e pavimentos, calhas e moegas contam com proteções quando o transportador não está em uso?
- Os botões de inicialização são protegidos para evitar operação acidental?
- Os controles ou fontes de energia do transportador aceitam um dispositivo de bloqueio/identificação que permita práticas de manutenção seguras?
- Há alarmes de inicialização sonoros previstos para o transportador?
- Todos os acessos e corredores que passam acima ou abaixo ou que são adjacentes ao transportador contam com vãos livres para trânsito ou com corrimões adequados, ou com outros tipos de proteção?
- Há pontos demarcando cruzamentos, fixados nas áreas que os funcionários são mais propensos a usar?
- Todas as passagens subterrâneas têm tetos protegidos?
- Há sinais de aviso de perigo adequados, afixados em todos os cruzamentos, corredores e passagens?
- A saída de emergência foi levada em conta quando os cruzamentos, corredores e passagens foram determinados?
- Os transportadores são equipados com dispositivos de intertravamento que desligam quando ocorre sobrecarga elétrica ou mecânica, como quando há emperramento de produto ou alguma outra interrupção?

Os reparos ou manutenção de máquinas ou equipamentos devem ser realizados somente após a energia ser desligada, e as máquinas ou equipamentos bloqueados contra movimentação perigosa.

Segundo o artigo, “Lockout/Tagout Rules for Safer Mining” de Matt Dudgeon, publicado no *Inside Global Mining*: “De acordo com as normas MSHA, é exigido treinamento nos termos das Partes 48 ou 46 para contemplar os princípios básicos de LOTO, assim como treinamento para qualquer tarefa específica que englobe os procedimentos LOTO”.

Exceção de manutenção de menor significação

Nos Estados Unidos, a OSHA reconhece que é necessário realizar algumas manutenções de menor significação durante operações normais de produção, de modo que determinadas exceções de bloqueio/identificação são aceitas.

Regulamentos MSHA relativos a Bloqueio/Etiquetagem	
Metais/não-metais (de superfície ou subterrâneos)	30 CFR 56/57.12016
	30 CFR 56/57.12017
	30 CFR 56/57.14105
Carvão mineral	30 CFR 75.509
	30 CFR 75.511
	30 CFR 75.820
	30 CFR 75.1725
Carvão de superfície	30 CFR 77.404
	30 CFR 77.500
	30 CFR 77.501
	30 CFR 77.704

Figura 23.9.

Regulamentos MSHA de Bloqueio/Identificação.

Na norma *29 CFR 1910.147*, a OSHA reconhece circunstâncias em que as atividades de assistência e manutenção são realizadas (no todo ou em parte) sem bloqueio ou etiquetagem da máquina ou equipamento.

- Quando os transportadores estão dispostos em série, todos param automaticamente sempre que um deles para?
- Os transportadores são equipados com dispositivos de parada de emergência que exigem reajuste manual antes da retomada da operação do transportador?
- Há chaves de parada ou cabos de emergência claramente marcados e desobstruídos, instalados ao alcance fácil dos funcionários?
- As correias de transportador são continuamente acessíveis e contam com cabos de parada de emergência que se estendem por todo o comprimento da correia do transportador para possibilitar o acesso ao cabo a partir de qualquer ponto ao longo da correia?
- Somente indivíduos treinados são autorizados a operar transportadores e somente as equipes treinadas e autorizadas têm permissão para executar a manutenção?
- Os funcionários estão proibidos de subir nos transportadores?
- Os funcionários estão instruídos a atravessar por cima ou por baixo dos transportadores apenas em corredores adequadamente projetados e fora de perigo?
- Os funcionários são proibidos de usar roupas folgadas ou joias, durante o trabalho próximo aos transportadores?
- Reparo, limpeza e manutenção são realizados somente com base em um programa de Bloqueio/Etiquetagem?

© The Institute of Scrap Recycling Industries, Inc.
Todos os direitos reservados.

O artigo Conveyor Safety Checklist é publicado sob licença e é de propriedade do Institute of Scrap Recycling Industries, Inc. (“ISRI”), 1615 L Street, N.W., Suite 600, Washington DC, EUA, 20036 isri@isri.org.

Uma dessas situações é detalhada na seção 1910.147(f)(1), que afirma que os dispositivos de bloqueio/identificação devem ser removidos temporariamente em situações estritas para permitir testes ou reposicionamento, e estabelece procedimentos para manter a integridade de todos os programas de bloqueio/identificação.

Os requisitos à exceção em manutenções de menor significação estão detalhados na norma OSHA 3120 *Control of Hazardous Energy: Lockout/Tagout*, conforme revisão de 2002:

O trabalho que envolve pequenas mudanças e ajustes de ferramentas, ou outras atividades de manutenção de menor significação, e que consiste em rotina, que se repete; que integra o uso dos equipamentos de produção e que ocorre durante as operações normais de produção não é contemplado pelo padrão de bloqueio/identificação. Essa exceção é restrita, no entanto, e aplicável somente quando o empregador fornece e exige medidas alternativas para assegurar uma proteção eficaz, alternativa.

Os regulamentos da MSHA são semelhantes e afirmam na norma 30 CFR 56.14105 – *Procedures During Repair or Maintenance*:

A movimentação ou ativação de máquinas ou equipamentos é permitida se os ajustes para testes não puderem ser realizados sem movimentação ou ativação, desde que as pessoas sejam protegidas de maneira eficaz contra movimentações perigosas.

Os regulamentos da MSHA para minas de carvão são similares. Tanto a seção MSHA 30 CFR Part 77 (*Surface Mines*) como a seção 77.404(c) 30 CFR Part 75 (*Underground Mines*) 75.725 declaram que:

Os reparos ou manutenção não serão realizados em máquinas até que a energia esteja desligada e a máquina bloqueada contra movimentação, exceto nos casos em que a movimentação das

máquinas seja necessária para fazer ajustes.

A subseção (c) da seção 5.2 Maintenance (Repair) da norma ASME B20.1-2009 *Safety Standards for Conveyors and Related Equipment* afirma que: “Nenhuma manutenção ou serviço será realizado quando um transportador estiver em operação, exceto conforme determinado nos parágrafos 5.3 e 5.4”. O parágrafo 5.3, relativo à lubrificação, e o parágrafo 5.4, relativo a ajustes ou manutenção no decorrer da operação, rezam que: “uma equipe treinada e qualificada, que esteja consciente do perigo do transportador em movimento” pode executar o serviço referido no título do respectivo parágrafo.

Componentes de manutenção amigáveis

Sistemas e componentes podem muitas vezes ser concebidos para garantirem segurança durante serviço e manutenção por levarem em conta a natureza humana. Se a maneira mais fácil de realizar limpeza e manutenção em um componente também for a maneira mais segura, a natureza humana tenderá a seguir intuitivamente esse método seguro e fácil. Se o trabalho, conforme projetado, não for simples, os funcionários buscarão maneiras mais fáceis de fazê-lo. Se a maneira segura não for fácil, os funcionários mais cedo ou mais tarde buscarão formas que sejam mais fáceis, mesmo que não tão seguras.

Se os sistemas e os componentes tiverem sido projetados com simplicidade, de modo que possam ser operados, montados, instalados ou receber manutenção de uma única maneira, serão mais fáceis, mais rápidos e mais seguros de limpar e manter.

A natureza humana também nos diz que mais atenção será dada a componentes criados visando a uma manutenção mais segura, eficiente e ergonomicamente correta do que a componentes instalados em locais sujos, mal iluminados e que exigem que os funcionários se inclinem ou deitem no chão

para inspecionar ou acessar.

O conceito de criação de componentes para que possam ser atendidos de maneira rápida, fácil e segura pode ser resumido pela frase: ‘amigável a serviço’. Esse conceito é muitas vezes denominado ‘Segurança de design’ ou ‘Design de segurança’.

As empresas com forte cultura de segurança entendem o retorno do investimento relativo a especificações e projetos que aperfeiçoem a segurança. Isso pode ser denominado **R.O.C.S.™ (Return on Conveyor Safety™, Retorno sobre a segurança do transportador)**. Os levantamentos da indústria e da literatura de segurança feitos em pesquisas neste livro indicam que a média de retorno sobre investimento relativo a recursos de segurança é da ordem de 80 por cento.

O ponto de vista do projetista e do engenheiro, em geral, é de que se gasta mais tempo e que é mais difícil simplificar componentes. Projetar instalação, operação, limpeza e manutenção intuitivas causa maior gasto cerebral. A recompensa para esse esforço é quase sempre substancial, e os benefícios da redução do sofrimento humano pode ser contido na seguinte frase lugar-comum: é inestimável.

Sistemas seguros para limpeza e manutenção

A demanda por produtos de consumo e a necessidade de uma produção lucrativa levaram proprietários e gestores de grandes operações em massa a recorrerem a períodos mais longos entre as paradas dos equipamentos para realização de manutenções de rotina. O desejo de retornar à operação levou à redução da duração das paradas, às vezes com diversos projetos conflitantes programados. As paradas são momentos de pico de trabalho, com equipes internas e pessoal contratado trabalhando em horários apertados para concluir uma série de projetos antes da data agendada para reinício. (Figura 23.10.)



Figura 23.10.

Alguns sistemas de limpeza de correias são projetados para admitir procedimentos que propiciam segurança durante serviço e manutenção.

No decorrer das paradas, há vários perigos que podem surgir temporariamente em uma instalação, pela natureza da rapidez com que todo o processo de manutenção é realizado. Esses ‘novos’ riscos incluem questões como congestionamento de funcionários e equipamentos, trabalho a quente, movimentação de materiais e equipamentos e testes elétricos.

Se a fábrica não estiver fechada, de modo que as correias estejam em movimento, muitos desses perigos temporários não existirão. É possível realizar determinadas atividades de rotina, enquanto a correia trabalha, de maneira mais segura do que quando a correia está desligada.

Os componentes do transportador podem ser concebidos de modo a serem ajustados ou reparados com segurança com a correia em operação. Os componentes que são bons candidatos a uma manutenção segura enquanto a correia está em operação incluem os raspadores de correia e alinhadores de correia.

Os projetos seguros com relação à manutenção proporcionam outro benefício. Os componentes que são essenciais à operação segura e produtiva de um sistema de transportador são muitas vezes e, infelizmente, negligenciados ou retirados da lista de tarefas no decorrer de paradas planejadas. Isso ocorre porque, quando o tempo é curto, o transportador ainda estará em execução

quando o serviço for adiado para a próxima parada. Pode não funcionar tão bem, mas provavelmente ainda estará em operação. O uso de componentes seguros com relação à manutenção evitam essa situação, permitindo que a manutenção seja executada sem necessidade de parada.

Um ingrediente importante em qualquer plano para permitir o trabalho quando um transportador está em funcionamento é o design adequado dos componentes que precisam ser atendidos com a máxima segurança pelos funcionários que recebem essas tarefas. A segurança desses funcionários deve ser contabilizada por intermédio da utilização de ideias relativas à segurança em manutenção na engenharia do transportador e de seus vários componentes.

Essas ideias de segurança relativas à manutenção incluem modelos que dão acesso ao mesmo tempo em que os funcionários permanecem fora do plano do transportador (rebordo da correia) e, por isso, distantes dos componentes de rolamento. Há uma variedade de componentes que ficam disponíveis e que permitem a manutenção com deslizamento para dentro e para fora, inclusive de vários roletes, mesas de impacto da correia e sistemas de limpeza da correia. Esses componentes montados sobre trilhos permitem que os funcionários de manutenção puxem os componentes para fora para inspeção ou ajuste, recolocando-os depois na posição correta, fazendo isso a uma distância segura, fora do recinto ou área de risco.

MELHORES PRÁTICAS

Manutenção com a correia em operação

O uso de componentes projetados para um serviço seguro e fácil oferece benefícios para a manutenção dos componentes do transportador, que muitas vezes são negligenciados em paradas planejadas ou de emergência. Essa manutenção irá melhorar o desempenho dos componentes e de todo o sistema.

Ao desenvolver e utilizar sistemas que permitem atendimento enquanto a correia está em operação – em combinação com Análises de segurança no trabalho bem redigidas e acesso adequado – as atividades de manutenção e limpeza podem ser realizadas com segurança. Limpeza e manutenção enquanto a correia está em operação libera o pessoal de manutenção para executar tarefas críticas em outros sistemas, reduzindo o tempo de inatividade operacional. Permite também que os componentes do transportador recebam o serviço necessário, podendo propiciar um desempenho eficiente, sem necessidade de paradas.

As melhores práticas de serviço e manutenção com a correia em execução incluem:

- Avaliar a operação para determinar quais atividades ou componentes são candidatos ao serviço com a correia em execução (por exemplo: alinhamento da correia, raspador de correia e centralização de fluxo).
- Realizar uma análise de risco visando a reduzir os riscos diretos da tarefa e diminuir os sintomas de adiamento de manutenção por uma função mais eficaz de componente.
- Obter aprovação local, tanto da fábrica como das agências reguladoras pertinentes, para todas as atividades de limpeza e manutenção com a correia em operação.

Comprometimento da gestão com a segurança no trabalho em torno de transportadores

Os requisitos para a gestão incluem:

- **Cultura de segurança**
Uma equipe dedicada de segurança obterá níveis significativos de desempenho em comparação com as equipes de fábricas que veem a segurança com desdém. Acima de tudo, os funcionários devem se sentir obrigados a relatar todos os incidentes e atos que envolvam insegurança.
- **Regras claras e simples para a segurança geral**
Se os funcionários não conseguem recitar as principais regras de segurança da fábrica de memória, é porque deve haver excesso de regras fundamentais. Reduza a estratégia global de segurança a uma pequena lista contra a qual todas as ações podem ser julgadas.
- **Treinamento**
O treinamento para desenvolver práticas e hábitos de segurança é fundamental. O treinamento deve ser frequente, e os tópicos principais devem ser revistos anualmente.
- **Manutenção preventiva**
Como observado por Rene Galleguillos no artigo: “Predictive Maintenance Strategy for Increasing the Life of Conveyor Systems”, apresentado no congresso sobre correias de transportador no Peru, em novembro de 2015, a manutenção preventiva é mais segura e três vezes menos dispendiosa que a manutenção reativa.
- **LOTO/BOTO**
A estrita observância da desenergização do transportador antes da limpeza e manutenção é um princípio básico de segurança que reduz comprovadamente lesões e fatalidades.
- **Análise de causa-raiz**
A gestão deve agir rapidamente para identificar e corrigir as causas e não aceitar desculpas ou relatórios de incidentes que apenas culpam funcionários na maior parte dos acidentes.
- **Acesso**
O acesso é fator de grande importância para limpeza e manutenção rápidas, eficazes e seguras do transportador.
- **Segurança na etapa de projeto**
Está bem claro que a melhor maneira de lidar com um perigo é eliminá-lo por meio do projeto. Mesmo que a fábrica não use equipamento seguro para limpeza e manutenção ao realizar manutenções com a correia em execução, o equipamento concebido para oferecer segurança ao serviço será mais rápido e mais seguro para se atender.
- **5S**
Um local de trabalho limpo e organizado é seguro e eficiente. Praticar o programa 5S para bem utilizar, ordenar, limpar, manter a saúde e a autodisciplina.

Figura 23.11.

A chave para manter seguros os funcionários com relação aos transportadores é cumprir com orientações e regulamentos de segurança estabelecidos.



CONCLUSÕES

Local de trabalho seguro significa funcionários seguros

A chave para manter os transportadores seguros com relação aos funcionários é seguir regras e regulamentos. (**Figura 23.11.**)

Ao mesmo tempo em que os transportadores podem ser projetados para uma maior segurança, oferecendo maior proteção e recebendo manutenções da forma adequada, ainda assim usá-los com segurança compete àqueles que trabalham nos transportadores e próximos a eles. Os funcionários devem assumir responsabilidades para o seu próprio bem-estar, assim como para o bem-estar dos colegas, mediante a utilização das técnicas e procedimentos de segurança.

O estabelecimento de regras de segurança gerais, claras e simples, por meio das quais os funcionários podem testar situações operacionais de rotina ou inéditas, situações de limpeza e de manutenção igualmente de rotina e inéditas, é uma medida importante para a segurança no trabalho. Em última análise, a gestão tem a responsabilidade de criar e manter uma cultura de segurança. ⚠



Capítulo 24 **Transportadores, material fugitivo e limpeza**

INTRODUÇÃO	372
Riscos com a Limpeza	374
REGULAMENTOS E NORMAS.....	377
Mais segurança na limpeza	382
Segurança na remoção com pá ...	383
Técnicas e tecnologias para limpeza	384
MELHORES PRÁTICAS	388
CONCLUSÕES	389

INTRODUÇÃO

O problema do material fugitivo

Um dos problemas dos transportadores de correia que movimentam materiais a granel é que a carga (que por definição trata-se de partículas e cascalhos não confinados e soltos) pode escapar do sistema de movimentação de materiais. E esse material fugitivo pode levar a problemas de segurança.

Materiais fugitivos podem causar acidentes ou ferimentos nos trabalhadores de forma direta, ou seja, com a queda de granulado ou pedaços sendo lançados pelos transportadores, ou, de forma indireta, em incidentes que provocam escorregões, tropeções ou quedas em caminhos escorregadios ou passagens obstruídas com o acúmulo de material. É fato amplamente reconhecido que muitos acidentes e ferimentos, nas proximidades de transportadores, ocorrem devido à ação de limpeza de materiais fugitivos.

Transportadores de correia como fonte de material fugitivo

Existem várias fontes de materiais fugitivos em uma planta, tais como recipientes com vazamentos, moegas descobertas, pilhas de estocagem e sistemas de coleta de pó com defeito. Mas os transportadores de correia são um dos principais problemas da planta no que se refere a materiais fugitivos.

Material fugitivo pode ser encontrado normalmente nos roletes de retorno, polias traseiras, polias tensoras e pontos de transferência. O material escapa dos transportadores de várias maneiras.

Há material de retorno - carga que se agarra na correia, passa pelo ponto de descarga e termina caindo ao longo do retorno do transportador, normalmente enquanto a correia "pula" sobre os roletes de retorno.

Há derramamentos, ou seja, material que cai pelas laterais da correia, normalmente nos pontos de transferência, onde as forças de carga empurram pedaços de sujeiras e partículas para as laterais da correia, por baixo da calha-guia, onde a correia cede devido



ao suporte inadequado da correia e de falhas nas vedações da borda, provocando aberturas e folgas. O material também pode escapar pela parte traseira dos transportadores,



principalmente em correias inclinadas. Derramamentos também podem ocorrer em qualquer ponto ao longo do transportador durante o percurso do ponto de carregamento até o de descarga, em locais

onde mudanças no equipamento ou forças imprevistas empurram o material para o lado de fora. Acúmulos de material normalmente são vistos ao longo da correia em pontos próximos à descarga, onde a correia côncava se



aplaina na preparação para descarga e dá a volta na polia motora. Derramamento de material também pode ser visto na parte exterior dos chutes de transferência, onde bloqueios e sobrecarga, no fluxo de material causam uma repentina sobrecarga que extrapola a capacidade do chute. Grandes quantidades de material podem vazar de pequenas aberturas nos chutes. Esse material é arrastado pela chuva e se acumula no equipamento e nas passagens.

E, finalmente, há pó, ou seja, partículas finas que são arrastadas da carga pelas correntes de ar durante o carregamento de material, ou à medida que a correia se movimenta ao longo do caminho. Como está presente no ar, o pó pode viajar e se acumular em qualquer parte da planta; muitas vezes, bem longe de suas fontes no transportador.

As vantagens econômicas da limpeza são a redução do pó, melhor funcionamento da planta, funcionários mais eficientes, menos doenças ocupacionais e menos acidentes causados por problemas com materiais fugitivos.

O material fugitivo pode ser minimizado se chutes e calhas-guia desgastadas e outras causas de derramamento forem reportadas e corrigidas. Sistemas efetivos de limpeza de corrente também reduzem o trabalho de limpeza nas proximidades dos sistemas transportadores. Manutenção realizada por uma mão de obra treinada e bem equipada é essencial para controlar os materiais fugitivos.

Em geral, os riscos serão reduzidos se a fuga de materiais puder ser minimizada, e será possível economizar.

Minimizar o material fugitivo reduzirá a necessidade de limpeza, diminuindo assim o risco de ferimentos dos trabalhadores.



Nos Estados Unidos, a agência de Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA) dos EUA relata:

Escorregões, tropeções e quedas representam a maioria dos acidentes da indústria em geral. Eles causam 15% de todos os acidentes fatais, e são a segunda causa de mortes depois de acidentes com veículos.

Em seu site, a organização National Floor Safety Institute (NFSI, Instituto Nacional de Segurança de Pisos) ressalta que embora os escorregões e quedas não constituam a principal causa de ferimentos ocupacionais fatais, eles "representam a principal causa de dias perdidos de trabalho". E esse tipo de incidente pode ser custoso. O site da organização NFSI observa: "De acordo com as estatísticas de indenizações por acidente de trabalho da empresa seguradora ITT-Hartford, eles respondem por 16% de todas as solicitações e 26% de todos os custos".

Figura 24.1

Muitos transportadores permanecem em operação durante o trabalho de limpeza realizado nas proximidades.



Figura 24.2

A utilização de ferramentas de cabo comprido, nas proximidades dos transportadores, pode multiplicar os riscos para os trabalhadores dedicados à limpeza.



Riscos com a Limpeza

Tão perigosa quanto a presença de material fugitivo, que provoca escorregões e quedas de materiais nos trabalhadores, é a limpeza em si de material fugitivo. A necessidade de manter limpo o entorno dos transportadores aproximam os trabalhadores ao mesmo. Devido a requisitos de produção, muitos desses transportadores permanecem em operação durante a realização da limpeza. (**Figura 24.1.**)

Observa-se que muitos acidentes nas proximidades de transportadores de correia ocorrem quando os trabalhadores estão próximos do mesmo por motivos de limpeza e manutenção. Como observado por Todd Swinderman no artigo *Conveyor Design for Safety and Maintenance*, apresentado no evento 2015 SME Annual Meeting: "Aproximadamente 33% de todos os acidentes fatais com transportadores ocorrem na limpeza dos derramamentos e do material de retorno encontrados embaixo e nas proximidades de transportadores".

Outras fontes identificam o risco na tarefa de limpeza nas proximidades de transportadores. Por exemplo, na publicação *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*, de 2003, produzida em parceria pelo Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST, Instituto de pesquisa Robert-Sauvé em saúde e segurança do trabalho) e a Commission de la santé et de la sécurité du travail (CNESST, Comissão das normas, igualdade e da saúde e segurança do trabalho), ambas de Quebec, relatou o seguinte sobre acidentes sérios e fatais: "Grande parte desse número de acidentes ocorreu durante a limpeza (30%) das correias transportadoras em funcionamento e suas áreas adjacentes".

A "Tabela 1-2 Serious or Fatal Accidents by Worker Activity" do documento incluiu estes números:

Atividade de trabalho no momento do acidente, que incluía:

23% Limpeza do tambor ou de outra parte do transportador

7% Limpeza nas proximidades ou embaixo do transportador

A necessidade de limpeza para remover o acúmulo de pó, derramamento e material de retorno do chão e do equipamento nas proximidades do sistema transportador de correia coloca os trabalhadores em risco, sejam eles funcionários da planta ou prestadores de serviço. Isso coloca os trabalhadores nas adjacências dos sistemas transportadores, que normalmente estão em funcionamento durante o trabalho de limpeza. Os trabalhadores podem usar ferramentas de cabo longo, como pás, raspadores, e lanças, para alcançar o contorno e partes inferiores do equipamento, a fim de coletar e mover o material de um lugar para o outro. (Figura 24.2.)

O material fugitivo causa outros tipos de acidentes, talvez com maiores riscos aos trabalhadores. A fuga de materiais de

carga e o acúmulo resultante ao longo de transportadores demandam trabalho contínuo, e supõem custos para limpar as áreas, seja para recuperar o material perdido ou unicamente para preservar a vida útil dos equipamentos. Como muitas plantas precisam permanecer funcionando, com tempo mínimo de inatividade, a necessidade de limpeza coloca os trabalhadores em estreita proximidade com transportadores em operação. Isso aumenta o risco de ferimentos dos trabalhadores.

No seu documento Data Sheet I-570 *Belt conveyors for bulk materials Part II: Operations*, o National Safety Council (Conselho de Segurança Nacional) dos Estados Unidos expõe a questão desta forma:

Limpeza inadequada, especialmente do solo ou dos decks sob os transportadores, é uma das causas mais frequentes de acidentes. Normalmente, em um acidente, o trabalhador está de frente para o curso da correia e, ao

O jogo da culpa: quem fica responsável pelo material fugitivo?

Uma conversa bem típica entre o departamento de manutenção e a equipe de operações poderia ser descrita da seguinte forma:

Manutenção: *"Se vocês limparem a área nós vamos resolver o problema."*

Operações: *"Se vocês tivessem feito a manutenção do equipamento, não teríamos tanto material fugitivo. Assim, não teríamos tanto tempo de inatividade e despesas com limpeza."*

O departamento de manutenção diz que o departamento de operações está sobrecarregando a correia causando derramamento.

O departamento de operações diz que se a correia estivesse alinhada, não haveria derramamentos.

E assim vai...

Esses argumentos circulares se devem mais à falta de treinamento e de recursos humanos nos departamentos da organização, do que à falta de limpeza ou

manutenção em si. O transportador é um sistema. Alterações na operação ou na manutenção afetam a maneira como o transportador se comporta, incluindo a liberação de material fugitivo. Os operadores e a equipe de manutenção precisam de treinamento sobre como as mudanças afetam a operação, e como encontrar e corrigir a causa dos problemas.

O pior dos casos, e de longe o mais comum na estrutura organizacional, é quando diferentes departamentos ficam responsáveis pela limpeza e manutenção. Ninguém se responsabiliza. Apontam-se os dedos, mas o problema não é resolvido. Para melhorar a prestação de contas, ambas as atividades de limpeza e manutenção devem ser submetidas a um único departamento, ou ser terceirizadas a um único fornecedor.

Está comprovado que uma instalação limpa será mais segura e produtiva. Quando os departamentos de manutenção e produção cooperam e os transportadores são projetados ou modificados para reduzir a quantidade de material fugitivo, ocorrem melhorias significativas na segurança e na produção.

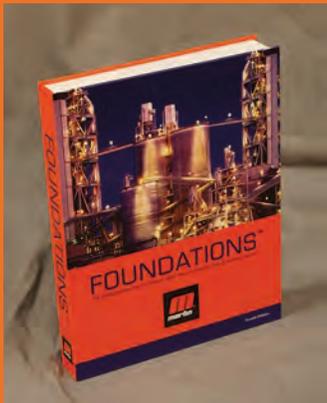
colocar o material do derramamento de volta na correia, é capaz de tocar na correia com a pá. Se, nesse momento, a pá for de encontro a uma emenda da correia, ela poderá ficar presa na emenda e puxar o trabalhador na direção do transportador. O trabalhador poderá então ficar com o braço preso entre os rolos e a correia, causando um possível ferimento grave.

Um artigo da seção de mineração em superfície da publicação *Mining Annual Review 1995* resume o assunto da seguinte forma:

Nos últimos 10 anos no Reino Unido, houve nove acidentes fatais envolvendo transportadores. Desses nove, oito ocorreram durante o reparo ou limpeza de derramamento nas proximidades dos tambores (polias), e apenas um acidente fora devido à proteção inadequada. Priorização da prevenção de derramamento teria evitado algumas dessas fatalidades.

Minimizar o material fugitivo reduzirá a necessidade de limpeza, diminuindo assim o risco de ferimentos dos trabalhadores.

O livro FOUNDATIONS™ mostra como melhorar a segurança, reduzindo a necessidade de limpar as proximidades dos transportadores de correia



A limpeza é tão rotineira e arriscada que este livro dedica um capítulo inteiramente ao assunto.

Claro, há maneiras melhores de controlar o material fugitivo e reduzir a necessidade de limpeza das proximidades dos transportadores de correia. Basta instalar

e manter os sistemas que reduzem o material fugitivo (material de retorno, derramamentos e pó) que escapa dos transportadores de correia que movimentam materiais a granel. Esses sistemas são amplamente debatidos no livro *FOUNDATIONS™ Quarta Edição, Guia Prático para um Controle mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel* da Martin Engineering.

O livro *Foundations™ Quarta Edição* é uma referência impressa de capa dura, com 576 páginas sobre "como" e "por que" melhorar a produtividade do transportador. Ele apresenta um debate detalhado sobre temas e técnicas para melhorar o desempenho dos transportadores de correia.

O *Foundations™* oferece soluções para problemas reais da movimentação de materiais a granel. Esta edição põe especial ênfase na questão da segurança, do controle do pó, do fator humano no controle de material fugitivo, e do retorno econômico ao melhorar os sistemas de movimentação de materiais a granel.

Ele guia os leitores desde os fundamentos sobre como e por que os transportadores funcionam da forma que o fazem (assim como onde os problemas se originam), até sobre como evitar derramamento, pó e material de retorno; como corrigir o alinhamento e como projetar um sistema de lavagem da correia transportadora.

O livro apresenta informações valiosas para o pessoal em todos os níveis, gestores de planta, engenheiros de planta e transportador, gerentes de manutenção e segurança e equipe operacional.

Disponível em inglês, alemão, português e espanhol, em volumes de capa dura e edições digitais, esse recurso fundamental para o controle de material fugitivo inclui mais de 600 fotografias coloridas e ilustrações, bem como tabelas, cálculos de engenharia, tópicos avançados, exemplos de problemas, análise sobre o retorno sobre o investimento e especificações típicas.

Por aproximadamente 20 anos, os livros *Foundations™* da Martin Engineering têm ensinado o pessoal da indústria como operar e manter limpos e seguros os transportadores de correia. A Martin Engineering publicou a primeira edição do *Foundations™* em 1991, seguido pelo *Foundations™ Two* em 1997 e pelo *Foundations™ Three* em 2002.

Para obter informações ou solicitar uma cópia do *FOUNDATIONS™ Quarta Edição*, visite o site da Martin Engineering: martin-eng.com ou envie um e-mail para foundations@martin-eng.com.

REGULAMENTOS E NORMAS

Embora não existam normas que especifiquem a necessidade de limpeza nas proximidades de transportadores, há muitas normas e regulamentos que estabelecem que as plantas devem manter uma limpeza adequada para garantir a segurança do trabalhador. Essas normas de limpeza são em geral mais cuidadosamente especificadas nas legislações de minas de carvão, onde os riscos de incêndio e explosão relacionados ao pó são significativos.

Muitas jurisdições especificam como requisito legal ou práticas recomendáveis que a limpeza nas proximidades do transportador não seja permitida enquanto ele estiver em funcionamento, a menos que possa ser feita de forma segura.



Austrália

A norma australiana *AS/NZS 4024.3610 Safety of machinery – Conveyors – General requirements* debate a necessidade de projetar sistemas transportadores para facilitar a limpeza na seção 2.4.4.1 Design for cleaning and inspection.

Ao observar que a remoção de material fugitivo é importante para a segurança do trabalhador e para a prevenção de incêndios, a norma especifica que o sistema transportador deve ser projetado para permitir a limpeza segura nas proximidades dos pontos com maior probabilidade de ocorrer material fugitivo, tais como chutes de transferência e carga de transportadores e britadores.

A norma *AS/NZS 4024.3610* também observa que onde for preciso recuperar material fugitivo, o transportador deverá incorporar um local ou método seguro em que o material possa ser retornado à carga, tal como um chute para que os trabalhadores não fiquem expostos aos elementos em movimento.

A norma australiana e neozelandesa para transportadores de material a granel *AS/NZS 4024.3611 Safety of machinery – Conveyors – Belt conveyors for bulk materials handling* cita

em vários lugares a necessidade de limpeza e os perigos decorrentes dela, sem oferecer regulamentações e soluções específicas.

Para impedir que o material acumulado crie um perigo, a norma *AS/NZS 4024.3611* específica, na seção 2.3.3, que deverá haver folgas de não menos de 300 milímetros [≈12 pol.] acima do chão, na parte de baixo da correia, e não inferiores a 150 milímetros [≈6 pol.] do piso para as peças giratórias, isto é, os roletes e polias, durante a remoção do material acumulado.



Brasil

A norma brasileira *NR-22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração* específica na cláusula 22.8.10:

Os trabalhos de limpeza e manutenção dos transportadores contínuos só podem ser realizados com o equipamento parado e bloqueado, exceto quando a limpeza for através de jato d'água ou outro sistema, devendo neste caso possuir mecanismo que impeça contato acidental do trabalhador com as partes móveis



Canadá

As diretrizes de melhores práticas *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones* observa na Tabela 2-4 Safeguards for Maintenance Activities que a colocação do material recuperado na correia é:

...autorizada sempre, desde que as partes perigosas permaneçam isoladas pela proteção. Deve-se prestar bastante atenção ao espaço embaixo da correia inclinada localizada a menos de 2,5 m [≈98,5 pol.] de distância do chão (análise de risco da correia).

...Efetue o travamento se a zona de perigo não tiver uma proteção.

A tabela também observa: "Se a necessidade de remoção do acúmulo de material de um

transportador em funcionamento se tornar frequente, talvez seja melhor instalar uma estação de trabalho".

Na cláusula 372, a normativa *Regulation respecting occupational health and safety* de Quebec especifica:

É proibido limpar ou inspecionar um componente de um transportador em movimento, a menos que o processo usado não requeira nenhuma tarefa que possa fazer com que o trabalhador entre em contato com algum elemento em movimento.

O código *Health, Safety, and Reclamation Code for Mines in British Columbia* estabelece na Parte 4.4.16 sobre Correias transportadoras:

- (8) A manutenção ou limpeza de derramamento em correias transportadoras ou em suas proximidades somente deverá ser efetuada se:
 - (a) o sistema transportador for construído de tal forma que o trabalho possa ser feito de maneira segura e sem depender da remoção de quaisquer cercas de proteção ou protetores;
 - (b) for realizada por pessoas que tenham sido completamente treinadas e autorizadas pelo gestor a fazer o trabalho.
- (9) Quando for necessário remover as cercas de proteção ou protetores para fins de limpeza e manutenção, o transportador deverá estar completamente parado, de acordo com as seções de 4.11.1 a 4.11.7 desse código.
- (10) Todas as cercas e proteções removidas durante a limpeza ou manutenção devem ser recolocadas antes de retirar os bloqueios e iniciar o transportador.
- (11) O gestor deve desenvolver procedimentos de trabalho seguro para qualquer trabalho próximo

a transportadores em movimento e apresentar quaisquer alterações importantes ou significativas estabelecidas nos procedimentos de trabalho seguros ao inspetor-chefe para aprovação. Esses procedimentos devem:

- (a) resolver os problemas específicos associados a cada transportador na mina e indicar a velocidade na qual cada transportador trafega;
- (b) incluir um procedimento ou mecanismo seguro de retorno do material na limpeza de derramamentos de uma correia em movimento, e um procedimento ou mecanismo que permita a remoção de materiais que se encontram embaixo da transportadora, e que proteja as pessoas do contato com as peças em movimento do transportador e de qualquer material que possa cair do transportador.

Na cláusula 54 sobre limpeza preventiva, a normativa *Regulation respecting occupational health and safety* de Quebec exige que:

Todas as salas onde pó combustível é gerado devem ser limpas com a frequência necessária para evitar a acumulação de pó em assoalhos, vigas, equipamentos e máquinas, em quantidades que possam apresentar risco de incêndio ou explosão.

Na legislação *Occupational Health and Safety Act, Revised Regulations of Ontario 1990, Regulation 854 Mines and Mining Plants*, cláusula 266, se indica:

Se o pó ou outro material puderem causar algum perigo ao se misturar ao ar, deverão ser removidos com um mínimo de demora por meio de:

- (a) aspirador;
- (b) vassoura molhada;

- (c) pá molhada;
- (d) outros meios apropriados.



África do Sul

As diretrizes *Safety Around Belt Conveyors* publicada em 2016 pela Conveyor Manufacturers Association (CMA) of South Africa Ltd, na seção 4.1 Safety Requirements for Maintenance, incluem:

A proibição do trabalho em máquinas em movimento está relacionada a tarefas como limpeza da correia, limpeza e remoção de derramamentos em pontos localizados. Se houver acúmulo de material de retorno na face de polias e nas capas dos roletes, a remoção desse acúmulo só será permitida quando o sistema de transporte estiver parado e for bloqueado com segurança.

Os seguintes trechos são extraídos da norma *Mine Health and Safety Act 29, 1996* da África do Sul (conforme revisada em 2013), trechos que as diretrizes *Safety Around Belt Conveyors* da CMA incluíram no Anexo A.

O empregador deve garantir que:

- (a) as seções designadas da instalação de correias transportadoras sejam protegidas, conforme a norma 8.8(4), e não sejam limpas se alguma de suas peças estiverem em movimento; dado que uma lavagem com água pressurizada de uma distância segura poderá ser realizada, de acordo com a norma 8.9(1)(i);
- (b) a fonte de alimentação e todas as fontes de energia armazenada de uma instalação de correia transportadora estacionária sejam isoladas e travadas durante os reparos, manutenção ou limpeza de derramamentos nas seções designadas; sempre que o alinhamento e o teste de uma instalação de correia transportadora possam ser levados a cabo enquanto a correia estiver em movimento...
- (i) apenas pessoas autorizadas pelo empregador possam operar, manter,

limpar e reparar uma instalação de correia transportadora, e que todas as limpezas de rotina fora das áreas designadas da seção do transportador da correia sejam levadas a cabo de acordo com procedimento preparado e implementado para essa finalidade.

A Lei estabelece que as seções designadas, como as seções da transmissão, do dispositivo tensor, da polia tensora, do ponto de transferência, e da polia traseira.

A mina Venetia das operações de De Beers Consolidated oferecem algumas regras de limpeza na Revisão 2 do seu código *Mandatory Code Of Practice For The Safe Use Of Conveyor Belt Installations For The Transportation Of Minerals, Material Or Personnel* A Seção 8.5.1 Conveyor Belt Installation Safety Rules inclui a segunda instrução:

Nenhuma operação de limpeza de derramamentos poderá ser realizada nas placas da plataforma transportadora que estiverem próximas a qualquer polia ou rolete giratório, se houver contato físico entre as ferramentas de limpeza com qualquer ferramenta de limpeza, e o transportador em operação.

Na Seção 8.3.4 Installation of Guards, o código de boas práticas prossegue:

Os dispositivos de proteção somente podem ser removidos para fins de limpeza, manutenção, reparo e teste. A remoção dos dispositivos de proteção somente pode ser feita depois de a correia transportadora ser desligada e bloqueada de acordo com a política Travar/ Etiquetar/ Bloquear/ Testar. As proteções devem ser reinstaladas antes de a correia transportadora ser colocada de volta em operação.

O documento ainda enfatiza esse ponto em 8.3.25.7 Duties of Shift Ore Processing Foremen Supervisors and Engineering Foremen. Isso requer que os operadores sejam treinados para:

Garantir que as proteções de segurança somente sejam removidas para fins de limpeza ou manutenção e que isso seja feito somente depois de a correia transportadora ter sido desligada e bloqueada. E que a correia não seja iniciada até que todas as proteções sejam reinstaladas, a menos que para fins de teste (por exemplo, para treinamento em correias).



Estados Unidos

A Seção 5.2(c) da norma *B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment* da organização *American Society of Mechanical Engineers (ASME, Sociedade Norte-americana de Engenheiros Mecânicos)* estabelece: «A manutenção ou a limpeza não devem ser realizadas com o transportador em funcionamento, exceto conforme previsto nos parágrafos 5.3 e 5.4».

Os parágrafos 5.3 Lubrication e 5.4 Adjustment or Maintenance During Operation estabelecem que quando o transportador estiver em funcionamento, o procedimento identificado no título do título do parágrafo somente deverá ser executado por "pessoal treinado e qualificado ciente do perigo que supõe o transportador".

A *OSHA 1910.22(a)* oferece um padrão geral de limpeza na norma *30 CFR 1910.22(a)*, que estabelece: "Todos os locais de trabalho, passagens, depósitos e salas de serviço devem ser mantidos limpos, em ordem e em boas condições sanitárias".

A agência Mine Safety and Health Administration (MSHA, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) possui normas gerais semelhantes, e observa na norma *30 CFR 56/57.20003 Housekeeping* que, em todas as operações de mineração:

- (a) Os locais de trabalho, passagens, depósitos e salas de serviço devem ser mantidos limpos e em ordem;
- (b) O piso de cada local de trabalho deve ser mantido limpo e, na medida do possível, seco. Se forem utilizados processos úmidos, deverá ser feita a drenagem e, sempre que possível, deverão ser fornecidos falsos pisos, plataformas, tapetes, ou outros lugares secos.

Na norma *30 CFR 77.205(b)* sobre passagens nas instalações em superfície, a agência requer:

- (b) Passagens e plataformas ou outros meios de acesso às áreas pelas quais

A ferramenta correta para o trabalho

Usar a pá correta pode fazer com que a limpeza seja mais fácil e segura para o trabalhador. De acordo com o documento *OSH Answers Fact Sheet: Shoveling*, da organização Canadian Centre for Occupational Health and Safety (Centro Canadense para Segurança e Saúde Ocupacional), as diretrizes para selecionar as ferramentas adequadas são as seguintes:

- Em geral, quando a lâmina é colocada no chão, o comprimento total (lâmina, cabo e alça) deve alcançar a altura do cotovelo aproximadamente (com os braços na lateral).
- Pás com cabos compridos proporcionam maior produtividade, mas aumentam o risco de contato acidental com

componentes giratórios e peças em movimento.

- Pás mais curtas com alças em "D" permitem que o trabalhador aplicar mais força de cima. No entanto, alças em "D" não devem ser usados nas proximidades de transportadores.
- Pás com cabos maiores podem ser mais seguras, salvo se houver restrição de espaço. Uma alça mais comprida reduzirá a possibilidade de contato do trabalhador com polias e outros componentes em movimento. Verifique se a pá não é muito comprida, de forma que possa ficar presa em um ponto de pressão entre a correia e um rolete.

as pessoas transitam ou nas quais trabalham, devem estar livres de todos os materiais estranhos e riscos de tropeço ou escorregão.

A norma *30 CFR 56/57.14202* da agência MSHA proíbe enfaticamente a limpeza manual das polias enquanto o transportador estiver em funcionamento.

Além disso, as regulamentações sobre a mineração de carvão da MSHA incluem exigências para a remoção de acúmulos de pó de carvão. Conforme indicado pelo

informativo *Program Information Bulletin P10-18* da MSHA:

A norma 30 C.F.R., seção 75.400, sobre acúmulos de materiais combustíveis da agência MSHA, exige que o pó de carvão, incluindo o pó em suspensão, carvão solto e outros materiais combustíveis sejam limpos e não possam se acumular em operações ativas, nem nos equipamentos a diesel ou elétricos. Além disso, a norma 30 C.F.R. seção 75.400-2 exige que os operadores

Quanto trabalho é possível realizar com uma pá?

A sabedoria convencional, ou talvez seja folclore, diz que um trabalhador pode carregar uma tonelada de material em uma hora. Não se sabe se isso retrata uma medição real da produção, uma história apócrifa cujas raízes se perdem nas brumas do tempo ou apenas um "arredondamento" conveniente do desempenho desejado, que permita a fácil correlação de outras equações da carga de trabalho e produtividade.

Um artigo publicado em *Cassier's Engineering Monthly* relatava em 1917: "Um homem transferindo carvão de uma balsa para as carvoeiras de outro navio, sem auxílio de maquinário e apenas com uma pá e um cesto, pode transferir uma tonelada de carvão por hora".

De acordo com o documento *OSH Fact Sheet* do Canadá, recentemente, a Kodak incluiu informações sobre o trabalho com pá em seu livro "Kodak's Ergonomic Design for People at Work – 2nd Edition", publicado por John Wiley & Sons, Hoboken, Nova Jersey, em 2004. O trabalho da Kodak resumiu os estudos mostrando que uma carga de 750 kg [1.650 lb] pode ser transferida em 15 minutos de trabalho com pá se a colocação do material for a nível do solo e não demandar muita precisão. Se a colocação estiver acima de 102 centímetros [40 pol.] e não for necessário trabalhar com precisão, poderão ser transferidos em 15 minutos 530 kg [1.165 lb]. Se estiver perto do solo, mas for necessário o controle da precisão, será possível transferir 245 kg [535 lb] em 15 minutos.

O documento *OSH Answers Fact Sheet: Shovelling* da organização Canadian Centre for Occupational Health and Safety (Centro Canadense para Segurança e Saúde Ocupacional) oferece esta diretriz:

A taxa mais eficiente de trabalho com pá é de aproximadamente de 18 a 21 pás cheias por minuto. No entanto, o cansaço aparece em pouco tempo a essa taxa. Portanto, a taxa recomendada para tarefas contínuas de trabalho com pá é geralmente de aproximadamente 15 pás cheias por minuto. Tarefas que envolvam o trabalho contínuo com pá não deverão ser executadas durante mais do que quinze minutos a cada hora. A taxa de trabalho com pá também dependerá do nível de dificuldade em que a pá pode ser inserida no material a ser removido (por exemplo, grãos, neve, cascalho, terra compactada).

Parece óbvio pensar que se o material estiver disperso e empilhado aleatoriamente em torno de uma transportadora, o trabalho com pá será mais lento que se for realizada uma pilha de estocagem acessível e unificada (se o material estiver solto).

O documento canadense *Shovelling Fact Sheet* prossegue:

A altura de lançamento não deve exceder 1,3 metro (aproximadamente 4 pés). A distância ótima de lançamento é ligeiramente superior a um metro (aproximadamente 3 pés). A carga deve ser reduzida se a tarefa demandar lançamentos mais distantes.

Ele também constata:

Como a maioria do trabalho com pá é feito ao ar livre, uma ponderação sobre as condições climáticas é muito importante. Em condições mais extremas, com muito calor e umidade ou com muito frio e vento, 15 minutos de trabalho com pá deve ser intercalado com 15 minutos de descanso.

Figura 24.3.

Material fugitivo cria problemas de segurança porque a necessidade de limpeza aproxima os trabalhadores dos transportadores em operação.



de mina estabeleçam e mantenham um frequente programa de limpeza e remoção de acúmulos de carvão e pó de carvão em suspensão, carvão solto e outros combustíveis. Ambas as normas foram desenhadas para prevenir acúmulos de materiais combustíveis e para reduzir o perigo de incêndio e explosão na mina.

Mais segurança na limpeza

A primeira dica para fazer a limpeza nas adjacências de transportadores de correia com segurança é desligar e bloquear o transportador durante a limpeza. (**Figura 24.3.**) (**Consulte o Capítulo 23 Trabalho seguro nas proximidades de transportadores.**)

Porém, em muitos casos, os trabalhadores são enviados a trabalhar nas proximidades de transportadores em movimento. Os transportadores permanecem em funcionamento para manter a produção no cronograma e/ou para simplificar a remoção dos materiais retirados. Se, devido ao cronograma de produção ou outras restrições, não for prático bloquear o transportador, deverão ser aplicadas as seguintes práticas de limpeza segura, fornecidas pelo National Safety Council (Conselho de Segurança Nacional) no documento *NSC Data Sheet I-570*:

- Não limpe as áreas inferiores ou próximas do equipamento quando a visibilidade for reduzida. Notifique ao supervisor sobre os perigos e condições existentes e, em seguida, proceda de acordo com as instruções.
- Os trabalhadores que limpam os derramamentos nas adjacências do transportador devem ser treinados nas práticas de limpeza seguras.
- Ao fazer a limpeza em transportador aéreo, como passarelas ou tábuas do deck, ou ao fazer reparos em alturas acima da cabeça, há perigos de queda do material; “áreas de queda” (área abaixo das estruturas superiores) devem ser isolada e os locais de risco, devidamente sinalizados. Além disso, deve haver um observador posicionado no nível do solo para orientar que os demais permaneçam afastados.
- Coloque os materiais fugitivos de volta em uma correia transportadora em movimento apenas nos locais especialmente projetados e protegidos para permitir o carregamento seguro. Geralmente, é preferível que a estação de moega seja carregada pela minicarregadeira ou carregadeira do que pelo retorno manual dos materiais fugitivos a uma esteira em movimento. Devolver material com a pá em uma correia em movimento fora da estação de carga deve ser considerada prática insegura no mundo de hoje.

Remoção de material fugitivo com pá

Provavelmente a tarefa de limpeza mais comum é a remoção de material fugitivo com pá. (**Figura 24.4.**) De acordo com o documento *Guidelines for Shovel Design & Use*, publicado pelo Mining and Quarrying Occupational Health and Safety Committee (Comitê de Segurança e Saúde Ocupacional em Pedreiras e Mineração) da Austrália, os riscos da remoção de materiais com pá são:

- Movimento repetitivo de alcance - como por exemplo, trabalhar com a pá embaixo dos transportadores - aumenta a pressão na parte inferior das costas.
- Movimentos altamente repetitivos altamente repetitivo com a pá - ou seja, repartido desigual das tarefas durante o turno de trabalho - aumenta a fadiga acumulada.
- Sobrecarga da pá, por exemplo, levantamento de muito material, particularmente com pás de cabos maiores, colocando muita carga e pressão sobre o trabalhador.
- Técnicas deficientes de trabalho com pá - como por exemplo, jogar o material para trás - provoca torção excessiva da coluna vertebral do trabalhador.

As considerações para controlar os riscos apresentados pela remoção de material com pá incluem:

- As tarefas de remoção com pá podem ser eliminadas por meio da contenção do material e do não derramamento no solo?
- A remoção de material com pá pode ser reavaliada? O processo pode ser mecanizado?
- Selecione a pá correta para facilitar uso e minimizar o risco de ferimentos. Coisas a serem levadas em consideração: tamanho da lâmina, lâmina plana ou angulada, acuidade da lâmina, forma e dobra do alça e tipo de aderência.

Segurança na remoção com pá

O primeiro passo para realizar uma limpeza segura está em trabalhar com a pá de forma segura. A remoção de material com a pá é um trabalho árduo, principalmente para o coração e para as costas. Uma série de dicas pode melhorar a técnica e segurança de remoção com pá. São elas:

1. Trave o transportador. Se a limpeza não puder ser feita sem a remoção das proteções, então o transportador deverá



Figura 24.4

Provavelmente a tarefa de limpeza mais comum é a remoção de material fugitivo com pá, o que é sempre feito pelo funcionário mais jovem e recentemente contratado.



Figura 24.5.

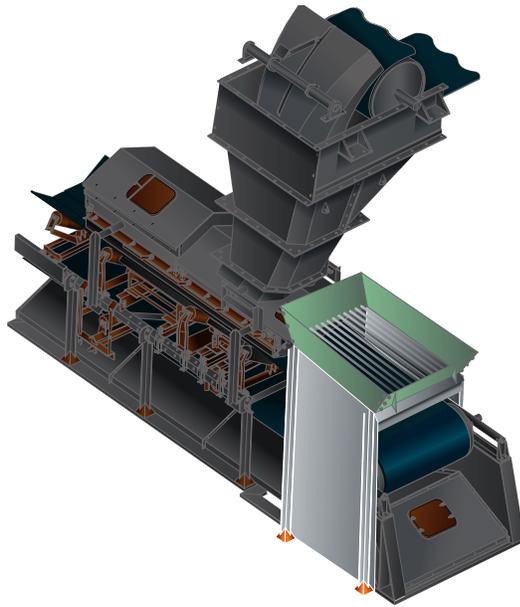
As pás com "Alças em D" não seguras porque há chances de que as mãos dos trabalhadores fiquem presas no alça se a pá for agarrada pelo maquinário.

ser Travado / Etiquetado / Bloqueado / Testado (LOTO/BOTO, Lockout / Tagout / Blockout / Testout).

2. Se a limpeza tiver de ser feita enquanto o transportador estiver em operação, verifique se todas as proteções estão no lugar e se o material recolhido está sendo devolvido à correia por meio de uma moega de limpeza devidamente projetada e protegida.
3. Se as proteções não forem adequadas para proteger TODOS os pontos de pressão, então o transportador deverá passar pelo processo LOTO/BOTO para fins de limpeza. As proteções deverão ser reparadas ou substituídas imediatamente.
4. Não use pás com alça em D. As pás de alças em D podem dificultar a liberação, dado que a mão do trabalhador poderá ficar presa no alça em "D". (**Figura 24.5.**)

Figura 24.6.

O material retirado da planta deve ser retornado ao transportador em uma moega de recarga protegida de forma apropriada próximo ao trilho do transportador.



5. Use a técnica apropriada para ajudar a garantir que o trabalho com pá seja eficaz e sem ferimentos. Evite lesões nas costas, enchendo a pá moderadamente. Lembre-se de se colocar em base com os pés firmes no chão; estabeleça uma ampla base de apoio com os joelhos separados, pernas flexionadas e costas retas. Levante com as pernas, não com as costas. Segure com a mão perto da pá para manter o peso próximo ao corpo; isso incentiva o trabalhador a usar as pernas. Evite torções; mova os pés ao girar, em vez de girar o corpo.
6. Se o local estiver longe demais para arremessar confortavelmente, caminhe até onde o material possa ser despejado. Mantenha os braços perto do corpo; segurar a pá com os braços estendidos coloca muito peso sobre a coluna vertebral.
7. Tenha cuidado quando o material for lançado. Esteja atento quanto ao entorno. Tenha atenção com outros trabalhadores e equipamentos móveis que possam se deslocar e, portanto, esmagar, confinar ou de alguma forma prender a equipe de limpeza. Tenha atenção com outros trabalhadores em áreas próximas, para evitar atingir colegas de trabalho com materiais.
8. Nunca faça a limpeza desacompanhado. Faça uso do sistema de parceria.

Se a distância que o material precisa ser movido for maior do que a distância ideal de um metro de arremesso, então o material deverá ser colocado em uma pilha de coleta ou recipiente de algum tipo, como um carrinho de mão, uma caçamba frontal de carregadeira ou um silo de laterais baixas, de forma que o material possa ser coletado e esvaziado por equipamentos mecânicos.

Se o material coletado precisar ser devolvido à correia por meio de despejo ou de trabalho manual com pá, uma zona de recarga do transportador deverá ser incorporada ao ponto de transferência. O carregamento manual poderá ser realizado com segurança ao se incorporar uma porta de acesso entre a polia traseira e o chute de carga de uma seção traseira devidamente protegida. **(Figura 24.6.)** O material também poderá ser retornado à correia depois da extremidade de saída da calha-guia do ponto de transferência ou em outros pontos em que a correia estiver exposta, como ao entrar na descarga do transportador, sempre que haja um ponto de carregamento específico protegido para evitar que uma pá ou uma pessoa entre em contato acidental com a correia ou com qualquer componente giratório ou em movimento.

Técnicas e tecnologias para limpeza

Outros equipamentos e técnicas podem ser incorporados no projeto de limpeza, seja como complemento ou substituição do trabalho básico com pá. Esses métodos incluem mangueiras de alta pressão, escavadeiras pequenas e caminhões aspiradores ou bombadores. As taxas de material movido ou recuperado por diferentes métodos de limpeza são comparadas na **Figura 24.7**.

Algumas dicas de métodos de limpeza seguros e eficientes são abordadas a seguir.

Taxa de limpeza	Mínima (tonelada métrica/ hora)	Padrão (tonelada métrica/ hora)	Máxima (tonelada métrica/ hora)
Remoção manual com pá	0,50	1,00	1,50
Mangueira de incêndio	1,00	2,00	3,00
Minicarregadeira	1,00	2,00	3,00
Carregadeira	6,00	12,00	18,00
Caminhão aspirador	15,00	25,00	35,00

Figura 24.7.

Comparação da taxa de limpeza usando várias técnicas e ferramentas.

Mangueira de alta pressão

Nos locais onde é permitido por lei, normalmente se utilizam sprays de água de alta pressão para remover acúmulos de material.

(**Figura 24.8.**) Eis aqui algumas dicas:

- Use óculos e lentes de segurança.
- Estabeleça a pressão da mangueira em um nível que os trabalhadores possam segurar e movimentar de forma segura.
- Para evitar o efeito chicote da mangueira, segure de maneira firme, permaneça perto do bico da mangueira, libere a pressão lentamente, e/ou receba ajuda de um segundo trabalhador para a manter o controle da mangueira.
- Mantenha boa postura, permaneça com os pés separados, incline-se para frente a fim de controlar a pressão. Não fique virado de costas para as passagens nem escadas. Não suba ou desça as escadas enquanto estiver manuseando a mangueira com pressão.
- Conheça a direção da água. Isso é importante durante as operações de limpeza, de modo que o spray não afete outras operações, o pessoal nem o equipamento. Quando a operação de limpeza estiver completa, é importante que a planta não tenha problemas de emissões e vazamentos de água contaminada, não tratada.
- Inicie trabalho de cima para baixo, lavando plataformas, passagens e outras áreas em que haja acúmulo de material.

**Figura 24.8.**

Sprays de água de alta pressão são normalmente usados para remover acúmulos de material.

- Preste atenção ao spray. Evite direcionar o bico às caixas de derivação elétrica e a outros trabalhadores.

A planta deve ser equipada com sistema de esgotos ou fossas adequadas durante a etapa de design de plantas caso haja intenção de se utilizar a mangueira na limpeza. Esses sistemas provavelmente precisarão de um tanque de retenção para evitar a descarga não controlada de água contaminada.

Como a mangueira pode supor risco de emaranhamento ou de tropeço nas proximidades do transportador, pode ser aconselhável instalar estações de mangueira de incêndio em locais fixos na planta. Com bicos de articulação instalados nessas estações, um operador seria capaz de lançar a água nos locais de derramamento, sem precisar ter de arrastar uma mangueira ao redor da planta.

Figura 24.9.

Carregadeiras pequenas são normalmente usadas na limpeza, pois o tamanho compacto permite passar pelas proximidades e debaixo do sistema transportador.



Figura 24.10.

Minicarregadeiras podem receber implementos para melhorar as operações de limpeza.

A foto é cortesia da United States Mine Rescue Association (Associação de Resgate em Minas dos Estados Unidos).



Minicarregadeiras

Pás-carregadeiras pequenas, normalmente chamadas de "minicarregadeiras" ou "bobcats", são normalmente usadas nas operações de limpeza do transportador. (Figura 24.9.) As minicarregadeiras são úteis porque são menores que os equipamentos de tamanho normal e podem ser manobradas em espaços estreitos como em transportadores no subsolo. Os equipamentos menores também são mais econômicos tanto na compra quanto na operação do que as pás-carregadeiras e escavadeiras de tamanho normal.

Elas normalmente têm uma caçamba, mas podem receber outros implementos, como lâmina niveladora, motoniveladora ou empilhadeira para realizar outras tarefas na planta. (Figura 24.10.)

Embora sejam dispositivos que economizam mão de obra, as minicarregadeiras também podem apresentar riscos ao pessoal da

planta. Nos Estados Unidos, a agência National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional) se deparou com um número de fatalidades associadas à minicarregadeiras.

De acordo com procedimento de operação segura da Universidade de Nebraska Lincoln intitulado *Safe Operating Procedure: Skid Steer Loaders*, esses acidentes são normalmente causados por:

- Trabalhar ou se posicionar debaixo da caçamba da carregadeira levantada.
- Inclinar-se para fora do compartimento do operador na trajetória dos braços de elevação em movimento
- Entrar ou sair de forma inapropriada
- Capotar

Para evitar capotagens em inclinações, dirija em linha reta para cima ou para baixo com o lado mais pesado direcionado para cima e com a caçamba abaixada. Não passe por declives íngremes.

As dicas para se usar minicarregadeiras nas operações de limpeza de uma planta são:

- Use equipamentos de proteção individual (EPI) apropriados ao ambiente, incluindo capacete, óculos de segurança e proteção auricular. Use sinto de segurança.
- Estabeleça os afastamentos antes de iniciar; conheça o tamanho da lâmina e a altura da carregadeira quando a lâmina ou caçamba estiver totalmente levantada.
- Não opere a carregadeira de maneira com que uma das rodas saia do chão.
- Não sobrecarregue a caçamba. Fazer duas viagens é melhor que sofrer um acidente.
- Desloque-se com a caçamba abaixada ao transportar materiais. Não carregue itens que possam cair ou rolar.
- Verifique seus companheiros de trabalho antes de mudar a direção (especialmente antes de dar marcha à ré).

- Ao dirigir, preste atenção nos pedestres, bem como em outros veículos. Saiba onde estão todos os pedestres antes de se mover.
- Se estiver trabalhando com outros funcionários nas imediações, como uma equipe de limpeza, por exemplo, use o sistema de parceria e tenha um "observador" exclusivo indicando a presença de outros profissionais, bem como de obstruções e outros perigos.

As seguintes práticas minimizarão as situações de risco associadas à operação e manutenção de minicarregadeiras:

- Não deixe o assento do operador enquanto o motor estiver ligado. Nunca tente ativar os controles, a menos que esteja sentado, com os cintos de segurança afivelados e com a barra do assento (se houver) abaixada.
- Mantenha todas as partes do corpo no interior da cabine ao operar uma minicarregadeira.
- Nunca permita que peguem carona sobre a minicarregadeira, seja na caçamba ou em outro implemento, seja no compartimento do operador, a menos que o compartimento seja projetado para acomodar uma segunda pessoa.
- Barricadas e outros dispositivos de aviso devem ser usados para desviar o tráfego quando as operações da carregadeira estiverem em estreita proximidade com o tráfego de pedestres ou veículos. Sempre mantenha os transeuntes a uma distância segura da área de trabalho.
- Siga as instruções do fabricante quanto ao programa de manutenção da carregadeira.
- Nunca tente realizar a manutenção nem outro trabalho enquanto os braços de elevação ou implementos estiverem levantados sem a utilização de um dispositivo aprovado de suporte de braço levantado. Recoloque as proteções e blindagens depois da realização de reparos ou manutenção.



Figura 24.11.

Caminhões aspiradores fornecem uma ação de limpeza poderosa para coletar material fugitivo.

- Os operadores de minicarregadeiras devem ser devidamente treinados. Treine o pessoal para que possam inspecionar, usar, manter e consertar as minicarregadeiras de acordo com as instruções do fabricante.

Ao se trabalhar nas proximidades de minicarregadeiras:

- O pessoal que trabalha muito próximo de uma minicarregadeira em operação deve usar vestuário de alta visibilidade.
- É preciso estar consciente sobre a velocidade em que a minicarregadeira pode mudar a direção.

Caminhões aspiradores

Outro tipo de equipamento pesado normalmente visto nas operações de limpeza de transportadores é o caminhão aspirador. São coloquialmente chamados de "air movers" (assopradores) nos Estados Unidos e "bombeadores" no Brasil. Mas, claro, eles não são usados para sugar o ar, e sim para remover o material. (**Figura 24.11.**)

Eles proporcionam uma poderosa ação de limpeza por aspiração capaz de remover sólidos, líquidos, lamas ou chorumes por meio de linhas de mangueiras com diâmetro de 1 a 4 polegadas [≈25 a 100 mm], normalmente. Eles sugam o material para um tanque colocado no caminhão, que é capaz de filtrar o ar e liberá-lo, além de coletar o material no tanque.

Deve-se tomar cuidado ao trabalhar com uma mangueira ou próxima a ela. A poderosa ação de sucção das linhas de mangueiras aspiradoras pode causar ferimentos graves ou fatais.

Ao serem usados nas operações de limpeza, os caminhões aspiradores precisam se mover menos que os demais equipamentos, como as minicarregadeiras. Na maioria das vezes, o operador pode mover a extremidade da mangueira sem ter de mover o caminhão. Mas eles são equipamentos grandes que, especialmente nas extremidades de um ambiente industrial, podem apresentar visibilidade limitada da cabine. Por isso, deve-se ter cuidado quando precisar mover o caminhão para outro local.

As dicas para se trabalhar com "caminhões aspiradores" nas operações de limpeza de um transportador são:

- Use os equipamentos EPI apropriados ao ambiente e à operação desse sistema (inclusive proteções auriculares).
- Conheça os riscos associados ao material a ser aspirado.
- Conheça os equipamentos, inclusive os controles de parada de emergência. Os operadores devem ser treinados e autorizados. Os trabalhadores das áreas adjacentes também devem conhecer os controles de parada de emergência.
- Permaneça fora do tanque, ele representa um espaço confinado.
- Nunca dê marcha à ré no caminhão aspirador sem o auxílio de um observador e constante contato visual. Sempre saia da cabine e examine a situação antes de dar marcha à ré.

MELHORES PRÁTICAS

Limpeza do transportador

As seguintes práticas são identificadas como Melhores práticas de limpeza de material fugitivo nas proximidades de transportadores de correia:

Instale sistemas para evitar ou minimizar o material fugitivo, e procure que estejam inspecionados, ajustados e cuidados.

- Invista em sistemas para prevenir a fuga de materiais, como pó, derramamento e material de retorno. Os sistemas que evitam a fuga de material fugitivo proporcionam retorno imediato e significativo sobre os investimentos, reduzindo os gastos com a limpeza e substituição de componentes do transportador.
- Novos sistemas podem ser projetados de modo que proporcionem segurança na limpeza das partes debaixo do transportador, em áreas onde se possa antecipar o elevado acúmulo de materiais fugitivos. Nessas áreas, o transportador pode ser elevado e protegido para permitir a limpeza de forma segura e em intervalos menos frequentes.

Siga as práticas de desligamento apropriadas quando precisar fazer a limpeza nas proximidades de transportadores de correia.

- Isso inclui o método Travar / Etiquetar / Bloquear / Testar, conforme detalhado no **Capítulo 23 Trabalho seguro nas proximidades de transportadores**.
- Faça uso do sistema de parceria.

Empregue as tecnologias disponíveis para substituir ou complementar a limpeza manual.

- Use sistemas de lavagem, minicarregadeiras, caminhões aspiradores e outros sistemas de acordo com o orçamento e as necessidades de limpeza para minimizar o trabalho. Ao usar equipamentos motorizados, preste atenção com o pessoal que trabalha nas proximidades; receba ajuda de observador ao se deslocar.

Use técnicas apropriadas de trabalho ao realizar a limpeza manual nas proximidades dos transportadores de correia.

- Use técnicas e ferramentas apropriadas para reduzir os riscos de ferimentos.
- Sempre que possível, recolha o material em uma área da qual possa ser removido mecanicamente.

- Retorne o material para um transportador em movimento apenas em uma moega devidamente protegida e projetada para permitir que o retorno do material seja seguro.

CONCLUSÕES

Manter a limpeza é manter a segurança

A necessidade de limpar as proximidades de transportadores de correia coloca os trabalhadores em risco, dado que normalmente precisam trabalhar em transportadores em movimento. Mesmo se os transportadores não estiverem em operação, o acúmulo de material fugitivo supõe riscos, como plataformas não estáveis, passagens desniveladas e materiais arremessados ou em queda. O essencial é primeiro reduzir a quantidade de material fugitivo e, segundo, usar técnicas apropriadas para coletar e manusear material fugitivo de forma eficiente e segura. **(Figura 24.12.)**

Embora não seja tecnicamente um material fugitivo, a limpeza de acúmulos nos chutes de descarga e de desvio resultantes do acúmulo de partículas pode apresentar perigos significativos de queda de pedaços de materiais a granel consolidados e, muitas vezes, exigem que o trabalhador se exponha ao espaço confinado e tenha uma licença de acesso. ⚠



Figura 24.12.

Um dos segredos de um transportador seguro é reduzir a quantidade de material fugitivo e, em seguida, utilizar as técnicas adequadas para limpar o material que tenha escapado. Um transportador limpo é um transportador mais seguro.



Capítulo 25 **Bloqueio do movimento da correia**

Agradecimentos a Greg Westphall, diretor de engenharia, Flexco, pelos conselhos e revisão desse capítulo.

Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

INTRODUÇÃO	390
Como uma correia travada pode se mover.....	391
Avaliação dos riscos de movimentos descontrolados	394
Bloqueio da correia	394
Procedimentos apropriados de bloqueio	398
Grampos projetados para fins de segurança	399
Verificação dos riscos de movimento.....	400
MELHORES PRÁTICAS	400
CONCLUSÕES	401

INTRODUÇÃO **Os riscos do movimento indesejado da correia**

Conforme anteriormente debatido nesse volume, é prática padrão, embora devesse ser um procedimento, que antes de trabalhar nas proximidades de transportadores de correia, o sistema de acionamento deve estar desligado. Isso supõe travar e colocar tags nos sistemas de transmissão do transportador de correia, bem como em qualquer equipamento que possa alimentar ou retirar material no transportador. Tais equipamentos seriam outros transportadores, alimentadores, trituradores e portas de cima dos recipientes alimentados por gravidade. Além disso, deve ser restrito o acesso a todos os pontos de carga que possam receber manutenção realizada por equipamentos móveis.

No entanto, o que é menos conhecido é subsiste o potencial risco de movimento da correia transportadora, com possibilidade de lesão, mesmo quando o transportador

está devidamente travado e etiquetado. Os transportadores de correia já feriram e mataram muitos trabalhadores ao se movimentar mesmo quando o sistema de transmissão se encontra desligado.

Conforme se observa nas diretrizes *Safety Around Belt Conveyors* publicada pela Conveyor Manufacturers Association of South Africa Limited:

... É importante lembrar o perigo que representa a energia residual armazenada no sistema e saber lidar com isso adequadamente.

Portanto, é preciso isolar a energia armazenada de uma área de trabalho ou liberá-la completamente do sistema, para que o trabalho seja realizado em um ambiente seguro.

Como uma correia travada pode se mover

Para fins operacionais, as correias de um transportador são submetidas à tensão, tanto pelo peso da carga carregada por ele quanto pela força do sistema de transmissão e do sistema tensor. Essas forças se combinam para criar uma tensão que estica a correia, o que permite que o sistema de transmissão mova a correia pela estrutura.

Uma correia transportadora sob tensão é como um elástico esticado. Esse estiramento surge à medida que a correia é submetida a forças consideráveis. O volume de tensão tem como base fatores como a geometria do material da correia, especificações de transmissão e tensão, assim como o volume de material transportado no aclave ou declive da correia.

Há lugares, ao longo do sistema transportador, em que as tensões podem ser consideravelmente maiores que em outras áreas do sistema. O que determinará onde as tensões serão elevadas e onde serão mais baixas será a posição do sistema de frenagem ou transmissão, o dispositivo tensor, o aclave ou declive do sistema, as partes carregadas da

correia, assim como o movimento ou não da correia.

Essas tensões permitirão a aplicação de energia do torque da transmissão para a correia, no caso de transportadores em aclave, ou por meio da carga e da gravidade para a correia em transportadores em declive, a fim de mover de forma eficiente a correia e sua carga. Nos casos de transportadores em aclives, se não houver tensão adequada, não haverá movimento ou, pelo menos, nenhum movimento eficiente. Em vez de mover a estrutura do transportador, a correia deslizará até entrar em contato com os componentes giratórios do sistema de frenagem ou de transmissão. Nos casos de transportadores em aclave, a tensão criada pela carga e gravidade é normalmente usada para pressionar a polia traseira. Se a tensão não for adequada na traseira, a correia deslizará, e o efeito de frenagem por meio da fricção da polia traseira permitirá que a correia deslize.

Os requisitos legais para bloquear o equipamento

Como substantivo, o termo "bloqueio" significa uma obstrução ou obstáculo; como verbo, significa inutilizar uma passagem ou progresso por obstrução para prevenir o funcionamento normal. (**Figura 25.1.**)

Muitas jurisdições incluem o requisito de que os equipamentos que estejam passando por manutenção sejam bloqueados para prevenir o movimento. Isso não fica explícito pela legislação sobre transportadores, mas é incluído nos requisitos de equipamentos da indústria em geral ou da mineração.

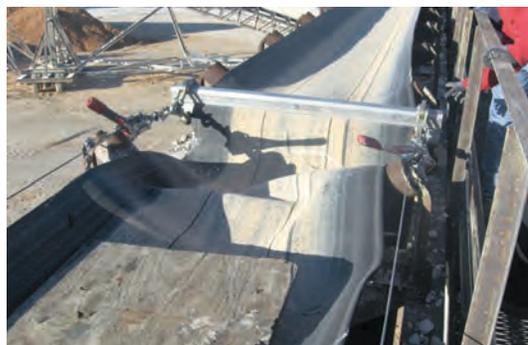


Figura 25.1.

A frase "bloqueio da correia" é usada para descrever o método de fixação da correia para evitar todos os seus movimentos.

Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

Por exemplo, nos Estados Unidos, a agência Mine Safety and Health Administration (MSHA, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) exige na norma 30 CFR 56/57.14105 que:

Os reparos e a manutenção do maquinário ou equipamentos somente devem ser realizados depois de desligada a energia, e do bloqueio de movimentos perigosos do equipamento ou maquinário.

Artigo da Beltcon debate as fatalidades decorrentes do movimento indesejado da correia

O artigo *Non-Gravity Take-up Technology*, escrito em 2013 por Alan Exton, incluiu o debate sobre os perigos da energia armazenada e movimento descontrolada da correia. O artigo foi apresentado como parte da Beltcon 17 Conference na África do Sul.

Exton define energia armazenada como:

[...] energia potencial derivada da elasticidade da correia, que é armazenada na faixa da correia do sistema transportador que, se liberada, representa um risco instantâneo para pessoas e equipamentos.

Em seguida, ele relata dois exemplos de fatalidades causadas pela energia armazenada.

Exemplo 1: Acidente durante a manutenção (Figura 1.)

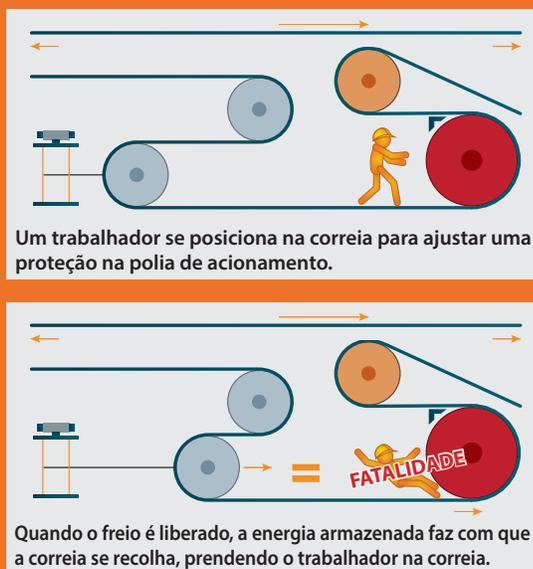


Figura 1.

O trabalhador estava ajustando a proteção de um dos pontos de pressão na polia de acionamento do transportador. As avaliações de risco necessárias tinham sido concluídas e o trabalho tinha sido planejado para que fosse realizado de forma segura. Enquanto isso, outros trabalhadores estavam substituindo alguns roletes no mesmo transportador. Quando a equipe encarregada pelos roletes terminou o trabalho, eles liberaram o freio do dispositivo tensor. A energia armazenada fez com que

a correia se movesse, prendendo o trabalhador que estava ajustando a proteção no ponto de pressão da polia. O resultado: uma fatalidade.



Figura 2.

Exemplo 2: Acidente na polia traseira (Figura 2.)

Uma pedra grande ficou presa entre a polia traseira e a esteira de retorno de um transportador vertical. Isto produziu uma sobrecarga elétrica, fazendo com que a transmissão fosse desligada. Um freio contra recuo da polia de cabeça (transmissão) impediu que o lado de carregamento sofresse uma retração e liberasse a tensão na esteira de carga da correia. Um trabalhador se posicionou entre as esteiras na polia traseira, com a intenção de reduzir o tamanho da pedra de forma a permitir sua remoção. Quando a pedra ficou suficientemente menor, a tensão entre as duas esteiras voltou a se equilibrar, e a energia armazenada foi liberada. O movimento resultante da correia prendeu o trabalhador na polia. O resultado: outra fatalidade.

Ambas as fatalidades poderiam ter sido evitadas se as correias estivessem adequadamente bloqueadas.

No artigo de Exton, a energia armazenada representa um tópico que "requer atenção permanente... A não compreensão dessa energia potencial provou ser fatal na nossa indústria".

Isso se aplica tanto à Parte 56 (referente a extrações superficiais de minerais metais e não metais) quanto à Parte 57 (referente a extrações subterrâneas de minerais metais e não metais).

A norma *Occupational Health and Safety Act (R.S.O. 1990)* de Ontário possui requisitos semelhantes na Seção 75: Maintenance and Repairs of Regulation 851 for Industrial Establishments. Ela exige que:

A peça de uma máquina, maquinário de transporte, dispositivo ou objeto, deve ser limpa, lubrificada, ajustada e reparada, ou deve passar por trabalhos de manutenção somente quando: (b) tiver sido bloqueada para impedir o seu movimento, dado que qualquer peça que tenha sido parada pode, posteriormente, se mover e colocar em risco o trabalhador.

Em qual direção a correia se moverá?

Em algumas circunstâncias é difícil prever em que direção uma correia bloqueada ou paralisada se moverá. A ilustração incluída ajuda a explicar a dificuldade de prever o movimento repentino da correia liberada, mostrando também a necessidade de bloquear a correia para evitar o movimento indesejado e proporcionar segurança aos trabalhadores.

O exemplo foi preparado usando um software de design do transportador para avaliar a tensão da correia e os efeitos de um bloqueio. O seguinte exemplo mostra uma correia inclinada em que o motor foi paralisado devido a um bloqueio na rotação de uma das polias.

Essa sequência mostra uma correia bloqueada na polia traseira. Um batente foi instalado na polia de cabeça.

Nas ilustrações, quanto mais escura a cor mostrada nas correias, maior a tensão da correia. A tensão é normalmente maior na parte da cabeça e menor na parte traseira devido à força da gravidade do material a granel.

Figura 1: Verde

A correia funciona em tensões normais.

Figura 2: Laranja

A polia traseira é obstruída e o motor se paralisa e se desconecta. A tensão (a faixa laranja) está travada na correia paralisada e esticada, como energia armazenada ou potencial. A correia é impedida de se mover para trás devido à carga exercida pelo batente na correia.

Figura 3: Vermelho

Quando a obstrução é removida, a tensão do sistema retorna ao nível normal em que parou. A polia traseira agora gira no sentido horário, e o tensor se elevará.

Na área imediata do bloqueio, a correia também se moverá no sentido horário até que a energia armazenada (excesso de estiramento) da correia seja liberada. Isso cria pontos de pressão entre a correia em movimento e a polias traseiras e a polia tensora.

A quantidade de movimento depende do comprimento da correia (estiramento recuperado) e da quantidade real de tensão armazenada na correia decorrente da obstrução e conseqüente parada do motor.

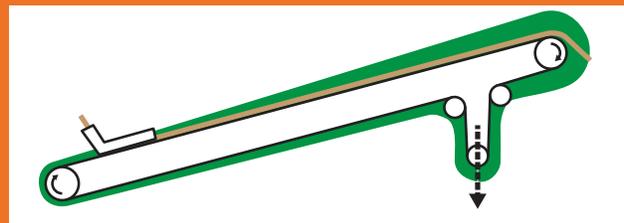


Figura 1.

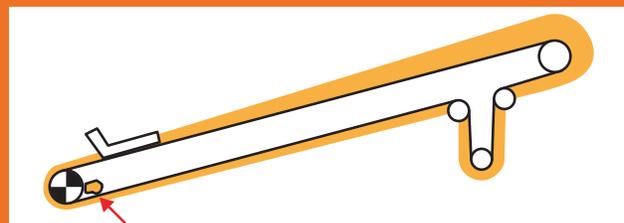


Figura 2.



Figura 3.

Avaliação dos riscos de movimentos descontrolados

Mesmo quando um transportador de correia tiver sido devidamente travado e etiquetado, ainda assim haverá quantidades significativas de tensão ou energia potencial no sistema. Essa energia apresenta risco de ferimentos ao pessoal que está trabalhando nas proximidades do transportador.

É importante observar a distinção entre *energia* e *potência*. Esses termos têm significado semelhante, mas eles não podem ser usados como sinônimos em todas as instâncias. O termo *potência* está relacionado à energia cinética ou à energia de movimento. Mesmo quando o transportador está desligado e travado, pode haver energia residual. A energia é capturada na forma de potência ou energia armazenada ao exercer o contrapeso, seja pela força da gravidade na massa da carga em uma correia ou pela tensão armazenada em seções de uma correia esticada, mas sem movimento.

No caso de uma correia sem fim estar com uma emenda partida ou tiver sido separada de propósito para fins de reparo, ainda assim poderá haver energia potencial armazenada nas seções inclinadas ou suspensas de correia.

As práticas essenciais de travamento e etiquetagem devem ser continuadas. Mas, além disso, haverá muitos casos em que o transportador de correia deverá estar

Figura 25.2.

Para evitar movimento inadvertido, a correia deve estar fisicamente impedida de ser mover.



Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

fisicamente impedido de ser mover pela energia armazenada. (Figura 25.2.)

Outras fontes de energia armazenada

Há outras fontes de energia armazenadas em um transportador. Os acúmulos de materiais em chutes e estruturas podem conter energia potencial significativa. Diversos acidentes fatais ocorreram no interior de chutes devido a materiais em queda durante o trabalho. Mecanismos que se deslocam, como trippers ou empilhadeiras, podem mover-se de forma inesperada, fazendo com que a correia se mova se não for bloqueada. Acessórios como amostradores ou raspadores de descarga podem mover-se de forma inesperada durante a manutenção da correia. Componentes ou estruturas desgastadas e corroídas podem deixar passar cargas adicionadas enquanto a correia está parada, mas o trabalho está em andamento.

Portanto, é preciso isolar a energia armazenada da correia e das áreas de trabalho próximas, ou liberar ou bloqueá-la completamente do sistema, para que o trabalho seja realizado em um ambiente seguro.

A metodologia de bloqueio usa mecanismos de "força bruta" para prevenir fisicamente que a correia se mova. A correia não se move porque é mantida presa em uma posição.

Bloqueio da correia

Apesar de haver várias outras técnicas disponíveis, algumas às vezes mais fáceis, porém nem sempre tão bem-sucedidas, a melhor maneira de se garantir a segurança do trabalhador é restringir fisicamente o movimento da correia. Isso se chama "bloquear" a correia transportadora.

O bloqueio é o termo que descreve as atividades que restringem fisicamente o movimento da correia. Esses procedimentos são aplicados além dos procedimentos de travamento / etiquetagem já aceitos, que isolam o transportador da corrente elétrica.

A palavra bloqueio é usada porque se encaixa bem em outros conceitos como travar e etiquetar.

Alguns métodos não efetivos

Existem outras técnicas que podem ser usadas para reduzir a tensão da correia e eliminar os riscos de movimento descontrolado da correia. Essas técnicas apresentam resultados mistos, e conseqüentemente não oferecem condições seguras.

Por exemplo, freios e batentes instalados adequadamente podem ajudar a evitar essa retração. No entanto, uma planta não deve contar com batentes ou freios, a fim de evitar que a correia se mova descontroladamente. Há casos em que a correia se move devido a tensões internas criadas pelo estiramento da correia.

Outra técnica depende do levantamento do contrapeso do tensor do transportador. (**Figura 25.3.**) Em essência, o método reduz a tensão da correia reduzindo a tensão do mecanismo tensor. Mas há ainda outras possíveis fontes de tensão sobre a correia, tais como o estiramento inerente à correia em si, o peso da correia ou a força gravitacional exercida pelo peso da carga sobre a correia. Embora a remoção da força do contrapeso possa reduzir a tensão, ela não elimina a possibilidade de que existam outras fontes de energia armazenada, nem tampouco segura/paralisa o movimento da correia. Remover somente a tensão do contrapeso não é suficiente para liberar a correia de toda a tensão e força capazes de causar ferimentos no pessoal.

Grampos, correntes e esticadores de cabo

O bloqueio da correia é feito com grampos de correia, e também com correntes e guinchos manuais catracados (comumente chamados de esticadores de cabo) para fixar a correia. A intenção é a de impedir o movimento das correias fixando um componente crucial da estrutura do transportador.

Essa tarefa supõe prender a correia entre duas barras compactadas. Com a correia presa,

os grampos podem então ser anexados (por meio de correntes e esticadores de cabo) à estrutura do transportador. (**Figura 25.4.**)

É possível bloquear uma correia usando apenas grampos. Para isso é preciso soldar os grampos na estrutura do transportador. No entanto, nesse caso, os grampos devem estar firmemente presos na estrutura. Esse processo, além de reduzir a segurança e a eficiência da instalação e remoção, apresenta o risco de que os grampos se soltem acidentalmente.

É comum bloquear a correia usando calços ao trabalhar no revestimento da polia, ao remover acúmulo ou material preso entre a polia e correia. Nesse caso, porém, os calços deverão estar presos com firmeza tanto nos pontos de pressão de entrada quanto nos de saída. Como resultado, eles podem parar apenas a rotação, mas não o movimento da correia no ponto de pressão. Também é difícil instalar e removê-los com segurança.

Calços e escoras também podem ser usados para fixar a correia nos componentes estruturais, como vigas ou barras cruzadas, mas como a força do grampo é desconhecida, confiar no ponto de contato não é um método seguro.



Figura 25.3.

Levantar somente o contrapeso do tensor não é suficiente para remover por completo o risco de movimento da correia.

Imagem cordialmente cedida pela United States Mine Rescue Association (Associação de Resgate em Minas dos Estados Unidos).



Figura 25.4.

O bloqueio da correia deve ser feito por meio de grampos que, por sua vez, são fixados na estrutura do transportador.

Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

Grampos

Os grampos são usados como método para travar a correia na estrutura do transportador, em uma ou mais posições, mas normalmente em ambos os lados da seção de trabalho da correia. Se a tensão ou as forças presentes na correia forem menores do que a força de aperto aplicada a ela, e se a estrutura for suficientemente forte para resistir à força exercida contra ela, a correia não poderá se mover.

A maioria dos grampos funciona com um mecanismo de duas barras cruzadas pressionando a correia, mantendo-a firme entre as barras. Em algumas aplicações de trabalho menos intenso, um grampo de correia extra pode ser fixado nas bordas externas da correia. Em ambos os casos, os grampos devem ser capazes de criar suficiente atrito em uma área grande dos grampos para conter a correia.

As diretrizes *Safety Around Belt Conveyors* publicadas pela Conveyor Manufacturers Association of South Africa Limited (Associação Sul-africana de Fabricantes de Equipamentos Transportadores) constataam:

Os grampos de correia devem estar firmemente fixados na estrutura. Isso se aplica tanto aos grampos permanentes quanto aos temporários. Os grampos de correia devem ser inspecionados e testados antes de serem anexados para garantir que suportem as tensões da correia na área localizada.

Figura 25.5.

Para permitir que a correia seja emendada ou reparada, um grampo é afrouxado e o outro, preso. A correia é puxada e regrampeada, formando uma ondulação em uma área curta.

Imagem cordialmente cedida pela Flexco.



A especificação sobre grampos da Conveyor Manufacturers Association of South Africa Limited (Associação Sul-africana de Fabricantes de Equipamentos Transportadores) publicada como *Clamps for Belt Conveyors (MC01 Rev 01)* relaciona dois tipos de grampos de correia: os fixos ou grampos de retenção de correia e os grampos de pressão. Os grampos permanentes são projetados na estrutura do transportador e normalmente são sistemas hidráulicos com dois conjuntos de grampos que se movimentam. Para mover a correia, um grampo é afrouxado e o outro preso. A correia é puxada e grampeada, formando uma ondulação em uma área curta da correia. (**Figura 25.5.**) A correia pode então ser emendada ou consertada. O mesmo sistema pode ser usado para colocar uma nova correia no transportador.

Ambos os tipos podem ser utilizados para os fins de bloqueio de uma correia, desde que possam ser firmemente fixados à estrutura do transportador e tenham suficiente capacidade de bloqueio. Consequentemente, os grampos devem ser bem construídos e estar em boas condições.

Esticadores de cabo

Um esticador de cabo é um guincho manual catracado portátil, usado para esticar, levantar e baixar objetos. Também chamado de guinchos de corrente, os esticadores de cabo são suficientemente convenientes e portáteis para serem usados em qualquer situação. Eles são compactos e leves, além de fáceis de serem colocados na posição. Eles são pequenos, podem ser carregados em uma mão e normalmente pesam menos de 20 libras [≈9 kg] cada.

Em uma operação de bloqueio, os esticadores de cabo podem ser usados para conectar, fixar e apertar os grampos de correia na estrutura do transportador. Ao usar um par de esticadores de cabo, um em cada lado do transportador, os grampos (e portanto a correia) podem ser fixados de forma uniforme na estrutura do transportador.

Uma vez que os esticadores de cabo estão sendo usados para fins de segurança das pessoas, eles devem ser resistentes e inspecionados de forma adequada para garantir a capacidade de bloquear o movimento da correia.

Correntes e talhas

Correntes, fitas ou cabos de aço são normalmente usados para conectar os grampos (que seguram a correia) à estrutura do transportador. Mesmo que esses métodos de conexão não sejam usados nas típicas situações de elevação, eles devem ser fortes o suficiente (força definida como 1/10 da sua força de ruptura) e inspecionados com os mesmos padrões que os cabos de aço, fitas ou correntes utilizados para elevação e içamento.

Uma talha de corrente, ou seja, a combinação de corrente, ganchos e elos que servirá de conexão entre o grampo de correia e o esticador de cabo e/ou a estrutura do transportador, deve ser fabricada de ligas de aço. Há uma variedade de comprimentos e combinações de ganchos e componentes, dependendo da aplicação.

Cada corrente ou talha tem a força do seu elo mais fraco, então é muito importante que cada componente da talha cumpra os requisitos de capacidade nominal, que é chamada de Limite de Carga de Trabalho (WLL, Working Load Limit). O WLL é determinado pelo "grau" da corrente e seus componentes. Para içamentos elevados, somente poderão ser usadas correntes e componentes feitos de ligas de aço de alto grau. Esses dispositivos devem satisfazer uma variedade de normas estritas de qualidade, como força de ruptura mínima, testes de fadiga e resistência ao calor. Todas as correntes e componentes devem ser certificadas pelo fabricante com o grau correspondente à carga.

As correntes mais utilizadas para içamento elevado são classificadas com aço grau 80; no entanto, a tendência da indústria é adotar correntes mais fortes e mais seguras, de grau 100 e 120.

Acessórios, como ganchos e argolas, elos e dispositivos de acoplamento, devem ter uma capacidade nominal, pelo menos, igual a da corrente de liga de aço utilizada com eles. Todas as correntes e componentes devem ser certificadas pelo fabricante com o grau correspondente à carga. É importante observar que uma série de fatores, como o ângulo de elevação, a corrente em torno de uma carga ou a temperatura extrema, reduz substancialmente o limite de trabalho da corrente da talha. Esses fatores devem ser levados em consideração ao determinar qual tipo de talha é necessária para levantar uma carga.

As talhas apresentam uma variedade de comprimentos e combinações de ganchos e componentes, dependendo da aplicação de elevação. (**Figura 25.6.**) A organização norte-americana National Association of Chain Manufacturers (Associação Nacional dos Fabricantes de Corrente) especificou uma variedade de testes e padrões de segurança da cadeia, incluindo as normas *ASME B30.9* e *ASTM-A906* da associação American Society of Mechanical Engineers (Sociedade Norte-americana de Engenheiros Mecânicos). Qualquer talha de corrente usada para elevação deve ter características apropriadas para o tipo de engate de carga e de ambiente, e deve também estar em conformidade com a norma *ASME B30.9*, seções 9-1.5 e 9-1.8.

O uso de talhas ou de seus componentes é regido pela regulamentação da agência Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) do Departamento dos Estados Unidos. Em particular, a norma *29 CFR 1910.184* rege



Figure 25.6.

Correntes ou talhas são normalmente usadas para fixar o grampo de correia na estrutura do transportador.

Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

a operação e uso de talhas e componentes de talhas de ligas de aço. Em outras áreas, consulte os órgãos regulatórios e de expedição de normas locais.

Deve-se observar que o esticador de cabo, a corrente e os grampos formam um sistema. Todos os componentes devem possuir classificações de similar capacidade. Caso contrário, o componente de menor classificação se torna o "elo mais fraco" do sistema, ficando sujeito a falhas. Ajustar a capacidade do grampo à do esticador de cabo impede que o tensionamento dos grampos fique acima de suas limitações de design.

Procedimentos apropriados de bloqueio

No método preferido, o grampo abrange toda a largura da correia transportadora.

Existem dois tipos de grampos: os que necessitam que a correia seja movida para serem engatados, e os que não precisam.

Os grampos que precisam que a correia seja movida para ser engatados são do estilo tesoura ou eixo came. Esses grampos aplicam maior pressão de fixação à medida que a tensão do esticador de cabo aumenta. Alinhar a capacidade do grampo à do esticador de cabo é importante para prevenir sobrecarregar o grampo ou esmagar a correia.

O tipo que não necessita nenhum movimento da correia é o de grampos com o estilo torno.

Com os grampos de estilo torno, a capacidade de tração depende do torque aplicado aos parafusos de fixação. O estilo torno é muitas vezes mal utilizado ao liberar a tensão da correia mantendo o esticador de cabo engatado enquanto os parafusos do torno são afrouxados, permitindo que a correia deslize pelo grampo. O procedimento apropriado é liberar simultaneamente ou retirar os esticadores de cabo.

Os grampos devem ser construídos com componentes de aço de alto grau ou de alumínio resistente e leve, facilitando o transporte e a montagem.

É essencial que o bloqueio do equipamento seja devidamente verificado antes do uso. Inspecione os grampos e o resto do equipamento em busca de componentes faltantes ou danificados.

Antes de anexar os grampos, limpe qualquer material acumulado que possa interferir na capacidade da superfície de fixação de prender a correia de forma segura. Da mesma forma, garantir que a correia esteja limpa e sem substâncias estranhas, tais como óleo, água ou material de carga, no ponto em que os grampos serão anexados.

Os grampos são normalmente fixados na correia por meio de parafusos, que pressionam a barra superior contra a barra inferior, prendendo assim a correia. Alguns grampos de correia para trabalhos menos intensos são fixados com golpes de martelo.

Os grampos de correia devem ser fixados a uma parte da estrutura do transportador que seja capaz de reter as forças esperadas. (Figura 25.7.)

Os grampos de correia devem estar firmemente fixados na estrutura. Os grampos de correia devem ser dimensionados corretamente para a aplicação em questão e ter laterais com aderência para fixar a correia adequadamente.

Quando o grampo estiver encostado na estrutura para bloquear o movimento da correia, os parafusos de ajuste do grampo

Figura 25.7.

Para evitar o movimento da correia, os grampos de correia devem ser fixados a uma parte da estrutura que seja capaz de reter as forças esperadas.



Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

(encarregados pela ação de "pinça" que detém a correia) deverão ter mais de 30 milímetros [$\approx 1,18$ pol.] a partir da borda da correia. Fixar os grampos muito além das bordas da correia produz demasiada flexão sobre as barras de fixação e reduz a força dos grampos e de todo o aparelho de bloqueio da correia.

Tenha em mente que a correia pode se mover em qualquer direção em função das condições presentes no momento. Consequentemente, a correia deve ser fixada em ambos os lados da zona de trabalho, de forma que não possa se mover em qualquer direção; essas condições podem e mudam ao longo do trabalho.

Nunca ate os grampos à estrutura de forma angulada, dado que isso exercerá estresse desigual na correia, enfraquecendo a ação de bloqueio. É melhor que o grampo seja colocado em 90 graus na direção de deslocamento da correia. Normalmente, isso não é possível, dado que a estrutura sempre é mais larga que a correia. Minimizar o ângulo entre a correia e a estrutura, uma vez que, quanto maior for o ângulo, maior será a força de ruptura aplicada ao cabo por uma determinada carga. Ao escolher um grampo o mais perto possível da lateral da estrutura, o ângulo pode ser minimizado.

Embora seja muito comum usar apenas um cabo no centro da correia ao colocá-la (amarrá-la) em um transportador, nunca conecte apenas um dispositivo de tração ou tensão (esticador de cabo) ao bloquear a correia para manutenção. Sempre use dois esticadores de cabo para que a mesma força seja aplicada em ambos os lados da correia.

Os grampos de correia devem ser inspecionados e testados antes de serem anexados para garantir que sejam capazes de suportar as tensões da correia. Eles devem ser inspecionados antes de serem usados e periodicamente levados ao fabricante para fins de inspeção e teste.

A estrutura do rolete não é suficiente

Os grampos de correia devem ser instalados com firmeza na estrutura do transportador, e não nos componentes giratórios, como os roletes. (Figura 25.8.)

O uso de roletes com a finalidade de fixar os grampos de correia para bloquear o movimento não é recomendado, uma vez que a estrutura do rolete é projetada para cargas que incidem apenas em uma pequena parte do transportador e por isso não tem a força necessária para suportar a energia armazenada. As forças da tensão da correia, que resultam da carga e do mecanismo tensor, podem ser suficientemente fortes para liberar a correia da estrutura relativamente fraca dos roletes.

É muito melhor prender e fixar grampos de correia na estrutura do transportador. Esse é tipicamente um componente estrutural da estrutura concebida para suportar os tipos de carga que o peso da correia e da carga e a tensão do sistema transportador produzirá.

Grampos projetados para fins de segurança

Para fixar um grampo com firmeza na correia de forma a impedir o movimento dela, recomenda-se o uso de equipamentos 'engenheirados'. A utilização de dispositivos caseiros feitos com braçadeiras, madeira ou correntes podem causar problemas e possíveis perigos. Dispositivos caseiros muito provavelmente não serão suficientemente fortes para realizar o controle da energia armazenada,



Figura 25.8.

É preferível fixar os grampos na estrutura do transportador, e não na estrutura do rolete.

Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

porque eles não foram projetados nem testados por engenheiros que garantam a segurança.

Por outro lado, os grampos de correia projetados por engenheiros são especialmente concebidos para fixar a correia e permitir que a manutenção do transportador de correia seja segura. Use os sistemas projetados por engenheiros dentro dos seus limites de capacidade de design para obter um desempenho efetivo.

Os grampos de correia 'engenheirados' são disponibilizados para pronta entrega por vários fornecedores, inclusive pelos fabricantes de emendas de correias mecânicas. (Figura 25.9.)

Verificação dos riscos de movimento

Antes de definir as tarefas dos funcionários que trabalham nas proximidades de transportadores de correia, uma análise prévia do trabalho deverá ser realizada. Isso deveria ser suficiente para determinar se será necessário um procedimento de bloqueio.

Essa análise prévia do trabalho deve incluir as seguintes perguntas:

- A. Algum trabalho será realizado em áreas com pontos de esmagamento?
Isso inclui todas as polias, rolos de carga, roletes de retorno, componentes de transmissão e raspadores, bem como os sistemas de vedação ao longo da zona de carga.
- B. A correia precisa ser desligada?
O peso da correia por si só pode fazer com que a correia se desloque para frente ou para trás.
- C. Haverá várias equipes trabalhando no sistema transportador ao mesmo tempo?
Caso afirmativo, o trabalho realizado por uma equipe afetará a segurança de outra equipe que esteja trabalhando na correia ou nas proximidades?

D. O equipamento de bloqueio adequado está disponível?

Os grampos devem ser inspecionados antes de cada utilização em busca de defeitos e componentes incompletos. Grampos danificados ou grampos com componentes incompletos não devem ser usados.

E. Os trabalhadores foram treinados para usar de forma adequada o equipamento de bloqueio do movimento da correia?

As empresas devem oferecer treinamento regular para os funcionários que trabalham com transportadores de correia ou nas proximidades.

Quando for determinada a presença de risco de movimento de correia, um processo de bloqueio deverá ser aplicado.

MELHORES PRÁTICAS

O bloqueio da correia deve ser usado junto com os procedimentos de Travamento / Etiquetagem; ele não substitui simplesmente esses procedimentos.

- Um bloqueio efetivo da correia deve ser feito para evitar a movimentação da corrente em ambas as direções.
- Somente use os grampos de correia de acordo com suas respectivas capacidades nominais.

As melhores práticas ao bloquear a correia por meio de grampos de correia e esticadores de cabo são:

- Mova a seção da correia a ser reparada até a área de tensão mais baixa do transportador se possível.
- Descarregue o material da correia e aumente ou libere a tensão do dispositivo tensor.
- Depois de travar, etiquetar e bloquear o transportador, tente iniciá-lo de todas as salas de controle e operação, locais de onde é possível iniciar o transportador. Essa ação é conhecida como etapa de Teste. (Consulte o Capítulo 23 Trabalho seguro nas proximidades de transportadores.)

- Quando possível, mova a correia a uma área de trabalho em que a tensão normalmente seja a mais baixa. Em correias inclinadas, isso ocorre em geral ao lado da correia traseira, da correia declinada e da descarga.
- Inspeção os grampos de correia antes de cada uso em busca de defeitos e componentes incompletos. Grampos danificados ou grampos com componentes incompletos não devem ser usados.
- Esteja ciente das consequências se o esticador ou grampo falharem. O operador nunca deve ficar na linha da força de tração do esticador.
- Marque a correia com um ponto de referência para verificar o deslizamento da correia.
- Pare de puxar se observar que a correia está escorregando ou deslizando pelos grampos fixados nas correias ou na estrutura.
- Libere a tensão quando o trabalho estiver concluído. Recomenda-se liberar a tensão em ambos os esticadores antes de afrouxar o sistema de fixação por grampos.
- Entre em contato com o fabricante do grampo sempre que tiver dúvida sobre a capacidade necessária do grampo e da aplicação.

**Figura 25.9.**

Grampos de correia projetados por engenheiros e usados para bloquear a correia são disponibilizados por vários fabricantes.

Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

**Figura 25.10.**

Se os funcionários precisarem estar na correia ou próximos a pontos de esmagamento no transportador, a correia deverá estar fisicamente impedida de se movimentar devido à sua energia armazenada.

Imagem cordialmente cedida pela Flexco.

CONCLUSÕES

Bloqueio do movimento indesejado da correia

Mesmo se um transportador de correia estiver travado e etiquetado, continuará a ser elevado o risco de ferimentos nas proximidades de transportadores de correia devido às chances de que ocorra um movimento descontrolado da correia. Se os funcionários precisarem estar na correia ou próximos a pontos de esmagamento no transportador, a correia deverá estar fisicamente impedida de se movimentar devido à sua energia armazenada. (**Figura 25.10.**)

Uma programação que requeira contenção mecânica da correia, por meio de equipamento ‘engenheirados’ para esse fim e fixado na estrutura do transportador, protegerá os trabalhadores que precisem trabalhar com transportadores de correia ou nas proximidades.





Capítulo 26 **Treinamento em segurança para se trabalhar com transportadores de correia**

INTRODUÇÃO	402
Treinamentos exigidos nos EUA	403
O aprendizado de adultos em transportadores de correia	407
Avaliação do impacto dos programas de treinamento	408
Treinamento em segurança para se trabalhar com transportadores de correia: O estado atual	412
Treinamento online em segurança para se trabalhar com transportadores.....	415
Recursos externos para treinamento e segurança	419
MELHORES PRÁTICAS	420
CONCLUSÕES	422

INTRODUÇÃO

Treinamento como forma de aprimorar a segurança

Na hierarquia da mitigação dos riscos, o treinamento é uma estratégia intermediária considerada até certo ponto eficaz na redução de incidentes e acidentes de segurança. Apesar de representar uma eficácia média, o treinamento sobre a segurança é fundamental em qualquer programa de segurança. Qualquer instalação deve oferecer treinamentos em segurança para promover um programa geral de segurança eficaz.

Um relatório do Bureau of Labor Statistics (Secretaria de Estatísticas do Trabalho), nos Estados Unidos, indica que as empresas de mineração aplicam 40 por cento do total de horas de treinamento em segurança. A única indústria que utiliza a maior parte do tempo de treinamento em segurança é a indústria da construção. Para ser eficaz e gerar um retorno do investimento, os treinamentos devem ser frequentes e repetitivos.

A necessidade do treinamento sobre transportadores

O treinamento (instrução do pessoal nas funções dos equipamentos da planta e nos procedimentos apropriados com os quais operar e manter o equipamento) é um ingrediente essencial na redução de acidentes e no aprimoramento do desempenho tanto da mão de obra quanto de toda a planta. Portanto, fornecer treinamento sobre transportadores de correia é fundamental para a segurança da planta. É fundamental que os funcionários sejam treinados, conheçam os riscos e saibam operar os transportadores antes de serem designados para trabalhar nas proximidades ou em um desses poderosos sistemas, que se movem com velocidade e oferecem vários perigos. (Figura 26.1.)

Um dos propósitos de qualquer programa de treinamento é conscientizar as pessoas sobre os riscos antes de ficarem expostos a eles. Muitas vezes, é o funcionário mais recentemente contratado, ou seja, o menos experiente, quem desempenha as tarefas de limpeza ou outras tarefas simples de manutenção nas proximidades dos transportadores de correia, com pouco ou nenhum conhecimento, ou treinamento sobre os perigos que o transportador pode apresentar.

Os transportadores são sistemas complexos, portanto qualquer mudança em um dos componentes pode causar consequências indesejadas em todo o sistema. Embora a maioria da equipe de manutenção conte com conhecimentos sobre mecânica e eletricidade, eles contam com a intuição para fazer alterações em um transportador; isso muitas vezes piora o problema. Os trabalhadores da manutenção estão normalmente sob pressão para fazer o sistema voltar a funcionar e o resultado normalmente é tratar os sintomas, e não corrigir as causas. A ausência de treinamento sobre sistemas transportadores é provavelmente o tipo de treinamento que as empresas mais sentem falta quando tentam encontrar e corrigir as causas e prever os efeitos sobre esse sistema.

É importante para uma operação que os trabalhadores saibam como os transportadores funcionam, na verdade, que saibam como funcionam todos os equipamentos. Esses trabalhadores saberão dizer quando o sistema funciona dentro das especificações ou quando está sendo forçado. Eles poderão entender quando o sistema não está funcionando com eficiência máxima ou quando está próximo de apresentar falhas que podem ser devastadoras para a produção e rentabilidade ou catastróficas e trágicas desde a perspectiva da segurança.

Treinamentos exigidos nos EUA

Nos Estados Unidos, a agência Mine Safety and Health Administration (MSHA, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) por meio da regulamentação *Code of Federal Regulations (CFR) Título 30 Parte 46* (para minas a céu aberto) e *Parte 48* (para minas subterrâneas) requer 24 horas de treinamento para novos contratados. A MSHA exige quatro horas de treinamento antes que o novo contratado possa começar a trabalhar, enquanto que as 20 horas restantes de treinamento devem ocorrer nos primeiros 60 dias de trabalho. A MSHA também requer treinamento documentado quando um mineiro receber uma nova tarefa ou for transferido para outra instalação. Por último, cada mineiro precisa passar por oito horas de treinamento de reciclagem uma vez por ano.



Figura 26.1.

Os funcionários devem ser treinados sobre como funcionam os transportadores de correia e sobre como trabalhar em segurança nas suas proximidades.

Todos os funcionários novos e os que são realocados devem ser treinados nas tarefas para que possam realizar o novo trabalho de forma apropriada e fazer com que fiquem cientes dos perigos associados a ele. Todos os visitantes de uma mina devem receber treinamento sobre riscos para que fiquem cientes dos perigos existentes na área de trabalho durante o passeio nas instalações. (**Figura 26.2.**)

Os típicos temas abordados pelo treinamento anual de reciclagem de oito horas da agência MSHA são:

- A lei federal norte-americana de segurança e saúde em mineração (Mine Act), a lei federal norte-americana de melhoria das minas e nova resposta emergencial (Miner Act) e os direitos dos mineiros.
- Prevenção de acidentes.
- Equipamentos de proteção individual (EPI).
- Sistema de proteção contra quedas.
- Segurança com explosivos.
- Resposta a emergências (primeiros socorros).
- Segurança dos sistemas elétricos.
- Direito de saber/comunicação sobre materiais perigosos.
- Travamento/etiquetagem.
- Proteção auditiva.
- Treinamento específico do local.
- Proteções em máquinas.
- Controle de aterramento.

Figura 26.2.

Os treinamentos sobre os riscos devem ser oferecidos tanto para trabalhadores da mineração quanto para visitantes.



Os regulamentos exigem ainda que as minas tenham um plano de treinamento por escrito, assim como registros da efetiva realização dos programas de treinamento.

No entanto, os regulamentos da MSHA abrangem os treinamentos de segurança sobre toda a operação da mina e não é específica sobre as operações e manutenção de correias transportadoras. Os indivíduos que trabalham nas proximidades ou em correias transportadoras devem participar do treinamento de 24 horas exigido pela MSHA, e logo passar pelo treinamento sobre as tarefas específicas da sua função.

Os funcionários não aludidos pela MSHA, que não estejam nas minas nem em plantas de processamento associadas, não estão sujeitos às exigências de treinamento das Partes 46/48. O treinamento fica então desregulamentado e sob o critério discricionário da empresa contratante.

Nos Estados Unidos, se a instalação não estiver coberta pela MSHA, ele fica sob o espectro da agência Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional). Com tal, cada instalação fica responsável pelo treinamento de segurança em relação ao equipamento industrial, tal como os transportadores de correia, utilizados em cada instalação. De acordo com a publicação da OSHA *Training Requirements in OSHA Standards*, (OSHA 2254-07R 2015):

A missão da OSHA é assegurar a proteção dos trabalhadores e prevenir ferimentos, doenças e mortes relacionados ao trabalho estabelecendo e fazendo cumprir as normas, fornecendo treinamento, conscientização, educação e assistência. Muitas normas da OSHA, que impedem inúmeras tragédias nos locais de trabalho, incluem exigências de treinamento de segurança e saúde específicos para garantir que os trabalhadores tenham os conhecimentos e habilidades necessários para realizar com segurança as suas funções.

Essas exigências refletem a convicção de OSHA de que treinamento é parte essencial de cada programa de segurança e saúde dos empregadores para proteger os funcionários de ferimentos e doenças.

Muitas normas da OSHA exigem explicitamente que os empregadores treinem os funcionários sobre os aspectos de segurança e saúde dos seus trabalhos. Outras normas da OSHA deixam sob a responsabilidade do empregador limitar determinadas tarefas para que sejam feitas apenas por funcionários que sejam "certificados", "competentes" ou "qualificados".

Muitas empresas têm sua própria maneira de enfatizar a importância da segurança administrando periodicamente, muitas vezes, semanal ou mesmo diariamente, reuniões de segurança. Essas reuniões devem cobrir quaisquer novos riscos específicos do local. Essas reuniões de segurança consistem muitas vezes em falar sobre quase-acidentes e prevenção, sempre que a equipe de segurança considere esses tópicos particularmente relevantes.

Algumas palestras ou seminários – nomes comumente atribuídos às apresentações fornecidas diária ou semanalmente de recapitulação da segurança a uma equipe no local de trabalho – incluem informações muito básicas sobre a segurança com transportadores de correia. Essas informações são geralmente instruções mandatórias do tipo "você não deve". Mas infelizmente, essas sessões de treinamento normalmente não incluem – e certamente não enfatizam – os transportadores como um risco. Também não incluem o treinamento em tarefas específicas para os trabalhos que devem ser executados em transportadores de correia ou nas proximidades.

Mesmo as agências governamentais e organizações comerciais que sugerem tópicos ou esboços dessas conversas breves, geralmente sobre um único tema, observam que elas não se destinam a substituir as exigências de treinamento mais formal em segurança.

Treinamentos exigidos em outros países

Todos os países, e provavelmente todos os empregadores, podem ter requisitos específicos (mas diferentes) de treinamento antes de colocar os recém contratados em um campo em que eles possam afetar a produtividade da operação e a segurança de si mesmos e de outros trabalhadores.

Em outros países, há pouco debate sobre os regulamentos e normas relacionados às operações, manutenção e treinamento em segurança no trabalho com transportadores. A norma indiana é uma das mais específicas. No parágrafo 3.3.15, a norma *IS 7155.2. (1986): Code of recommended practice for conveyor safety, Parte 2* estabelece:

Treinamento adequado (com especial referência aos folhetos de operação e manutenção) deve ser fornecido às equipes de manuseio contínuo de equipamentos mecânicos, tanto às de operação quanto às de manutenção, dado que no longo prazo, essa pode ser a melhor forma de prevenção de acidentes.

O guia na segurança de transportadores do Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST, Instituto de pesquisa Robert-Sauvé em saúde e segurança do trabalho) do Canadá, intitulado *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*, estabelece na seção 6:

Todos trabalhadores operacionais e de manutenção que trabalham com transportadores ou nas proximidades devem ser informados dos perigos que podem encontrar, e receber treinamento sobre as medidas preventivas e os procedimentos de trabalho. Todos os procedimentos e instruções relacionadas à segurança devem ser documentados.

A seção 6.1 observa: "Somente pessoas treinadas e autorizadas devem ter permissão para iniciar, operar e parar o funcionamento normal de um transportador".

Em seguida, observa também que os operadores devem ser instruídos sobre as seguintes tarefas:

- Partida do transportador
- Dispositivos de parada normal e paradas de emergência
- Exigência de verificações antes de iniciar um transportador depois de uma parada acidental ou emergencial
- Procedimentos apropriados de carga para evitar sobrecarga do transportador

A seção 6.2 sobre treinamento da equipe de manutenção específica que "somente trabalhadores experientes e treinados, que disponham do conhecimento técnico

necessário para executar a manutenção dos transportadores" devem possuir essa responsabilidade. Entre outras instruções, a equipe deve passar por treinamentos sobre os procedimentos de travamento, bem como sobre os de instalação de reposição das proteções.

Treinamento específico no local

A maioria dos países exige a aplicação do treinamento específico no local, isto é, treinamento sobre as operações e equipamentos de um determinado local de trabalho. O treinamento específico no local é projetado para aqueles visitantes que permanecerão por um breve período de tempo.

A CEMA oferece um DVD sobre Treinamento em segurança para se trabalhar com transportadores de correia:

A entidade Conveyor Equipment Manufacturers Association (Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores), mais conhecida como CEMA, lançou um vídeo de Treinamento em segurança para se trabalhar com transportadores de correia adequado para consumidores finais (operadores), bem como para fabricantes e distribuidoras de transportadores.

Produzidos em inglês, o DVD de 13 minutos proporciona 12 regras e lições sobre segurança em operação e manutenção de transportadores de correia usadas no manuseio de materiais a granel. Essas lições estão vinculadas a outros materiais disponíveis pela CEMA mediante downloads grátis. São eles:

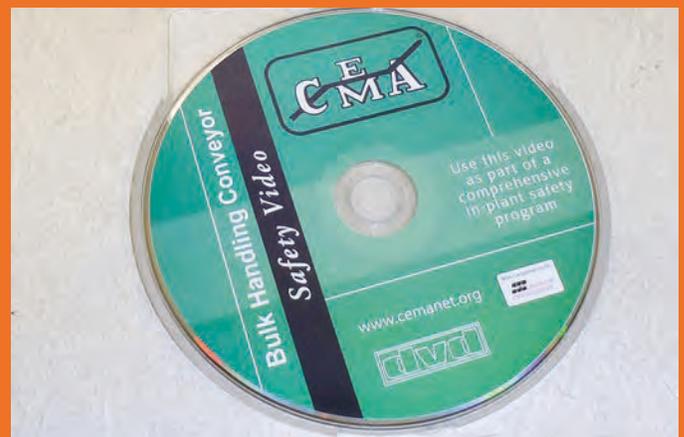
- Poster de segurança ao trabalhar com transportadores de materiais a granel
- Diretrizes sobre a colocação de etiquetas de segurança em transportadores
- Diretrizes sobre a colocação de etiquetas de segurança em acessórios de transportadores

O DVD *Bulk Handling Conveyor Safety Video*, grande parte filmado no laboratório de transportadores da Martin Engineering, foi lançado em 2010. Preço do DVD é de US\$ 20,00.

O vídeo sobre transportadores de correia se junta à família de vídeos de treinamento em segurança da CEMA, que

também inclui o DVD *Unit Handling Conveyor Safety* e o *Screw Conveyor, Drag Conveyor and Bucket Elevator Safety*. Para solicitar ou para obter mais informações, visite <http://www.cemanet.org/cema-safety-videos>.

Além dos vídeos de segurança, a CEMA também oferece outros materiais de segurança ao trabalhar com transportadores, incluindo as etiquetas de segurança, as orientações para a colocação de etiquetas, posters, um relatório técnico sobre a redução de ruído-perigo e dicas sobre o design e aplicação segura de passarelas em transportadores. Para obter informações, visite o site da CEMA em www.cemanet.org.



Bulk Handling Conveyor Safety Video DVD
<http://www.cemastore.com/shop/item.aspx?itemid=94>

O regulamento da MSHA observa na norma *CFR 30 Parte 46*, seção 46.2.(2):

A definição de "mineiro" não inclui científicos; trabalhadores de entrega; clientes... fornecedores nem visitantes. Essa definição tampouco inclui os trabalhadores de manutenção e serviço que não trabalham no local da mina em períodos frequentes ou prolongados.

Embora não possam tecnicamente ser considerados "mineiros", os trabalhadores que inspecionam, cuidam e/ou fazem a manutenção em locais de minas durante períodos frequentes ou prolongados estão envolvidos nas "operações de mineração" descritas na Parte 46 e são considerados mineiros para fins de treinamento. No entanto, se esses funcionários não estiverem em locais de minas durante períodos prolongados ou frequentes, eles não serão considerados mineiros para fins de treinamento e deverão receber treinamento sobre os perigos específicos de cada mina. (**Figura 26.3.**)

Exposição "frequente" é definida como padrão de exposição a riscos nas operações de mineração de forma intermitente e repetida ao longo do tempo. Exposição "prolongada" significa exposição a riscos nas operações de mineração de mais de cinco dias de trabalho consecutivos.

A eficácia do treinamento específico do local depende da compreensão e retenção do material. A maioria das instalações exige que o treinamento específico sobre o local seja repetido (reciclagem) uma vez por ano. Infelizmente, o treinamento específico sobre o local é muitas vezes considerado apenas mais outra papelada para satisfazer os requisitos burocráticos.

As considerações do treinamento específico no local são:

- Se as regras de segurança específicas do local forem elaboradas de forma simples e universal, elas terão maior probabilidade de serem recordadas e seguidas



Figura 26.3.

Treinamento específico no local oferece instruções sobre determinados perigos de cada instalação.

- O treinamento deve focar nas informações sobre os riscos e os pontos em que os acidentes são mais prováveis e apresentam maiores consequências.
- O treinamento específico do local será mais efetivo se o aluno precisar responder a questões, seja em um formulário físico ou online, em vez de apenas ter de marcar uma "caixinha de seleção" sem realmente precisar ler ou assistir nada.
- Os materiais do treinamento específico no local devem permanecer atualizados.

O aprendizado de adultos em transportadores de correia

O treinamento industrial é normalmente visto como repetitivo e não atrativo. Consequentemente, os funcionários são passivos e pouco participativos. Os trabalhadores não fazem perguntas e às vezes não respondem às perguntas ou solicitações do instrutor. Há pouca interação; o envolvimento do aluno consiste em responder uma pergunta ocasional ou fazer um teste de algum tipo. Os métodos atuais de vídeos e exibição de slides são passivos por natureza, sem interação entre pessoas e sem um método predeterminado para avaliar a retenção de conhecimentos.

A revisão dos estudos educacionais indica que existem maneiras melhores de ajudar adultos a aprender e, mais importante, reter as informações dos treinamentos e assim melhorar a conscientização sobre a segurança.

Robert W. Pike, um especialista reconhecido internacionalmente na área de desenvolvimento de recursos humanos,

observou alguns princípios sobre o aprendizado de adultos no seu livro *Creative Training Techniques*. As afirmações a seguir se atribuem a Pike, mas foram retiradas

As leis de Pike para o aprendizado de adultos

De acordo com o capítulo 3 sobre o aprendizado de adultos do livro *The Ultimate Educator* da entidade National Victim Assistance Academy (Academia Nacional de Assistência às Vítimas), as "leis" de Robert W. Pike para os instrutores da indústria são interpretadas e resumidas abaixo.

1ª lei: Os adultos são bebê em corpo de gente grande.

É bem conhecido que os bebês gostam de aprender, por meio da experiência, porque cada exploração é uma experiência nova. À medida que as crianças crescem os educadores tradicionalmente reduzem a aprendizagem por meio da experiência a ponto de que apenas alguns cursos de ensino secundário e superior dedicam tempo significativo ao ensino prático. Agora se entende que o aprendizado de alunos adultos é aprimorado com experiências práticas que os envolva no processo de aprendizagem. Além disso, os adultos trazem uma enorme bagagem que deve ser reconhecida e respeitada no ambiente de treinamento.

2ª lei: As pessoas não discutem com seus próprios dados.

Em poucas palavras, as pessoas estão mais propensas a acreditar fervorosamente em uma ideia se chegarem a ela por si mesmas. Portanto, no treinamento para adultos, a apresentação de atividades estruturadas que promovam ideias, conceitos ou técnicas geradas pelos alunos facilitará que o aprendizado seja mais eficaz do que simplesmente fornecer informações a serem lembradas.

3ª lei: O aprendizado é diretamente proporcional à quantidade de diversão que você está tendo.

O humor é uma ferramenta importante para lidar com o stress e a ansiedade, e pode ser eficaz na promoção de um ambiente de aprendizado confortável. Se você estiver envolvido no processo de aprendizagem, e entender como ele permitirá que você desempenhe melhor o seu trabalho ou outra tarefa escolhida, você poderá se divertir aprendendo.

4ª lei: O aprendizado não terá ocorrido se não houver mudança de comportamento.

O que conta não é o *que você sabe*, mas o *que você faz*. A capacidade de aplicar o novo material é um bom indicador para se saber se houve aprendizado. Experiências que proporcionem boas oportunidades para praticar uma nova habilidade aumentam a probabilidade de retenção e aplicação no local de trabalho.

do artigo *The Bar Has Been Raised (Parte 2)*, escrito por Joseph P. McGuire e Billy Snead:

- Os adultos trazem uma enorme bagagem que deve ser reconhecida e respeitada no ambiente de treinamento.
- O aprendizado de alunos adultos é aprimorado com experiências práticas que envolva os adultos no processo de aprendizagem.

O artigo continua: "A educação de adultos é melhorada quando as experiências de vida e práticas são incorporadas nas sessões de treinamento". Os instrutores devem gerar uma interação que encoraje os alunos a "apresentar ideias, perguntas, sugestões e soluções para problemas ou questões". Isso "será mais eficaz do que oferecer fatos, regras e outras informações a serem lembradas".

(Consulte as leis de Pike sobre o aprendizado de adultos.)

É essencial para o aprendizado e a retenção fazer com que os alunos apliquem as informações rapidamente no mundo real. Dessa forma, os trabalhadores rapidamente fazem a conexão entre as ilustrações e fotos de uma apresentação de PowerPoint e os transportadores e condições específicas que eles encontrarão na vida real, no seu local de trabalho.

Basta dizer que, na maioria dos casos (talvez em todos), o aprendizado de adultos funciona melhor com informações práticas e autodirecionadas que sejam diretamente aplicadas às oportunidades e desafios no ambiente imediato. É por isso que o treinamento sobre transportadores é mais eficaz se o treinamento incluir atividades práticas e referências específicas aos transportadores daquela planta.

Avaliação do impacto dos programas de treinamento

A avaliação de programas de treinamento, como o treinamento em segurança no trabalho com transportadores, é fundamental tanto para os alunos, a fim de garantir que eles estejam

recebendo o que precisam para trabalhar com segurança e eficácia, quanto para as operações, para se certificarem de que a planta esteja se beneficiando do valor investido no programa de treinamento.

Um dos métodos mais aceitos para avaliar o efeito e a importância do treinamento é o que se convencionou chamado de modelo de Kirkpatrick. Primeiramente proposto por Donald Kirkpatrick em 1954, ainda como estudante na Universidade de Wisconsin, esse modelo é uma ferramenta excelente de planejamento, avaliação e solução de problemas que permite avaliar o sucesso de qualquer programa de segurança. O modelo de Kirkpatrick tornou-se conhecido depois que foi publicado em 1994, em seu livro *Evaluating Training Programs: The Four Levels*.

O modelo de Kirkpatrick tem quatro etapas ou níveis pelo quais avaliar um programa de treinamento. (Figura 26.4.) Essas etapas foram resumidas em uma apresentação de PowerPoint, *Patient Safety Training Evaluations: Reflections on Level 4 and more*, pelo Ph.D. Eduardo Salas, conforme seguem:

- **Nível 1: Reação**
Os alunos gostaram do programa de aprendizado? (*Eles se engajaram?*)
- **Nível 2: Aprendizado**
Os alunos absorveram conhecimento e desenvolveram habilidades? (*O treinamento foi educativo?*)
- **Nível 3: Comportamento**
Os alunos aplicaram o aprendizado ao desempenhar o trabalho e alteraram seus comportamentos? (*Eles têm a capacidade de desempenhar as novas habilidades no trabalho? Eles se sentem capazes de mudar?*)
- **Nível 4: Resultados**
A nova aplicação do programa de aprendizado impactou nos resultados da empresa? (*A empresa se beneficiou dos resultados tangíveis, em termos de custo reduzido, melhoria da qualidade, melhoria da segurança, aumento da produção, ou da eficiência?*)

Para resumir o modelo de Kirkpatrick a fim de proporcionar um benefício tangível para a operação, qualquer treinamento precisa ser agradável, educacional, mudar o comportamento, além de ser aceito e reforçado pela gerência.

Alguns teóricos posteriormente incluíram um quinto nível para o modelo de avaliação de Kirkpatrick:

- **Nível 5: Retorno do investimento**
O treinamento compensou os custos?
(*O desempenho melhorado forneceu algum retorno em comparação a despesa incorrida pelo programa?*)

Ao contrário de outras formas de tarefas e treinamentos relacionados ao trabalho, o retorno do investimento em treinamento de segurança não é fácil de ser medido. (**Consulte o Capítulo 34 O retorno da segurança.**)

MODELO DE KIRKPATRICK DE AVALIAÇÃO DE TREINAMENTO



Figura 26.4.

O modelo de Kirkpatrick de avaliação de treinamento foi desenvolvido por Donald Kirkpatrick e posteriormente modificado por outros.

Treinamento sobre transportadores em Ste. Genevieve mescla as salas de aula com o "Mundo Real"

Em 2009, a Holcim (EUA) abriu sua fábrica de cimento Ste. Genevieve no Rio Mississippi, Missouri. Com uma capacidade de quatro milhões de toneladas por ano, a planta Ste. Genevieve é a maior fábrica de cimento Portland de um único forno no mundo. Agora como parte da LafargeHolcim, a planta de última geração com aproximadamente 250 funcionários é uma das mais ambientalmente eficientes e seguras do mundo.

No início de 2014, com a intenção de melhorar a segurança, controlar o material fugitivo e aumentar o desempenho geral da planta, a instalação de Ste. Genevieve empreendeu um programa para melhorar o conhecimento dos funcionários sobre segurança e aprimorar o desempenho dos seus sistemas de transportadores de correia.

"Os transportadores de correia são as áreas mais dinâmicas e potencialmente perigosas dos equipamentos em um local da planta" comenta Jim Wrigley, gestor de treinamento da planta de Ste. Genevieve. "A segurança e o desempenho melhorado em transportadores são essenciais para o êxito da planta."

A lacuna no conhecimento sobre transportadores de correia

Jerad Heitzler, que lidera os esforços de treinamento sobre transportadores da Martin nos Estados Unidos, explica:

Os funcionários da planta estão focados na produção do principal produto de suas operações, ou seja, cimento. O "cuidado" e a "alimentação" dos transportadores de correia, ou seja, o ajuste, a manutenção e a resolução de problemas que, muitas vezes, fazem a diferença no desempenho e rentabilidade, não dependem apenas da experiência dos funcionários da planta. Isso não significa que os trabalhadores não se preocupem com os transportadores, mas a manutenção desses sistemas está, muitas vezes, fora do foco de atenção dos trabalhadores, que também sofrem com a limitação do tempo.

Para ajudar os funcionários da planta a entender os respectivos transportadores de suas operações e a observar os problemas e os possíveis riscos desses transportadores, a Martin Engineering oferece treinamento àqueles que trabalham com sistemas de transportadores de correia. Esses programas põem ênfase em projetos que podem melhorar a segurança de quem trabalha em transportadores de correia ou nas proximidades de uma, assim como também aborda as remodelações de transportadores que possam reduzir a necessidade desse trabalho. Por mais de 20 anos, a Martin oferece workshops de um e dois dias sobre como operar e manter a limpeza e a segurança de transportadores de correia em plantas com operações em várias indústrias e diferentes lugares do mundo. Os cursos são conhecidos como *FOUNDATIONS™ Workshops* e abrangem os fundamentos operacionais e de manutenção em transportadores de correia, bem como os princípios sobre o controle de material fugitivo.

"Parte desse material se destina apenas a ensinar a ver os transportadores de correia de uma nova forma, saber o que

procurar neles e identificar um problema ao observá-lo", comenta Heitzler.

O *FOUNDATIONS™ Workshop* foi desenvolvido pela Martin Engineering como forma de ajudar os funcionários da planta a compreender o funcionamento e manutenção dos sistemas de manuseio de material, dos quais dependem as suas instalações. Oferecido como uma sessão de um ou dois dias de instrução em sala de aula, agora também disponível em um curso on-line como e-learning, a oficina abrange os transportadores de correia utilizados no manuseio de materiais a granel.

Heitzler prossegue:

O objetivo é instruir os funcionários da planta – operadores e gestores – sobre os princípios da operação de transportadores e sobre os sinais de uma série de problemas comuns, como desalinhamento, material de fugitivo, componentes danificados e outros perigos típicos, e suas respectivas correções. O workshop ensina aos funcionários da planta o que devem esperar de seus transportadores de correia. Ele também trata sobre como obter melhor desempenho, ou seja, maior segurança, maior controle de poeira, mais eficiência e maior produtividade, e como verificar menos riscos, menos material fugitivo, menos desvio da correia, menos dores de cabeça na manutenção e redução dos problemas de transportadores.

Receber a mensagem

Juntas, a Martin Engineering e a gerência da Ste. Genevieve desenvolveram um plano. Em uma semana de treinamento, a Martin forneceria dois cursos idênticos com duração de dois dias. Estiveram presentes nas sessões os operadores (técnicos em cimentos) da planta de Ste. Genevieve, bem como o coordenador técnico e dois engenheiros de confiabilidade da planta.

Os funcionários foram divididos em dois grupos, sendo que o Grupo A (26 funcionários) recebeu instruções em sala de aula na segunda e na terça, e o Grupo B (16 funcionários) passaram pelo programa de treinamento na quarta e na quinta. A sexta-feira ficou reservada para discussões de acompanhamento entre aqueles que receberam o treinamento e os gestores das plantas.

Conteúdo do curso

O material abordado na etapa em sala de aula do *FOUNDATIONS™ Workshop* que ocorreu na planta de Ste. Genevieve incluía:

- *Construção de um transportador*: Fundamentos da estrutura, identificação e função dos vários componentes.
- *Segurança para se trabalhar com transportadores*: Segurança ao trabalhar com transportadores de correia ou em suas proximidades; sistemas de segurança em transportadores de correia.

- *Correia do transportador*: Construção, condição e tipos de danos; emendas mecânicas e vulcanizadas.
- *Alinhamento da correia*: Causas do desvio da correia; métodos de correção do curso da correia.
- *Pontos de transferência*: Distâncias de transição; zonas de carga; áreas de impacto; importância da estabilidade da linha da correia; vedação lateral eficaz.
- *Zonas de descarga*: Características do material de retorno; sistemas de limpeza das correias.
- *Gerenciamento de pó*: Movimento do ar em pontos de transferência; contenção de pó; coletor de pó ativo e passivo; sistemas de supressão de pó.
- *Retorno do investimento*: Cálculo do ROI das melhorias do transportador.

Um dos elementos essenciais dos *FOUNDATIONS™ Workshops* é uma inspeção dos transportadores da instalação no dia anterior ao curso. Isso permite que o treinamento incorpore informações sobre o sistema local de manuseio de materiais e problemas do "mundo real" aos materiais de treinamento. As fotografias digitais tiradas durante essa visita ao local levam os participantes até a verdadeira natureza dos problemas do transportador de suas plantas e estimulam as discussões sobre as causas e possíveis soluções.

A pesquisa de campo incorpora informações do "mundo real"

Na Ste. Genevieve, algumas experiências de campo especiais foram incorporadas ao conteúdo do curso. No primeiro dia de treinamento de cada grupo, uma caminhada à tarde na área de um transportador da planta apresentou uma revisão básica dos problemas típicos que os técnicos de cimento podem encontrar. Pequenas equipes da turma inspecionaram um dos transportadores nas instalações de Ste. Genevieve para verificar os problemas e elaborar uma pesquisa de campo. Essa pesquisa deveria relatar as condições da estrutura, correia, alinhamento, roletes, polias, vedações da zona de carga, sistema de limpeza das correias e outros componentes do transportador.

No período da tarde do segundo dia, na sequência do treinamento do grupo, os participantes receberam uma tarefa. Cada equipe deveria propor soluções, em termos de ajuste, correções e novo equipamento, para aprimorar a segurança e o desempenho do transportador que o grupo havia inspecionado no dia anterior. As anotações e fotos extraídas do local no dia anterior foram reunidas em um "relatório sobre as condições" que foi apresentado as outras equipes e à gerência em uma sessão de "Relatórios" no encerramento da semana de treinamento.

Na manhã do último dia de treinamento, os representantes de cada grupo de participantes se reuniram para uma breve discussão. Após uma revisão e debate sobre as observações, cada equipe preparou um relatório para ser apresentado à gerência da planta. Os relatórios incluíram uma recomendação de projetos de melhorias, com base no que aprenderam em sala de aula, que deveria ser realizada em seus transportadores.

Cada recomendação incluía uma cotação orçamentária feita com estimativas aproximadas de custos fornecidas pela Martin Engineering.

Avaliação do treinamento

Qualquer programa de treinamento deve ser avaliado duas vezes, tanto pelos indivíduos submetidos ao treinamento quanto pela planta ou corporação que patrocina o treinamento, para ver se o programa cumpre as expectativas de capacitar e motivar os funcionários a melhorarem as operações da planta. Os participantes do curso e a gerência da planta de Ste. Genevieve ficaram satisfeitos com o sucesso do programa, tanto com as informações abordadas em sala de aula quanto com os relatórios de pesquisa em campo produzidos pelos participantes.

Para a Holcim, o essencial ao avaliar o sucesso do programa de treinamento sobre transportadores foi cumprir as quatro etapas do modelo de avaliação de Kirkpatrick. (**Consulte Avaliação do impacto dos programas de treinamento.**) A prova do êxito do *FOUNDATIONS™ Conveyor Training* passaria por saber se os alunos seriam capazes de aplicar as informações relacionadas aos transportadores específicos e às questões de manutenção de materiais da fábrica de cimento Ste. Genevieve.

Jim Wrigley, gestor de treinamento da planta Ste. Genevieve, explicou:

Nós conscientemente projetamos esse treinamento para que seja aplicado às condições do "mundo real". Pedimos que nossa equipe ande pelos transportadores em suas áreas de responsabilidade e avalie o equipamento e seu desempenho. Eles então trouxeram essas informações para compartilhar com seus pares e liderança da planta. Algumas das modificações propostas foram implementadas, outras estão em processo de aprovação orçamental. Dessa forma, demos os passos certos para demonstrar que nossos funcionários aprenderam com o programa de treinamento e podem aplicá-lo às suas tarefas. O tempo dirá se os resultados fornecerão benefícios de longo prazo para as operações e a empresa, mas estamos confiantes de que caminhamos na direção correta.

Um programa piloto

Programas de treinamento semelhantes podem ser usados em outros fabricantes de cimento, assim como em outras operações em que o manuseio de materiais a granel em transportadores de correia seja essencial para a segurança da planta e seu sucesso operacional e financeiro.

O programa de instrução pode ser muito semelhante ao de outras instalações e indústrias. Heitzler acrescenta:

Mas o essencial será personalizar o programa de treinamento e os materiais instrucionais para que coincidam com a especificidade dos equipamentos, condições e requisitos dessas plantas, estejam elas envolvidas na fabricação de cimento ou em outras formas de manuseio de materiais a granel.

Treinamento em segurança para se trabalhar com transportadores de correia: o estado atual

Atualmente, o treinamento industrial para se trabalhar com segurança nas proximidades de transportadores de correia fica sob responsabilidade do proprietário/operador da instalação. Nos Estados Unidos, tanto a agência Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) quanto o American National Standards Institute (ANSI, Instituto Nacional Americano de Padrões) classificam a segurança no trabalho com correias transportadoras como um simples treinamento operacional e de segurança. Ambas as organizações consideram responsabilidade do proprietário o emprego de pessoas competentes, qualificadas e certificadas para treinar os operadores.

Há pouco material de treinamento sobre segurança no trabalho com transportadores oferecido pelas normas da ANSI, OSHA ou de qualquer das associações profissionais da engenharia de segurança. Conforme observado por George Schultz em "Training for Conveyor Safety", em 2003, (e citado por Poonam Worlikar na sua tese de mestrado), essas associações têm algumas diretrizes de segurança, mas não estabelecem exigências nem sugerem uma estrutura do programa de treinamento ou diretrizes específicas de treinamento. Isso coloca o desenvolvimento de

um programa de treinamento bem-sucedido sob a responsabilidade do proprietário/operador do transportador de correia. A tese de Worlikar prossegue:

Com a falta de programas de formação desenvolvidos, o treinamento sobre correias transportadoras permanece como uma tarefa a ser feita no local de trabalho em que um novo funcionário é colocado ao lado de pessoas experientes para aprender sobre a adequada operação, manutenção e funcionamento da correia transportadora. Os inconvenientes do treinamento no local de trabalho é que ele não pode ser quantificado nem verificado para garantir que o período de treinamento seja adequado, além de expor pessoas inexperientes aos perigos de um sistema de correias transportadoras, portanto, à possibilidade de ferimentos.

As práticas comuns de treinamento sobre transportadores de correia na indústria devem incorporar dicas e considerações breves e básicas de segurança em vídeos e projeção de slides apresentados como parte do treinamento geral de segurança.

Programas de treinamento sobre transportadores que incluam o tema da segurança são disponibilizados pela Martin Engineering (**Consulte Treinamento sobre transportadores em Ste. Genevieve que mescla salas de aula com o "mundo real".**) e por vários outros fornecedores; esses programas são, muitas vezes, elaborados como treinamento em sala de aula (**Figura 26.5.**), mas devem proporcionar também práticas em campo como opção.

Conteúdo do treinamento sobre transportadores de correia

Para ajudar a reduzir os acidentes com um abrangente programa de treinamento sobre segurança, é importante incluir determinadas áreas de treinamento. As áreas do conteúdo programa de treinamento sobre segurança no trabalho com transportadores de correia incluem as seguintes metas:

Figura 26.5.

As apresentações em sala de aula normalmente formam parte do treinamento sobre transportadores.



O aluno deve entender (isto é, ser capaz de reconhecer e articular):

- Os vários tipos de riscos apresentados pelos sistemas transportadores e as práticas de trabalho seguras para prevenir que esses riscos causem ferimentos.
- A importância de evitar tanto o contato intencional quanto o não intencional com transportadores e suas correias.
- As exigências e habilidades exigidas de um operador de transportadores qualificado.
- O significado dos procedimentos de Travamento / Etiquetagem durante o reparo e manutenção do transportador.
- Os efeitos não intencionais ao se realizar alterações nos componentes do sistema transportador.

Ao descrever o programa geral de treinamento sobre transportadores na revista *Aggregates Manager*, em 2003, no artigo intitulado "Conveyor Safety and Education", Larry Goldbeck propôs a existência de quatro áreas no treinamento sobre transportadores: práticas gerais de segurança, orientações sobre como realizar os procedimentos de inspeção e manutenção de transportadores, informações sobre as condições da correia e do sistema

transportador e, por último, os procedimentos de alinhamento dos componentes para que a correia funcione centralizada.

As práticas gerais de segurança incluem usar o equipamento de proteção individual apropriado e verificar se cada funcionário está ciente sobre as localizações de botão ou cabo de parada de emergência.

As orientações sobre como realizar os procedimentos de inspeção e manutenção de transportadores são garantir que o transportador esteja devidamente travado e etiquetado ao executar as tarefas de manutenção, executar as tarefas adequadamente e certificar-se de todos os equipamentos conectados estejam devidamente colocados fora de serviço com a energia travada e os movimentos da correia bloqueados.

O treinamento também precisa incluir as condições gerais do sistema transportador, por exemplo, como garantir que os roletes estejam funcionando adequadamente e a capacidade de identificar as fontes e causas do material fugitivo. O funcionário também precisa ser treinado sobre as condições da correia e ser capaz de reconhecer os vários tipos de danos presentes nas correias e emendas.

Seminário avançado oferece treinamento do mais alto nível

Sistemas de transporte bem projetados e bem gerenciados proporcionam um manuseio de materiais a granel mais limpo, seguro e produtivo. Para alcançar essas metas, o *Seminário Foundations™ Nível Avançado* da Martin Engineering ajudará as plantas a projetar, operar e gerir os transportadores de correia e a justificar as melhorias nos sistemas transportadores.

Baseado na quarta edição do livro *Foundations™, Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo do Pó e Material a Granel* da Martin Engineering, o seminário de nível avançado foi desenvolvido para engenheiros e gestores responsáveis pelo design e administração de sistemas transportadores de correia.

Normalmente, no primeiro dia se aborda como projetar transportadores mais limpos, seguros e produtivos. O segundo dia é baseado neste livro e tem como foco o retorno do investimento em segurança.

O curso aborda o aprimoramento de sistemas transportadores para reduzir o material fugitivo, controlar o pó, estender a vida útil dos componentes, aumentar a segurança e melhorar o desempenho. Ele fornece informações sobre como melhorar os sistemas transportadores de correia e como demonstrar esses aprimoramentos para justificar os investimentos necessários. Ele abrange os métodos para calcular os custos e os benefícios desses aprimoramentos.

Figura 26.6.

O treinamento deve incluir informações sobre a construção, operação e riscos dos transportadores de correia, bem como instruções sobre o desempenho seguro de tarefas que precisarão ser realizadas.



O alinhamento da correia, às vezes chamado de rastreamento da correia, é a arte e a ciência de manipular os componentes das correias transportadoras para que ela funcione no centro da estrutura. Ajustar esses componentes para alinhar a correia enquanto ela estiver em operação poderá causar ferimentos sérios e dispendiosos danos na correia. Consequentemente, o alinhamento da correia é um assunto importante do treinamento sobre transportadores.

Esse conteúdo instrucional compreende as informações gerais sobre transportadores, ou seja, construção, operação e perigos. Além disso, o alinhamento deve incluir instruções

sobre o desempenho seguro das tarefas de manutenção e operações específicas que precisarão ser realizadas. (Figura 26.6.)

Treinamento sobre as tarefas do trabalho com transportadores

O treinamento sobre as tarefas, ou seja, como desempenhar os trabalhos específicos e as tarefas de manutenção necessárias nas proximidades do transportador de correia, pode ser um dos meios mais eficazes de prevenção de acidentes.

Não importa as características específicas do transportador ou do processo da planta, há quatro categorias de tarefas relacionadas aos transportadores que podem ser facilmente identificadas. São elas:

Limpeza

A limpeza nas proximidades e nas áreas de baixo das correias e equipamentos para remover os detritos derramados e acumulados nos componentes ou no chão, embaixo da correia. A limpeza normalmente é feita com ferramentas de mão.

A faculdade Bluefield State College explora o treinamento sobre segurança no trabalho com transportadores de correia

A organização Center for Applied Research and Technology (CART), Inc. da faculdade Bluefield State College (BSC) desenvolveu recentemente material para um curso online com instruções para melhorar o treinamento sobre segurança em transportadores de correia.

O programa foi desenvolvido com o apoio de uma concessão do Departamento do Trabalho dos Estados Unidos como parte de um programa para oferecer formação e treinamento na indústria de mineração. O programa foi um dos seis premiados em 2010 pelos subsídios Brookwood-Sago da agência MSHA, estabelecidos com base na lei federal norte-americana de melhoria das minas e nova resposta emergencial (Miner Act de 2006). O foco de todas as subvenções

do programa de 2010 foi direcionado aos materiais do treinamento e à formação para promover a preparação para emergências na mineração e prevenção de todas as minas subterrâneas.

A organização CART demonstrou o programa e seus resultados no quinto evento anual Mine Rescue Competition da BSC, na 118ª conferência anual da American Society for Engineering Education (ASEE, Sociedade Norte-americana para Educação em Engenharia) e na mostra Bluefield Coal Show de 2011.

O curso experimental foi bem recebido pelos aproximadamente 90 instrutores de segurança na mineração que participaram da demonstração, mas a falta de financiamento adicional levou a uma parada no desenvolvimento e distribuição do programa.

Instalação e reparo

A instalação e reparo dos componentes e estrutura do transportador.

Alinhamento da correia

O ajuste dos componentes do transportador, de modo que a correia correrá no centro da estrutura.

Outras

Isso inclui tarefas diversas, tais como inspeção e manutenção de equipamentos de grande porte próximos da correia (sistemas de carregamento), assim como reparos de outros sistemas relacionados ao transportador, tais como amostradores transversais de materiais, ímãs de lixo metálico, detectores de nível, medidores de fluxo e corda de segurança.

Qualquer treinamento sobre tais tarefas deve incluir a familiarização com a área de trabalho, os possíveis riscos associados ao trabalho, a revisão dos procedimentos seguros de trabalho na utilização de equipamentos e na execução do trabalho e a revisão das normas da empresa e leis governamentais de segurança pertinentes ao trabalho.

Mesmo com treinamento eficaz sobre as tarefas, o trabalho inicial de um novo funcionário, ou mesmo de um funcionário veterano com uma nova atribuição, também deve ser supervisionado de perto até que todos tenham certeza de que o trabalhador tem a capacidade de realizá-lo com segurança.

Como observado anteriormente neste livro, o desempenho da manutenção e limpeza nas proximidades de transportadores de correia é uma das principais causas de acidentes e ferimentos relacionada a transportadores. Com o treinamento apropriado sobre as tarefas, as taxas de ferimentos podem ser diminuídas.

Estudos mostram que, para alguns procedimentos essenciais de manutenção, as simulações ou práticas em um equipamento duplicado são métodos muito eficazes para se desenvolver formas mais seguras de trabalho.

Treinamento online em segurança para se trabalhar com transportadores de correia

Práticas atuais e convencionais de treinamento sobre segurança geralmente incluem o uso de palestras, apresentações de slides, vídeos e materiais escritos. Em alguns casos, o treinamento ainda envia cada aluno ao local com um trabalhador experiente para treinamento sobre as tarefas no local de trabalho.

Infelizmente, esses métodos de ensino são passivos por natureza; isto é, o aluno é um recipiente no qual o conhecimento é derramado, em vez de ser participante ativo. Pesquisas sobre os métodos de aprendizagem de adultos indicaram que o aprendizado/ treinamento ativo é mais eficaz do que os métodos mais passivos.

Nesse sentido, o uso de multimídia interativa está prevalecendo em muitos programas de treinamento devido a sua eficácia e eficiência em relação a custos. As razões citadas sobre por que o uso de multimídia está

Treinamento online sobre transportadores oferecido pela Martin Engineering

Estão disponíveis cursos de treinamento na Internet sobre operação, manutenção e segurança de transportadores. A Martin Engineering oferece um curso online sobre manutenção e segurança nas



operações com transportadores. Com base nos *FOUNDATIONS™ Workshops* da Martin, o curso de sete módulos aborda os conceitos básicos na construção de transportadores, os fatores-chave na segurança ao trabalhar com transportadores de correia ou em suas proximidades e os métodos para melhorar o desempenho do transportador por meio do controle de material fugitivo. Para obter mais informações, visite www.martin-eng.com/page/foundations-online-training ou entre em contato com a Martin Engineering.

O projeto do instituto Virginia Tech demonstra o treinamento sobre transportadores em realidade virtual

O sucesso do treinamento em realidade virtual em outros campos proporcionou estudo preliminar na aplicação da realidade virtual em transportadores. A tese de mestrado de Jason David Lucas do instituto Virginia Tech com o título *Improving Conveyor Belt Safety Training Through the Use of Virtual Reality* desenvolveu uma demonstração do treinamento sobre transportadores em realidade virtual.

O programa era composto por duas fases interativas: uma etapa instrucional e uma etapa prática. Na introdução, Lucas explica:

A etapa instrucional é uma simulação do passo a passo para familiarizar o aluno com o ambiente de trabalho e com os componentes de uma correia transportadora, e também para alertar o usuário sobre as tarefas de manutenção e perigos que representam os componentes em movimento.

A segunda etapa do estudo envolve o treinamento prático. Serão projetadas simulações de vários cenários sobre problemas para testar a capacidade do indivíduo para resolver problemas quando submetido ao ambiente de realidade virtual. Informações relacionadas com a tarefa podem ser acessadas durante a simulação, de forma que a capacidade do aluno para identificar e solucionar os riscos pode ser quantificada. As consequências de uma tomada de decisões deficiente ou de comportamentos arriscados ao interagir com o ambiente serão demonstradas ao usuário.

Cenários amostrais da realidade virtual

O ambiente virtual na tese de mestrado ilustrou três diferentes sistemas transportadores: um transportador inclinado, um

transportador aéreo e um transportador em nível. Isso permitiu a inclusão de uma variedade de possíveis perigos, incluindo o derramamento de material, a realização da manutenção em alturas elevadas e a estreita proximidade com as partes móveis de um transportador.

A formação exigia a utilização de sequências adequadas para várias tarefas e operações relacionadas aos transportadores. Um exemplo seria como ligar o sistema da correia.

O disjuntor precisa estar ligado e destravado para que o interruptor de energia funcione. A animação em realidade virtual mostra o processo necessário para ligar o sistema transportador. Se a correia estiver travada, o instrutor não poderá deixar o operador da planta ligá-la. Assim que o disjuntor for destravado, a correia poderá ser ligada. Quando o sistema estiver ligado, o alarme precisará ser disparado pelo usuário antes de ser possível mover a correia.

Outro exemplo seria a sequência de identificação de riscos. Em um dos exemplos, há um monte de material que pode interferir no funcionamento apropriado da correia. O usuário precisa elaborar uma série de perguntas para identificar o risco e poder removê-lo. Ao responder corretamente, o risco é removido da cena. Se o usuário responder incorretamente, exibi-se a consequência do que teria ocorrido se o risco permanecesse, ou se fosse removido de forma não apropriada.

O projeto fazia parte do programa de investigação da Virginia Tech sobre a eficácia do treinamento por realidade virtual dos funcionários que trabalham nas proximidades de correias transportadoras na indústria de mineração a céu aberto.

O programa foi subsidiado pela agência (NIOSH, Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional).



Slides do projeto de demonstração retratam os transportadores em realidade virtual. (Imagens cordialmente cedidas por Jason David Lucas.)

ganhando popularidade entre os programas de treinamento são os custos, a economia de tempo, a interatividade do material, o feedback imediato, a consistência na apresentação das informações e a flexibilidade na entrega.

Essa metodologia de treinamento pode assumir várias formas, incluindo cursos de treinamento online, simuladores e tecnologias de realidade virtual.

Simuladores de treinamento

Algumas operações de mineração usam simuladores baseados em programas de computação para treinar os funcionários sobre o funcionamento do equipamento pesado usado nas instalações, como pás de mineração, caminhões de transporte, plataformas de perfuração e semelhantes.

Assim como os simuladores de cabine usados para pilotos de aviação, esses simuladores de equipamentos de mineração replicam os controles do compartimento e a vista que o motorista tem do assento. Eles são projetados com movimentos realistas, gráficos e respostas da máquina que permitem a prática de habilidades do operador sem colocar em risco vidas ou equipamentos valiosos.

Os simuladores preenchem a lacuna que há entre o treinamento em sala de aula no estilo palestra e o treinamento prático. Como o artigo "Training: The Foundation for Safety", publicado na edição de fevereiro de 2014 de *Engineering and Mining Journal (E&MJ)*, apontou, por meio desses simuladores, os operadores podem experimentar:

[...] não só as condições normais de funcionamento, mas também os cenários anormais e de emergência em total segurança. Dada a prática de eventos raros no simulador, a melhor resposta poderá ser ensinada e tornar-se uma segunda natureza se o cenário ocorrer na vida real.

Ainda não há simuladores desenvolvidos para transportadores, mas as tentativas iniciais no uso de realidade virtual em treinamento de transportadores parecem estar se movendo nessa direção.

Treinamento em realidade virtual

Outro método de treinamento utilizando a tecnologia é o uso de realidade virtual. A realidade virtual é um ambiente com base computacional que simula a presença física em determinados lugares do mundo real ou imaginário. A realidade virtual oferece uma experiência realista em primeira pessoa em que os usuários podem treinar ao seu próprio ritmo, experimentar ações e suas consequências e ter seu desempenho monitorado. Esses sistemas ajudam os trabalhadores a experimentarem as condições sem realmente correrem riscos de ferimentos e sem limitar o funcionamento dos equipamentos e o cronograma de produção

Como Jason Lucas, Walid Thabet e Poonam Worlikar resumiram em 2007 no artigo *A VR-Based Training Program for Conveyor Belt Safety*:

A realidade virtual proporciona a oportunidade de desenvolver aplicações interativas de treinamento virtual comparáveis aos simuladores de vida real, só que mais econômicas. As aplicações da realidade virtual projetadas para o treinamento em segurança podem fornecer melhores ferramentas de aprendizagem cognitivas permitindo que os alunos participem ativamente e experimentem a sensação próxima da realidade sobre os riscos associados ao trabalho nas proximidades de correias transportadoras e praticar virtualmente a realização de tarefas sem correr os riscos apresentados por uma correia em funcionamento.

Organizações que oferecem recursos de treinamento sobre segurança

Várias organizações fornecem recursos de segurança, incluindo certificação dos profissionais de segurança.

American Society of Safety Engineers

www.asse.org

A American Society of Safety Engineers (ASSE, Sociedade Norte-americana de Engenheiros de Segurança) é a mais antiga sociedade de segurança profissional. A ASSE promove o conhecimento, liderança e compromisso de seus membros, proporcionando-lhes desenvolvimento profissional, serviços de advocacia e desenvolvimento de padrões. Ela também estabelece os padrões de excelência e ética da comunidade em relação à segurança, saúde e ambiente ocupacional. A ASSE possui afiliados na maior parte dos países exploradores da mineração.

Board of Certified Safety Professionals

www.bccsp.org

O entidade Board of Certified Safety Professionals (BCSP, Conselho de Profissionais de Segurança Certificado) dos Estados Unidos não é uma organização de membros e não oferece serviços normalmente fornecidos por organizações desse tipo. Ser membro de alguma organização não é uma exigência para obter certificação. O único objetivo do BCSP é certificar os aprendizes na profissão da segurança.

National Association of Safety Professionals

www.naspsweb.com

A organização National Association of Safety Professionals (NASP, Associação Norte-americana de Profissionais da Segurança) é uma entidade sem fins lucrativos que oferece treinamento, serviços de consultoria e certificações de terceiros que validam conhecimentos, proficiências e habilidades na área de segurança no local de trabalho. A principal missão da NASP é fornecer aos profissionais da segurança oportunidades de formação inovadora e certificação profissional para ajudá-los no exercício das suas funções na

área de segurança, com confiança e competência comprovada.

International Board for Certification of Safety Managers

www.ibfesm.org

A entidade International Board for Certification of Safety Managers (Conselho Internacional para Certificação de Gestores de Segurança), também conhecida como BCHCM, foi fundada em 1976 como uma organização de credenciamento independente sem fins lucrativos. Ela estabelece os requisitos da certificação e re-certificação Certified Healthcare Safety Professional (CHSP, Certificação profissional em segurança e saúde). O conselho opera como uma organização independente de credenciamento profissional não afiliada a qualquer outra associação ou grupo, nem pertencente a nenhum grupo de pressão.

Board of Canadian Registered Safety Professionals

www.bccrsp.ca

A entidade Board of Canadian Registered Safety Professionals (Conselho de Profissionais de Segurança Registrados do Canadá), anteriormente conhecida como Association for Canadian Registered Safety Professionals, é uma associação de interesse público sem fins lucrativos, com membros dedicados aos princípios da saúde e segurança como profissão no Canadá. Um profissional da segurança registrado no Canadá ou Canadian Registered Safety Professional (CRSP®) é um indivíduo que cumpriu os requisitos de registro estabelecidos pelo Conselho Diretor. Um profissional CRSP® aplica amplos conhecimentos em segurança para desenvolver sistemas capazes de obter um controle ótimo sobre os perigos e riscos prejudiciais para as pessoas, equipamento, material e ambiente. Um profissional CRSP® se dedica aos princípios do controle de perdas, prevenção de acidentes e proteção ambiental, conforme demonstram suas atividades diárias.

European Network Education and Training in Occupational Safety and Health

www.enetosh.net

A organização European Network Education and Training in Occupational Safety and Health (ENETOSH, Rede Europeia de Educação e Formação em Matéria de Segurança e Saúde no Trabalho) oferece uma plataforma de compartilhamento sistemática de conhecimentos sobre questões relativas à educação e formação em matéria de segurança e saúde no trabalho. Hoje, mais de 40 parceiros em 16 países europeus, além da Coreia do Sul, estão envolvidos na rede ENETOSH. A rede é coordenada pelo Instituto do Trabalho e Saúde (IAG) do Instituto alemão de seguro contra acidentes (DGUV). Os associados desenvolvem conjuntamente a norma ENETOSH sobre a competência de instrutores e formadores em segurança e saúde. O desenvolvimento foi realizado com base no European Qualification Framework (EQF, Quadro Europeu de Qualificação). A norma abrange quatro campos de competência:

1. Educação e treinamento
2. Segurança e saúde no trabalho
3. Promoção da saúde no trabalho
4. Gestão em segurança e saúde ocupacional

O Safety Institute of Australia, Ltd.

<https://sia.org.au>

O Safety Institute of Australia (Instituto Australiano de Segurança) realiza a certificação da profissão de generalista em segurança e saúde ocupacional, por meio de um programa que reconhece a capacidade e credibilidade dos profissionais mediante a combinação entre educação e experiência de trabalho. A certificação profissional de generalista em segurança e saúde não é obrigatória. A certificação não é regulada por lei, pelos reguladores do estado em segurança e saúde ocupacional nem por qualquer organismo governamental. A certificação é um processo que está sendo voluntariamente implementado pela profissão para contribuir com o mais alto padrão de consultoria em segurança e saúde disponível aos locais de trabalho australianos.

A realidade virtual oferece a vantagem de poder ensaiar as atividades com segurança e demonstrar as consequências de erros que o treinamento prático, no local de trabalho, no "mundo real" não permite.

Para um programa de demonstração, Lucas, Thabet e Worlikar desenvolveram uma série de módulos de realidade virtual instrucionais e com base em tarefas que facilitasse a compreensão do usuário sobre os componentes e montagens de correias transportadoras. Os módulos explicavam os diferentes riscos e problemas de segurança associados à movimentação dos componentes da correia ao realizar a manutenção, e testavam a capacidade do usuário para resolver problemas.

A aplicação do treinamento de realidade virtual, se estiver plenamente desenvolvida, poderá ser parte da solução efetiva de treinamento em um ambiente interativo e seguro de um grande número de jovens mineiros, pois eles têm maior probabilidade de estar familiarizados com computadores e controles de videogame dos sistemas de realidade virtual.

Embora satisfeitos com os resultados iniciais do programa de treinamento de realidade virtual, os pesquisadores foram cuidadosos ao apontar que, mesmo com o programa de demonstração, não se espera que o treinamento prático do "mundo real", no local de trabalho, possa ser eliminado. A utilização da realidade virtual não deve substituir esse treinamento, e sim aprimorá-lo.

Houve tentativas iniciais e parciais (projeto de pós-graduação) para desenvolver o treinamento sobre transportadores em realidade virtual. **(Consulte Projeto da Virginia Tech demonstra o treinamento sobre transportadores em realidade virtual.)** No entanto, nenhum deles ainda chegou ao mercado em um estado acabado, pronto para ser adotado (ou adaptado) no treinamento em instalações específicas. Talvez seja apenas uma questão de tempo.

Recursos externos para treinamento e segurança

Há muitas empresas e consultorias que podem fornecer programas de treinamento personalizados ou padrão. Muitos dos instrutores de segurança e consultoria são profissionais de segurança certificados.

Os profissionais da segurança são pessoas certificadas por uma organização acreditada que utiliza pelo menos 50 por cento do seu tempo de trabalho em funções de segurança, tais como avaliar o local de trabalho para determinar os riscos, avaliar os possíveis riscos e controles, avaliar as medidas de controle dos riscos e perigos, investigar incidentes, manter e avaliar registros de perdas e incidentes e preparar planos de resposta de emergência. Outras funções podem incluir o reconhecimento de perigos, proteção contra incêndio, conformidade regulatória, controle dos perigos para a saúde, ergonomia, gestão de materiais perigosos, proteção ambiental, treinamento, investigações de incidentes, conselhos à gerência, manutenção de registros, resposta de emergência, gestão de programas de segurança e segurança do produto. Muitos dos instrutores de temas específicos do treinamento especializado são contratados pelos fabricantes e, embora não sejam profissionais certificados na área de segurança, são especialistas em suas respectivas áreas.

Os especialistas muitas vezes podem revelar problemas de segurança que não são óbvios para aqueles que trabalham diariamente em um ambiente industrial ou de mineração. É comum que as empresas de manuseio de materiais a granel utilizem empresas de serviços de segurança na inspeção de rotina dos equipamentos de segurança, como extintores de incêndio, por exemplo. Muitas empresas de serviço de segurança oferecem inspeções do local, avaliações da cultura da segurança e programas de treinamento personalizados. A maioria das empresas de serviço de segurança apresentará relatórios e fornecerão propostas de remediação e mitigação de riscos.

Seleção de um fornecedor de serviços de segurança

O uso de um especialista terceirizado nas atividades relacionadas à segurança pode ser mais benéfico do que usar a equipe interna de manutenção. Além de um "segundo ponto de vista" sobre uma operação, os conhecimentos e a experiência de um serviço independente também fornecem uma vantagem valiosa. Por exemplo, nos Estados Unidos e na União Europeia, a responsabilidade pela análise de riscos não se limita ao fabricante que forneceu o equipamento. O consumidor final dos equipamentos também é encarregado de realizar e documentar uma análise dos riscos de equipamentos no contexto da operação. Uma análise formal dos riscos não é uma habilidade encontrada normalmente nos departamentos de manutenção.

Ao selecionar um especialista terceirizado para as inspeções de segurança ou aprimoramentos, escolha aqueles que tenham:

- Conhecimento dos regulamentos locais e nacionais de segurança da indústria de transformação e mineração.
- Conhecimento sobre design e operação de transportadores de correia.
- Experiência e referências.
- Ótimos históricos de segurança.

Figura 26.7.

A interação entre os estudantes, e entre o instrutor e os estudantes normalmente é aprimorada em uma turma de tamanho reduzido.



Ao selecionar um consultor externo, lembre-se das possíveis economias futuras em vez de focar no menor preço.

MELHORES PRÁTICAS

Os métodos para treinamento em segurança são muito similares a outros tipos de treinamentos exigidos na indústria e na mineração. Para ser efetivo, o treinamento deve ser frequente, mas não precisa ser em uma sala de aula formal. Uma mistura entre sala de aula, campo e treinamento online, usando tanto os recursos internos quanto externos pode fazer com que o treinamento seja mais efetivo.

De modo geral, as pessoas que precisam ser treinadas em questões de segurança nas proximidades de transportadores são as equipes de manutenção e operação, que tendem a precisar de aprendizado prático.

O treinamento mais eficaz será provavelmente uma combinação de apresentações e demonstrações que permitam e incentivem ao máximo a participação. Essas pessoas tendem a ser orientadas pela ação, e não estão acostumadas a permanecer sentadas por períodos prolongados, a ler ou assistir apresentações, por isso recomenda-se que o treinamento seja curto e vá diretamente ao ponto.

As melhores práticas listadas abaixo foram extraídas principalmente das *Melhores práticas, normas e diretrizes de saúde e segurança ambiental*, conforme desenvolvidas em 2011 pelo Systemwide Training and Education Workgroup da Universidade da Colifórnia.

Essas recomendações não abrangem o desenvolvimento de materiais de treinamento.

Tamanho da turma

- Uma turma de tamanho pequeno promove a interação. (**Figura 26.7.**) Uma turma de 25 indivíduos (ou menos) normalmente funciona melhor, especialmente se incorporar o aprendizado com base em atividades no programa de treinamento.

Instalações

O "espaço de aprendizagem" deve incentivar exercícios de pequenos grupos ou treinamento prático utilizando equipamentos como parte da aprendizagem baseada em atividades. As instalações adequadas para se levar a cabo um treinamento são:

- Espaço para os participantes se sentarem confortavelmente e serem capazes de ver, ouvir e participar na apresentação.
- A sala deve ser suficientemente silenciosa para se manter uma conversa normal.
- Verifique se toda a tecnologia (projetores e sistemas de som) tem suporte técnico disponível e está funcionando.
- O instrutor deve ter acesso aos controles de iluminação e temperatura.
- As janelas devem ser sombras que bloqueiam luz para melhorar a visibilidade dos monitores e vídeos.

Instrutores

- Os instrutores devem ser especialistas no assunto, capazes de transmitir conteúdo em um ambiente de sala de aula.
- Alguns regulamentos (por exemplo, a norma 29 CFR 1910.1210) exigem que os instrutores possuam qualificações especiais.

Técnicas

Os melhores métodos pedagógicos são capazes de:

- Extrair a experiência e conhecimento dos participantes sobre as questões de segurança e saúde.
- Dar ênfase ao aprendizado sem precisar depender da leitura.
- Incorporar uma variedade de princípios de aprendizagem, métodos e atividades para melhorar o aprendizado de todos.
- Criar uma experiência de aprendizagem confortável para todos.

Material de treinamento

O material de treinamento deve:

- Fazer com que a leitura seja fácil para todos os participantes.
- Destacar as mensagens e necessidades mais importantes.
- Estar disponível aos instrutores na forma de anotações ou resumos.

Avaliação do curso

A avaliação do treinamento deverá ser realizada regularmente, de preferência depois de cada aula ou sessão de treinamento online, por meio de um modelo amplamente utilizado, como o modelo de Kirkpatrick de avaliação de treinamento. A avaliação deve incluir:

- *Reação:* O treinamento foi apropriado? Quais foram os elementos que os alunos gostaram e não gostaram? O instrutor era capacitado e foi bem-sucedido? Os alunos recomendariam o treinamento aos demais?

Essas informações são normalmente reunidas por meio de formulários preenchidos pelos alunos, ou em uma sessão de perguntas e respostas ao final do treinamento.

- *Aprendizado:* Qual conhecimento os alunos obtiveram?

Isso é muitas vezes determinado por meio de um pequeno questionário ou sessão de perguntas e respostas para medir o aprendizado dos principais pontos durante a sessão de treinamento.

- *Comportamento:* Quais ações os alunos devem praticar depois do curso?

Isso pode ser avaliado por meio de um teste por escrito ou em uma sessão de perguntas e respostas ao final da sessão de treinamento.

Um acompanhamento pós-treinamento também deve ser feito normalmente por uma equipe formada pelos mesmos alunos e/ou

pela gerência, várias semanas ou meses após a conclusão do treinamento. Essa avaliação deve considerar:

- Qual impacto foi alcançado na organização como resultado do treinamento?
- Foi identificado algum retorno do investimento (ROI)?

Manutenção de registros

Os registros de treinamento devem ser guardados, entre eles estão:

- Registros de participação.
- Descrição do conteúdo e atividades.

Certificados de conclusão de treinamento e, se necessário, Unidades de educação continuada (CEU, Continuing Education Units) ou Horas de desenvolvimento profissional (DPS, Professional Development Hours) devem ser apresentados.

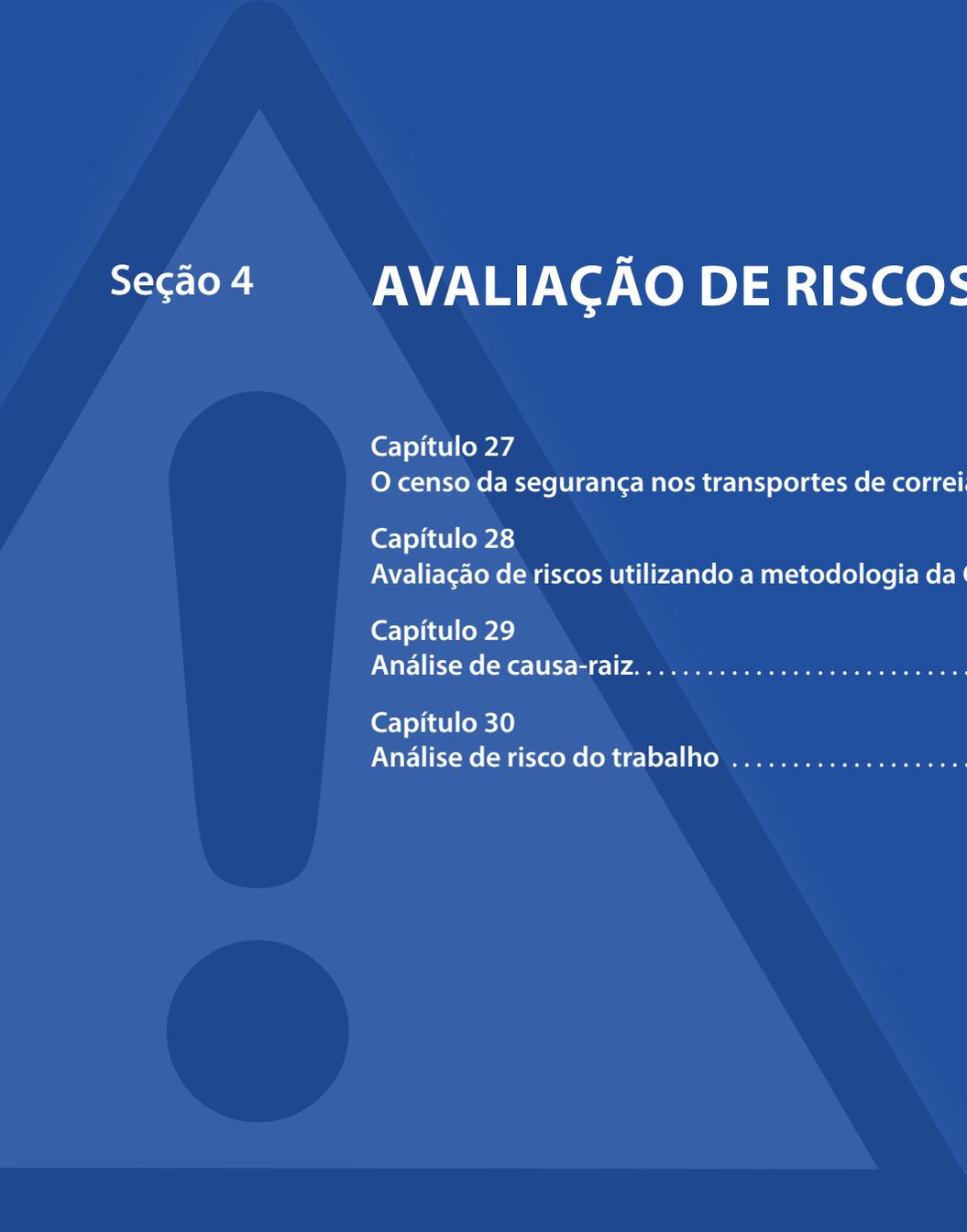
CONCLUSÕES

O papel do treinamento sobre segurança no trabalho com transportadores de correia

Os programas de treinamento, incluindo o treinamento de tarefas, são necessários para que todos os trabalhadores fiquem cientes dos perigos e conheçam os procedimentos para executar com segurança suas atribuições. O treinamento pode evitar ferimentos, doenças, danos materiais e interrupções desnecessárias no processo de produção.

O treinamento não é uma panaceia, um remédio universal para todos os problemas de segurança. O artigo "Effects of Safety Training or Risk Tolerance: An Examination of Male Workers in the Surface Mining Industry", publicado em 2009 pelo *The Journal of Safety, Health, and Environmental Research* assinala:

O treinamento, juntamente com a presença de uma sólida cultura de segurança, consequências motivadoras, comunicação aberta sobre segurança e supervisores com forte capacidade de liderança, pode produzir o comportamento desejado de trabalho seguro, mas não se deve contar apenas com o treinamento para reduzir a tolerância do trabalhador ao risco no local de trabalho. ⚠



Seção 4

AVALIAÇÃO DE RISCOS

Capítulo 27	
O censo da segurança nos transportes de correias	425
Capítulo 28	
Avaliação de riscos utilizando a metodologia da CEMA . .	431
Capítulo 29	
Análise de causa-raiz.	445
Capítulo 30	
Análise de risco do trabalho	457



Capítulo 27 **O censo da segurança nos transportes de correias**

INTRODUÇÃO	425
Primeiros passos: Averiguação ...	426
Transportador ligado ou desligado?	427
O que fazer quando o censo terminar?	428
MELHORES PRÁTICAS	429
CONCLUSÕES.....	429

INTRODUÇÃO

As áreas de perigo de um sistema transportador são numerosas e específicas a cada aplicação.

Mas quase sempre muitos dos detalhes sobre os riscos específicos à segurança de um transportador não são documentados. Pelo contrário, esses perigos são aceitos na instalação. Eles são comunicados como senso comum e repassados em uma espécie de folclore, de trabalhador para trabalhador.

Esse folclore, esse senso comum, desaparece e se esvai por completo. A propriedade e a gestão da planta mudam de mãos; o pessoal de engenharia, manutenção e operações alteram suas atribuições ou deixam a empresa. Consequentemente, o conhecimento interno sobre os sistemas dos equipamentos, incluindo os transportadores, se desmorona.

Até as listas dos principais componentes do sistema transportador provavelmente não foram mantidas atualizadas pelos

departamentos de segurança, engenharia, suprimentos ou manutenção. Os arquivos passam a estar desatualizados ou, ainda pior, as informações permanecem retidas na mente de apenas uma pessoa.

Primeiros passos: Averiguação

É uma prática recomendável realizar uma avaliação de segurança nos sistemas transportadores da planta. Este censo avalia os componentes e equipamentos de um transportador e observa os perigos que existem no sistema transportador.

É melhor que essa avaliação seja realizada por uma equipe de pelo menos dois trabalhadores. Esse "sistema de parceria" ajuda a identificar e classificar os problemas encontrados durante a "caminhada de inspeção" no transportador, evitando assim o relato de preocupações que resultam de suposições e mal-entendidos.

(Figura 27.1.) O ideal é que uma das pessoas



Figura 27.1.

O "sistema de parceria", que envia dois trabalhadores como uma equipe para inspecionar os transportadores ajuda a identificar e classificar os problemas encontrados durante a avaliação.

Que equipamentos levar ao caminhar pela correia

O essencial para se ter o equipamento certo ao avaliar o transportador é conhecer a tarefa: se a caminhada é para fins de avaliação de segurança apenas, ou se há necessidade de monitorar as condições e realizar tarefas menores de manutenção, tais como limpeza ou lubrificação da engrenagem.

Eis a seguir algumas recomendações sobre os equipamentos adequados que devem ser levados ou estar imediatamente disponíveis em uma avaliação de segurança no trabalho com transportadores.

- Um parceiro (um companheiro para o Sistema de parceria).
- Anemômetro, para verificar a velocidade do vento (controle de poeira).
- Tacômetro/velocímetro de correia.
- Câmera, ou telefone celular, para fotos e vídeos dos equipamentos.
- Lanternas (à prova de explosão se as condições exigirem).
- Ferramentas de mão, o que inclui um martelo, uma chave ajustável e um par de alicates.
- Chave de remoção da proteção ou outra ferramenta especializada para remover as proteções, de acordo com as exigências instalação.
- Termômetro infravermelho sem contato, para verificar se há componentes ou materiais superaquecidos.
- Meios de registro de informações: Isso pode variar entre um pedaço de papel até um tablet.
- Etiquetas de "Necessidade de reparo" (e/ou fita zebra para isolamento de área insegura ou perigosa).
- O formulário do censo de segurança que deve ser preenchido ou pode ser usado como guia durante a inspeção.
- Fita métrica ou metro para medir a distância entre a proteção e o risco. (**Consulte o Capítulo 10 Proteção.**)

Claro que os equipamentos listados acima, além de todos os Equipamentos de proteção individual (EPI), são necessários na planta, assim como os equipamentos de comunicação adequados (por exemplo, um rádio de comunicação).

Além de precisar das ferramentas adequadas, também é importante que o "inspetor da correia" não esteja sobrecarregado – de forma que o trabalhador possa ficar em segurança e ser eficiente durante a caminhada.

Muitas plantas colocam pás e outros equipamentos de limpeza posicionados em locais ao longo da correia, de modo que o inspetor da correia normalmente não precise carregar essas ferramentas no percurso. A patrulha do transportador também pode precisar fazer pequenos, porém importantes ajustes, para aumentar a vida útil do equipamento e a eficiência operacional.

esteja familiarizada com o transportador e o processo que está sendo avaliado, e a segunda conheça os transportadores em geral. Familiaridade demais com o transportador em questão pode levar a desconsiderar um problema. Se o segundo membro da equipe de pesquisa vem de outra parte da instalação, ou é um colaborador externo ou consultor, essa pessoa fornece uma nova perspectiva. Além disso, o consultor proporciona um novo marco de referência, sem noções preconcebidas de por que as coisas são como são. Dessa forma, a equipe tem maior capacidade para ver o que pode e deve ser feito.

A avaliação de segurança no trabalho com transportadores é normalmente realizada por uma "caminhada de inspeção" pela correia. A equipe de segurança caminha pelo sistema fiscalizando o seu funcionamento, realizando ajustes de segurança menores e observando condições ou problemas significativos que demandarão atenção mais tarde. Durante esse censo de segurança, os riscos potenciais são observados, identificados e registrados.

Aqueles que caminham pela correia devem tomar nota dos problemas observados. Por exemplo: "Há um ponto de esmagamento desprotegido na parte traseira do Transportador B que poderia resultar em um aprisionamento" ou "Existe uma grande quantidade de derramamentos na parte traseira do Transportador 3 que pode causar um incidente de deslizamento/tropeço/queda".

É melhor fazer as anotações à medida que os problemas são vistos, do que esperar a conclusão da inspeção em um transportador determinado. As informações podem ser

anotadas em um bloco de papel ou em um tablet. Até mesmo um telefone celular pode ser usado para ligar para a secretária eletrônica do inspetor do transportador e gravar as observações feitas durante a caminhada, especialmente aquelas coisas que podem ser esquecidas enquanto o inspetor retorna ao escritório e é distraído e bombardeado por outros detalhes cotidianos.

Uma câmera digital, telefone celular ou até mesmo de muitos tablets permitem que o inspetor tire fotos ou faça vídeos dos problemas. O inspetor da correia pode então enviar as imagens do problema para que outras pessoas da organização possam avaliar.

Assim que as informações são coletadas, elas devem ser arquivadas em um local único e central, além de ficar sob responsabilidade do gestor. Essas informações podem ser usadas para treinar os trabalhadores que não estão familiarizados com uma operação ou equipamento e prepará-los para qualquer perigo que possam encontrar.

Alguns sistemas computadorizados e especializados permitem a incorporação de materiais em uma biblioteca digital. Esse sistema se torna uma biblioteca centralizada para o pessoal ter acesso rápido a informações de segurança associadas a cada transportador.

Transportador ligado ou desligado?

A questão sobre se o sistema deve estar em funcionamento ou não durante a realização da caminhada pela correia e da avaliação de segurança do transportador é um tema que merece alguma consideração. Caminhar pelo sistema quando a correia está em movimento permite que o pessoal observe melhor os problemas reais que afetam a segurança no trabalho com transportadores. Se o transportador não estiver em movimento, muitos indicadores essenciais estarão ocultos, como as vibrações na estrutura e as flutuações no trajeto da correia. Algumas inspeções e ajustes somente podem ser feitos com a correia em funcionamento. (**Figura 27.2.**)

Figura 27.2.

Deve-se tomar muito cuidado ao inspecionar transportadores quando a correia está em funcionamento.



Obviamente, os transportadores são mais seguros quando não estão em movimento, assim como é mais seguro realizar qualquer ação corretiva quando eles estão desligados. A pessoa cuja tarefa é caminhar pelo transportador deve ter experiência com sistemas transportadores, estar **ciente** dos riscos, **treinado** e **autorizado** a realizar uma quantidade limitada de correções em um transportador em funcionamento.

Se o pessoal e o tempo permitirem, pode ser boa ideia avaliar os transportadores em ambas as condições, ou seja, quando a correia estiver parada e em funcionamento. Isso proporcionará uma compreensão melhorada do sistema em todas as condições, sem aumentar os riscos do pessoal da planta.

A decisão sobre se caminhar pela correia quando os transportadores estão em funcionamento ou parados não pode depender de fatores externos, como disponibilidade da mão de obra e nível esperado de trabalho ou manutenção. Independentemente disso, é aconselhável dispor de uma dose significativa de cautela.

O que fazer quando o censo terminar?

Mais importante que caminhar pelo transportador é fazer alguma coisa com as informações adquiridas na caminhada. Registrar as observações e depois enviá-las aos responsáveis competentes são os motivos pela quais a caminhada foi feita. A gerência da planta ou o pessoal de segurança da instalação devem ser alertados sobre os riscos de segurança específicos e os riscos revelados pela avaliação.

Assim que todos os dados forem coletados durante uma caminhada de segurança pelo transportador, eles deverão ser analisados e as respectivas ações, tomadas. Cada um dos problemas observados pode ser avaliado, priorizado, e suas principais causas, identificadas pelo pessoal da planta ou consultores externos. Quando as causas

dos problemas forem identificadas, deverão ser oferecidas soluções. O que puder ser consertado imediatamente deverá ser. Preocupações remanescentes deverão ser documentadas para que os recursos adequados possam ser alocados e as soluções necessárias, fornecidas.

A “caminhada pelo transportador” como inspeção de segurança não mostra como resolver os problemas, mas é uma ferramenta inestimável para identificar problemas e, portanto, um passo fundamental na resolução desses problemas.

Com bons registros sobre as observações feitas na caminhada pelo transportador, ou ainda melhor, em uma série regular de caminhadas pelo transportador, a planta tem a oportunidade de evitar problemas de segurança, em vez de reagir a eles. Esse é o benefício real de qualquer caminhada pelo sistema transportador.

Uma avaliação completa da segurança no trabalho com transportadores identifica a maioria das questões de segurança de um transportador. Caminhadas regulares minimizam os impactos das alterações do sistema, e o mesmo ato de caminhar pelo transportador mantém a segurança nas mentes e nas vistas dos funcionários. Essa é uma forma muito efetiva de garantir o comprometimento da gerência e uma forma concreta de promover a cultura de segurança.



Figura 27.3.

A equipe de avaliação do transportador deve ter autonomia para interromper o funcionamento do transportador caso identifique perigo imediato.

MELHORES PRÁTICAS

Auditoria de segurança nos transportadores de correia

- Faça avaliações em equipe, com uma pessoa familiarizada com a operação e manutenção do dia a dia do transportador e uma segunda pessoa com conhecimento gerais de design de transportadores, mas não familiarizada com as especificidades do transportador avaliado.
- Faça anotações para documentar as conclusões, coloque etiquetas de "Reparo necessário", tire fotos e mantenha o registro das informações.
- Priorize os riscos em termos de probabilidade de ocorrência e da gravidade do ferimento.
- Tome medidas imediatas para mitigar os riscos. É uma prática recomendada ter uma equipe de manutenção ou contratados presentes e pré-autorizados a tomar medidas para resolver as principais causas dos problemas de segurança.
- Autorize que a equipe de avaliação possa determinar a "parada do trabalho" se encontrar problemas de perigo imediato. **(Figura 27.3.)**

CONCLUSÕES

Todos aqueles que trabalham nas proximidades de transportadores sabem, ou deveriam saber, que as correias transportadoras são perigosas. Mas, apesar desse conhecimento, muitos trabalhadores ainda são mutilados e mortos pelos transportadores a cada ano. Apesar da colocação da sinalização, publicação de resoluções e estabelecimento de procedimentos de segurança no trabalho, a experiência tem demonstrado que esses métodos não são totalmente eficazes na eliminação de acidentes de transportadores. Esses métodos são debilitados pelos perigos inerentes dos sistemas transportadores, pelas práticas inseguras dos trabalhadores e respectiva perda de foco na segurança.

A menos que esses problemas sejam resolvidos de forma total e honesta, continuarão a ocorrer ferimentos e até mesmo fatalidades nas proximidades de sistemas transportadores de correia. ⚠



Capítulo 28 **Avaliação de riscos utilizando a metodologia da CEMA**

INTRODUÇÃO	431
Processo de avaliação de riscos recomendado pela CEMA	433
Avaliação de riscos.....	434
Risco aceitável.....	435
<i>MIL-STD 882</i>	437
Exemplo: matriz ALARP de gravidade vs. probabilidade	437
Introdução aos anexos	439
Anexo 1: Riscos em todos os transportadores	440
Anexo 2: Riscos no transporte de materiais por correia	442
CONCLUSÕES.....	443

INTRODUÇÃO

A concepção de transportadores, especificações, aquisição, instalação, colocação em serviço e operação são tarefas de um fluxo complexo de interações entre muitos atores com diferentes níveis de formação e sofisticação, de forma que inúmeras questões éticas e legais podem surgir. Normalmente, vários níveis de relações contratuais se somam à complexidade. Isso aumenta a possibilidade de que decisões importantes sejam tomadas com base em informações incompletas ou em mal-entendidos entre as partes.

Tendo como principal objetivo o conceito **Production Done Safely™** (Produção com segurança), é importante, além de eficiente em relação a custos, expor as questões éticas e legais o mais cedo possível no desenvolvimento do projeto. Dado que os sistemas transportadores são frequentemente integrados em processos, a possibilidade de corrigir defeitos torna-se cara e proibitiva.

Em muitos casos, é fisicamente impossível corrigi-los depois que o sistema está instalado e em funcionamento. (**Figura 28.1.**) A natureza humana frequentemente consegue fazer com que o mais simples seja a coisa mais difícil de fazer, mesmo quando o caminho é óbvio. São comuns os conflitos entre sistemas de valores pessoais e profissionais. Os códigos de ética corporativos, quando existem, normalmente deixam as pessoas em um dilema ético. Deve-se escolher, muitas vezes, entre fazer o que é certo e o risco percebido de que pode "custar muito caro" ou custar o emprego. Às vezes, a escolha ética resulta em trabalho adicional ou atrasos e, por meio de um processo de racionalização irracional, a escolha menos ética é feita.

Há muitos mitos e mal-entendidos sobre as questões éticas e legais. Isso proporciona uma falsa sensação de diminuição do risco, o que leva à adoção de atalhos nas etapas de construção e concepção, pois à primeira vista essas decisões parecem ser econômicas, mas no longo prazo resultam ser caras. Existem dois sistemas legais básicos, a jurisprudência e os códigos estatutários. Cada desacordo contratual ou esforço para buscar compensações por danos, muitas vezes, envolve muitas diferenças de opinião, incertezas de fatos e complexidades legais, o que dificulta e pode até impossibilitar blindar alguém de responsabilidade.

"Segurança em primeiro lugar" e "A responsabilidade pela segurança é sua" são meras falácias e, portanto, intuitivamente rejeitadas pelos trabalhadores, embora eles deem apoio tácito a esses slogans, principalmente para ganhar avaliações favoráveis pelas suas atitudes perante a gerência. "Segurança em primeiro lugar" é uma falácia porque a razão de ser de um transportador é a produção, não a segurança. E isso é reforçado pela gerência em palavras e ações.

A responsabilidade individual pela segurança somente será válida como abordagem de mitigação de acidentes se o funcionário tiver

responsabilidade em relação à segurança. Por exemplo, imagine como seria responsabilizar o gerente da planta pela produção sem lhe delegar nenhum poder para autorizar gastos de produção. Parece improdutivo e injusto para uma pessoa ser responsabilizada pela segurança, principalmente se não lhe for concedida nenhuma autoridade nem orçamento para resolver problemas de segurança. Geralmente, os trabalhadores de produção e manutenção não têm o controle de nenhum item de linha orçamentário. E mesmo quando eles têm alguma autoridade para gastar, muitas vezes, se trata de uma quantidade tão ínfima ou exige tantos níveis de aprovação que os trabalhadores rapidamente entendem a mensagem de que seu orçamento é apenas uma fachada para que a gerência seja capaz de preencher a caixinha de seleção sobre capacitação do funcionário em seus formulários de avaliação elaborados por eles mesmos.

A maioria das leis de segurança em vigor foi editada na década de 1970 e desde então atualizada principalmente para aumentar as penas, mas não necessariamente para acompanhar as mudanças na tecnologia e nas expectativas sociais. É difícil promulgar ou alterar leis e regulamentos e, geralmente, isso supõe representar ou incluir compromissos políticos. As normas desenvolvidas pelas associações industriais são atualizadas com frequência e, muitas vezes, contêm a atualização das melhores práticas com base na aplicação prática.



Figura 28.1.

Fazer alterações para melhorar a segurança é mais difícil à medida que o projeto progride.

Não é possível se eximir de responsabilidade atendendo apenas a normas mínimas de segurança. Os tribunais e juízes tendem a olhar para uma ação indenizatória por danos físicos com base nas atuais normas sociais e melhores práticas do setor, que quase sempre supõem um padrão mais elevado do que as leis e regulamentos.

Os sistemas transportadores são normalmente projetados em um país, fabricados em outro e instalados em um terceiro. Sistemas transportadores de segunda mão são vendidos, modificados e operados (e possivelmente mal aplicados) sem o conhecimento do projetista original ou fabricante. A legislação e os sistemas legais diferem de região para região,

ou mesmo em distintos distritos, estados ou cidades de uma mesma região.

Na avaliação de riscos, o nível de risco é uma função da gravidade do eventual ferimento (a pior consequência possível em razão da exposição ao risco) e da probabilidade de ocorrência. Uma matriz de avaliação de risco é apresentada na norma *ANSI B11.TR3 Risk Assessment and Risk Reduction—A Guideline to Estimate, Evaluate and Reduce Risks Associated with Machine Tools*. Esse relatório técnico apresenta uma metodologia para realizar a avaliação de risco e enfrentar o risco avaliado com um sistema de segurança adequado. (Figura 28.2.)

Figura 28.2.

Matriz de estimativa de riscos. De acordo com as Diretrizes de avaliação de riscos dos EUA estabelecidas pela Schmersal Inc.

Probabilidade de ocorrência	Gravidade dos ferimentos			
	Pequena	Moderada	Séria	Catastrófica
Remota	Negligenciável	Negligenciável	Baixo	Baixo
Improvável	Negligenciável	Baixo	Médio	Médio
Provável	Baixo	Médio	Alto	Alto
Muito provável	Médio	Médio	Alto	Alto

Processo de avaliação de riscos recomendado pela CEMA

O conteúdo restante deste capítulo apresenta a metodologia da análise de riscos recomendada pela CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores), conforme a publicação *CEMA Technical Report 2015-01 Recommended Risk Assessment Process*. Essa metodologia é oferecida como um serviço para indústria e está disponível gratuitamente em PDF no site da CEMA, cemanet.org.

O Processo de avaliação de riscos da CEMA também está publicado (em um formato ligeiramente diferente) na 7ª edição de referência da *CEMA Transportadores de correia para granéis*. Ele foi incorporado como referência na norma *ASME B20.1-2015 Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*.

Avaliação de riscos

O risco pode ser definido como a combinação entre a probabilidade de ocorrência de danos e a severidade desse dano. Uma avaliação de riscos pode ser aplicada ao pessoal, à propriedade e a eventos ambientais e sociais, assim como a suas consequências.

Avaliar riscos de forma reativa e lidar com as consequências por meio de uma variedade de técnicas de mitigação é comum no manuseio de materiais a granel. O que não é comum é uma abordagem proativa padronizada para reduzir o risco por meio da utilização de um processo de avaliação de riscos e implementação de soluções. (Figura 28.3.)

Há muitos termos usados como sinônimos de avaliação de riscos. Neste livro, avaliação de riscos se define como o processo de redução da probabilidade e da gravidade dos danos causados a pessoas, ao meio ambiente e/ou à propriedade até que sejam alcançados níveis aceitáveis de risco por meio da utilização de um processo definido. A definição de um processo de avaliação de riscos é útil na identificação de riscos que possam ser mitigados em cada etapa de utilização de um produto ou serviço. A forma mais eficaz de melhorar a segurança é proceder com a mitigação dos riscos na concepção ou a eliminação deles pela substituição. (Figura 28.4.)

A avaliação de riscos descrita aqui põe ênfase na eliminação de riscos por meio da mitigação do risco ou de situações perigosas referentes a sistemas, componentes e atividades. A avaliação de riscos é normalmente feita por uma equipe e geralmente resulta na identificação e redução de riscos cuja gravidade o fabricante, engenheiro, supervisor ou trabalhador não pode individualmente identificar ou levar em consideração.

Cada responsável deve realizar uma análise de risco em cada etapa da utilização de um produto, sistema ou serviço. Por exemplo: o projetista ou fabricante podem avaliar o risco do equipamento ou atividade na medida em

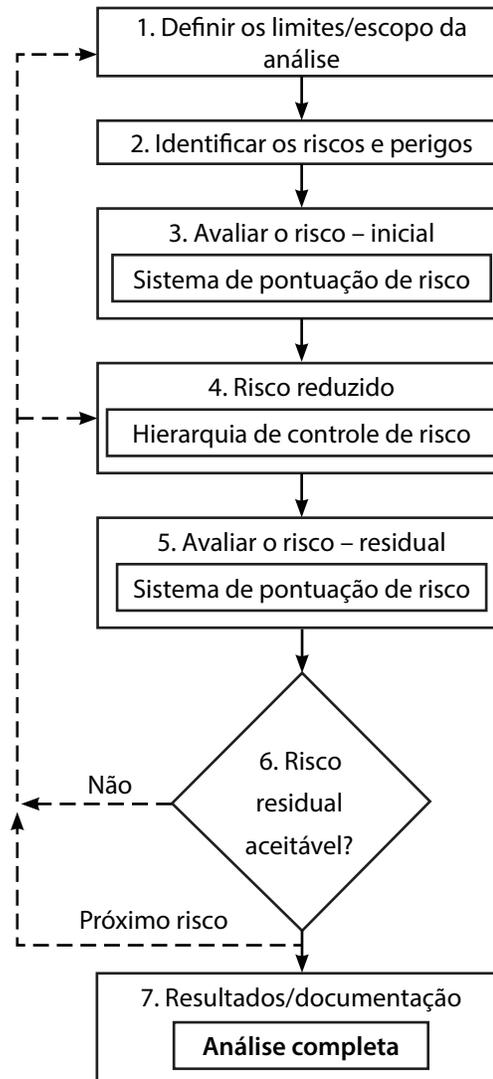
que eles estimam o razoável uso pretendido do produto ou serviço. No entanto, o projetista ou fabricante muitas vezes não controlam a instalação, a integração de seus equipamentos no processo, o treinamento sobre o uso ou manutenção adequado, o uso do produto ou manutenção no local. Tudo isso exige identificação adicional e mitigação de riscos.

O Processo de avaliação de riscos da CEMA

é reimpresso com a permissão da Conveyor Equipment Manufacturers Association (Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores); todos os direitos reservados.

Figura 28.3.

Processo geral de avaliação de riscos da CEMA.



HIERARQUIA DOS MÉTODOS DE CONTROLE

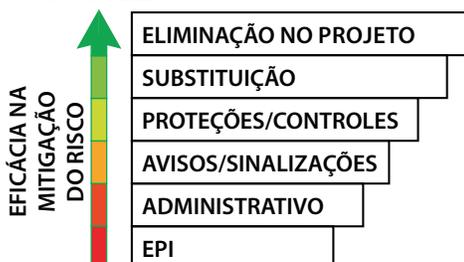


Figura 28.4.

Eficácia dos esforços de mitigação de risco, conforme mostrado no Processo de avaliação de riscos da CEMA.

Norma militar estabelecida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (*MIL-STD-882*) apresenta uma prática padrão para segurança no trabalho com sistemas

O Procedimento de análise de riscos da CEMA, conforme publicado neste documento e na edição Transportadores de correia para granéis, cita a norma *MIL-STD-882* como metodologia padrão para segurança no trabalho com sistemas. A seguir, encontra-se a descrição desse procedimento e programa, conforme disponibilizado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Em 2012, a norma *MIL-STD-882E* suplantou a *MIL-STD-882D*.

A norma militar *MIL-STD-882E* do Departamento de Defesa dos Estados Unidos apresenta uma prática padrão para a condução de segurança no trabalho com sistemas, e fornece um meio consistente de avaliação de riscos. O risco de acidente deve ser identificado, avaliado e mitigado a um nível tolerado pela autoridade competente, e deve estar em conformidade com as leis, regulamentos, decretos executivos, tratados e acordos. Os estudos do programa associados à mitigação do risco de acidente devem considerar o custo total do ciclo de vida em qualquer decisão.

A norma *MIL-STD-882E* define requisitos gerais de segurança que devem ser executados em todo o ciclo de vida de qualquer sistema, novo desenvolvimento, upgrade, modificação, resolução de deficiências ou desenvolvimento de tecnologia. Quando aplicados corretamente, esses requisitos devem garantir a identificação e entendimento de todos os riscos conhecidos e perigos associados, assim como a eliminação ou redução do risco de acidente para níveis aceitáveis.

Os requisitos gerais do sistema de segurança são:

1. Documentação da abordagem de segurança do sistema.
2. Identificação dos riscos.
3. Avaliação do risco de acidente.
4. Identificação das medidas de mitigação do risco de acidente.
5. Redução do risco de acidente para níveis aceitáveis.
6. Verificação da redução do risco de acidentes.
7. Revisão dos riscos e aceitação do risco de acidente pela autoridade competente.
8. Rastreamento de riscos, seus tratamentos e risco de acidente.

Também são delineados na norma os requisitos mínimos obrigatórios para que um sistema de segurança seja aceito por qualquer sistema do Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

A norma militar *MIL-STD-882E* do Departamento de Defesa dos Estados Unidos está disponível para download.

A Análise de segurança é uma forma de análise de riscos que é mais eficaz quando executada por aqueles que se encontram no ponto de instalação, uso ou manutenção. Costuma-se dizer que o fato de se estar fazendo uma análise de risco é mais importante do que o formato usado na avaliação de riscos.

Até o momento da impressão, não existia determinação de normas governamentais que devesse ser utilizada para a redução de riscos em operações gerais de manuseio de materiais a granel. Portanto, cabe à gestão de cada setor estabelecer e implementar uma metodologia de redução de risco. Neste documento, as normas *ANSI B11. TR3-2000* e *MIL-STD 882* são utilizadas como documentos de referência para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de riscos que sirva de exemplo, com sugestões adicionais para abordar riscos específicos ao seu transportador e instalação.

Risco aceitável

O objetivo de uma avaliação de riscos é reduzir os riscos residuais a um nível aceitável depois da análise e implementação. Risco zero é impossível de se obter. Risco aceitável é um conceito subjetivo definido pela equipe de avaliação de riscos, normalmente, seguindo uma política estabelecida. Muitos sistemas de avaliação de risco consideram aceitável e usam o conceito de risco residual se ele passar no teste de ALARP (As Low As Reasonably Possible, Menor Risco Possível).

A determinação do risco ALARP, quase sempre uma tarefa subjetiva, é realizada por uma equipe com amplo conhecimento técnico no contexto de sua especialidade. Se um membro ou grupo da equipe domina a avaliação de uma determinada questão, o resultado pode não ser razoável, por isso é importante, na avaliação de riscos, contar com uma equipe transversal de conhecimentos técnicos que disponha de um método de obtenção de consenso. A equipe deve alcançar alguma definição do risco ALARP antes de iniciar o processo. Não é necessário abordar cada risco identificado pela equipe, dado que alguns

riscos podem ser tão redundantes ou remotos que resultaria na perda de foco na solução de riscos significativos.

Riscos mínimos que evoluem até se converterem em riscos significativos ou novos riscos introduzidos poderão ser identificados se

a avaliação de risco for considerada uma atividade de melhoria contínua e realizada periodicamente. A ausência de dados qualitativos na classificação de risco não é tão importante quanto à percepção de risco da equipe e a solução por ela oferecida, porque os dados sobre os riscos específicos em relação às

Matriz de avaliação de riscos				
Probabilidade / gravidade	Catastrófica (1)	Crítica (2)	Marginal (3)	Negligenciável (4)
Frequente (A)	Alto	Alto	Sério	Médio
Provável (B)	Alto	Alto	Sério	Médio
Ocasional (C)	Alto	Sério	Médio	Baixo
Remota (D)	Sério	Médio	Médio	Baixo
Improvável (E)	Médio	Médio	Médio	Baixo
Eliminada (F)	Eliminado			

Figura 28.5.

A Matriz de avaliação de riscos, conforme exposta na norma MIL-STD 882, atribui um nível de risco para cada combinação entre gravidade e probabilidade.

Descrição	Categoria	Definição
Catastrófica	I	Risco de morte ou invalidez total permanente, com custo superior a US\$ 1.000.000,00, ou risco de danos ambientais graves e irreversíveis que violem a lei ou a regulamentação.
Crítica	II	Risco de incapacidade parcial permanente, ferimentos ou doenças profissionais que possam resultar em hospitalização de pelo menos três pessoas, com custo superior a US\$ 200.000,00 e inferior a US\$ 1.000.000,00, ou danos ambientais reversíveis que violem a lei ou a regulamentação.
Marginal	III	Risco de ferimentos ou doença ocupacional que resulte em um ou mais dias de trabalho perdidos, com custo superior a US\$ 10.000,00 e inferior a US\$ 200.000,00, ou danos ambientais mitigáveis que não tenham violado a lei ou a regulamentação e que possam passar por atividades de recuperação.
Negligenciável	IV	Risco de lesão ou doença que não resulte em dias de trabalho perdidos, com perda superior a US\$ 2.000,00 e inferior a US\$ 10.000,00, ou danos ambientais mínimos que não violem a lei ou a regulamentação.

Figura 28.6.

Níveis sugeridos de probabilidade de acidentes, adaptados conforme a MIL-STD 882.

Probabilidade	Gravidade			
	Catastrófica (I)	Crítica (II)	Marginal (III)	Negligenciável (IV)
Frequente (A)	1	3	7	13
Provável (B)	2	5	9	16
Ocasional (C)	4	6	11	18
Remota (D)	8	10	14	19
Improvável (E)	12	15	17	20

Figura 28.7.

Resultados da Matriz de avaliação de riscos de acidente com valores numéricos.

operações de manuseio de materiais a granel quase nunca estão disponíveis, e as pessoas envolvidas diariamente com os riscos são muitas vezes os especialistas em resolvê-los. As equipes podem sempre procurar consultoria externa se houver um impasse ou a necessidade de algum conhecimento específico.

MIL-STD 882

A norma MIL-STD 882 pode ser adquirida gratuitamente por download e usada como guia. Há muitas outras abordagens de avaliação de riscos disponíveis. Não há uma abordagem certa ou errada. O importante é ter um sistema definido que funcione na sua área de operação e se converta em parte da cultura de segurança. A abordagem básica em todos os sistemas de avaliação de risco é listar todos os riscos, condições perigosas ou comportamentos de risco que a equipe possa facilmente identificar. Técnicas de grupos de discussão são úteis nessa parte do processo. Assim que a lista é gerada, cada risco é avaliado em função da gravidade e da probabilidade de ocorrência (Figura 28.5.). A combinação entre probabilidade e gravidade fornece uma classificação (Figura 28.6.). Meios alternativos de redução do risco são avaliados e pontuados até a classificação esteja de acordo com a definição de ALARP da equipe (Figura 28.7.). Em alguns casos, o risco não pode ser reduzido ao nível ALARP na concepção nem por meio da substituição. Nesses casos, abordagens

alternativas podem ser usadas para mitigar o risco, como treinamento adicional ou controles de engenharia.

Obviamente, para se mitigar de forma eficaz os riscos identificados na avaliação, as soluções devem ser implementadas. É altamente recomendável que os resultados sejam documentados para que as melhorias sejam monitoradas e as metas de mitigação de riscos, ajustadas, se necessário. Os sistemas mais eficientes implementam as alterações o mais rápido possível, em geral, graças à capacitação da equipe de avaliação de risco que pode tomar decisões imediatas.

Exemplo: matriz ALARP de gravidade vs. probabilidade

Por meio da metodologia da CEMA, os autores forneceram um exemplo que é de certa forma diferente daquele apresentado pelo *CEMA Book*.

A gerência forma uma equipe de avaliação de risco e fornece algumas diretrizes. A gerência define o nível de risco mais baixo possível, como mostrado na Figura 28.7 e Figura 28.8. A equipe determina que eles usem uma classificação alfanumérica, em vez de uma de valores numéricos, como mostrado na Figura 28.7. Por exemplo, um risco ou prática de trabalho que cria uma situação perigosa, ao longo da vida útil do equipamento, com consequências avaliadas pela equipe como

Figura 28.8.

Classificação da avaliação de riscos

Probabilidade de o evento "X" ocorrer	Gravidade das consequências se o evento "X" ocorrer			
	Catastrófica (I)	Crítica (II)	Marginal (III)	Negligenciável (IV)
Frequente (A)	I-A	II-A	III-A	IV-A
Provável (B)	I-B	II-B	III-B	IV-B
Ocasional (C)	I-C	II-C	III-C	IV-C
Remota (D)	I-D	II-D	III-D	IV-D
Improvável (E)	I-E	II-E	III-E	IV-E

Figura 28.9.

Critérios de aceitação de risco ALARP da gerência

Pontuação da classificação de risco	Ação
I-A, I-B, I-C, II-A, II-B, III-A	Inaceitável: eliminar, substituir ou refazer o design
I-D, I-E, II-C, II-D, III-B, III-C, IV-A, IV-B	Indesejável: revisar plano de redução de risco com a gerência
II-E, III-D, III-E, IV-C, IV-D, IV-E	Aceitável: revisão da gerência se o custo for superior a US\$ 10.000,00

marginais [Marginal (III)] e "prováveis" [Provável (B)], teriam uma classificação III-B. (Figura 28.8.)

A gerência determina que, na matriz da Figura 28.8, se aplicam os seguintes critérios, conforme mostrados na (Figura 28.9).

Como mostrado na Figura 28.3, a redução ou eliminação do risco é um processo iterativo.



Figura 28.10.

Passar por debaixo de um transportador é uma conduta que pode causar ferimentos.

	Risco	Evento resultante	Gravidade	Probabilidade
1	Acúmulo de material de retorno sob o transportador	Escorregão no material de retorno – possível lesão nas costas	II	A
2	Acúmulo de material de retorno sob o transportador	Tropeço no material de retorno – procura por apoio da mão – possível laceração ou queda	II	A
3	Acúmulo de material de retorno sob o transportador	Caminhada na pilha – rolete de retorno não mais protegido pela localização – exposição a ponto de pressão	I	C
4	Estrutura de passarela de baixa altura	Golpe com a cabeça – possível laceração na ausência de bom capacete	III	B
5	Tráfego em ambos os lados do transportador	Passar pelo tráfego sem permissão – acidente entre pedestres/veículos	I	D
6	Correia sobrecarregada ou desalinhada	Queda de material – ferimentos devido à queda de material e subsequente acúmulo causando escorregões e tropeços	II	C
7	Baixa visibilidade devido à noite ou condições climáticas severas	Possível escorregão ou tropeço e possível acidente entre pedestres/veículos	I	C

Figura 28.11.

Lista de gravidade e probabilidade da avaliação de riscos do exemplo.

Probabilidade de o evento "X" ocorrer	Gravidade das consequências se o evento "X" ocorrer			
	Catastrófica (I)	Crítica (II)	Marginal (III)	Negligenciável (IV)
Frequente (A)	I-A	II-A	III-A	IV-A
Provável (B)	I-B	II-B	III-B	IV-B
Ocasional (C)	I-C	II-C	III-C	IV-C
Remota (D)	I-D	II-D	III-D	IV-D
Improvável (E)	I-E	II-E	III-E	IV-E

Figura 28.12.

Classificação de gravidade e probabilidade da avaliação de riscos do exemplo (ALARP).

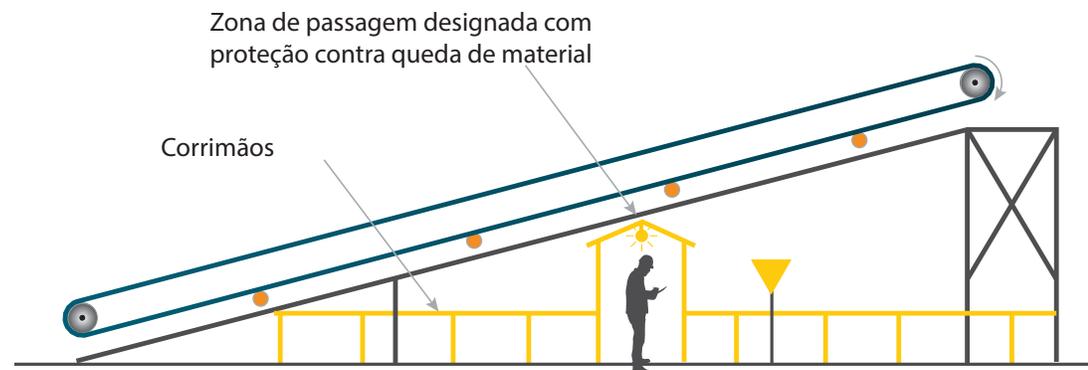


Figura 28.13.

Novo design para reduzir a gravidade e probabilidade do exemplo.

Nesse sistema de classificação hipotético, a equipe recebeu, de fato, tarefas de risco reduzido na área colorida da **Figura 28.8**, além da autorização para gerenciar gastos de até US\$ 10.000 para reduzir riscos identificados no escopo da atribuição.

A equipe decide se concentrar nos riscos associados a uma prática comum na planta que é a utilização de um atalho por baixo da transportadora (**Figura 28.10.**). A passagem em questão está localizada de modo que alguns trabalhadores precisam se abaixar para evitar o contacto com a estrutura ou a correia em movimento.

A equipe desenvolveu uma lista de situações de risco utilizando técnicas de grupo de discussão e as classificou em função da gravidade e probabilidade (**Figura 28.11.**). É mais importante a lista de risco identificar as situações de risco e possíveis resultados de maior impacto do que relacionar todos os cenários possíveis. Se os processos de revisão de segurança e concepção implementados forem bons, ainda haverá revisões da análise de risco antes de a proposta final da equipe ser aceita e implementada.

Comparando a avaliação da equipe com a matriz ALARP da gerência (**Figure 28.12.**), a equipe chega à conclusão de que a passagem por debaixo da correia precisa ser movida e reprojeta.

A equipe recomenda que as passagens sejam guiadas por corrimãos, que uma passarela formal por debaixo da transportadora com proteção contra derramamento, sinais de controle de tráfego, grade de proteção seja instalada e a área iluminada à noite (**Figura 28.13.**). O resultado será um pequeno inconveniente para os trabalhadores que passam por debaixo do transportador, mas reduzirá enormemente a gravidade e a probabilidade de acidente.

A equipe trabalha com o departamento de manutenção até chegar a um plano para fazer alterações que tenham em conta as necessidades de todos que usam

a passagem. A equipe também reavalia a matriz de gravidade vs. probabilidade e conclui que a nova concepção atende aos requisitos de risco ALARP da gerência. O processo é documentado e as alterações são implementadas.

Introdução aos anexos

A norma ANSI B11.TR3 – 2000 Risk Assessment and Risk Reduction – A Guideline to Estimate, Evaluate, and Reduce Risks Associated with Machine Tools lista os típicos perigos e situações de risco decorrentes da concepção, instalação, uso e manutenção de ferramentas e maquinário.

Há perigos e situações de risco específicos aos típicos sistemas de manuseio de material a granel, seus componentes e sua manutenção, que precisam ser identificados, além dos relacionados na norma *ANSI B11.TR3 – 2000*.

Todas as empresas de projeto, fabricantes, instaladores, usuários e operações de manutenção devem desenvolver uma checklist dos perigos e situações específicas de risco para suas áreas.

Os seguintes anexos são sugestões de pontos de partida para o desenvolvimento de uma lista dos riscos comuns a todos os transportadores de correia (**Anexo 1**) e aqueles específicos a transportadores de correia de material a granel (**Anexo 2**).

Os Anexos 3, 4 e 5 da Avaliação de riscos da CEMA se referem a transportadores helicoidais e elevadores de caçamba, por isso não se incluem neste documento. Esses anexos não pretendem ser uma lista exaustiva.

A lista deve ser usada como complemento de todas as listas normalmente disponíveis, como as encontradas em *ANSI B11.TR3 – 2000* e *MIL-STD 882*, e modificada para cada operação específica de manuseio de material. As normas *ASME B20.1* e *ISO 5045* são fontes recomendadas para identificação de riscos adicionais.

Muitas vezes, existem diversos tipos de sistemas de transporte e equipamentos de processo nas proximidades dos transportadores que representam riscos significativos. Os riscos que eles representam devem ser considerados cuidadosamente, de forma a ir além de simplesmente analisar o movimento e o armazenamento do material sobre o transportador.

Os regulamentos pertinentes ao setor são outra fonte de riscos específicos que podem ser adicionados à checklist para personalizar o processo de avaliação de risco.

[O Anexo 1 e Anexo 2 do relatório *CEMA Technical Report 2015-01* se referem a transportadores de correia de materiais a granel e são mostrados neste documento. Os Anexos 3, 4, e 5 da publicação *Recommended CEMA Risk Assessment Process Technical Report 2015-01* abordam Transportadores de embalagem/recipientes, Transportadores helicoidais e Elevadores de caçamba respectivamente, e por isso são omitidos neste documento. – Ed.]

Anexo 1

Exemplos de perigos e situações de risco comuns em todos os transportadores e sistemas transportadores.

Nº de ref.	Risco ou situação, item ou evento perigosos
1	Condições do local
	Queda de roletes de retorno, componentes ou produto transportado
	Superfícies molhadas ou escorregadias
	Localização relativa de corredores e caminhos
	Pessoal não treinado
2	Instalação ou integração e início da operação (start-up)
	Especificações ou instruções incompletas
	Ausência de componentes ou software do sistema ou processo
	Mão de obra de instalação não treinada nos requisitos específicos

Nº de ref.	Risco ou situação, item ou evento perigosos
	Componentes com entrega errada ou falta de peças
	Conflitos de agendamento
	Problemas de funcionamento com componentes ou sistemas de controle
3	Componentes
	Aquecimento devido à fricção de componente congelado contra a correia em movimento
	Os pontos de pressão de objetos em movimento entre a correia e os componentes giratórios
	Atrito entre os componentes fixos e móveis
	Aplicação de pasta para conservar o tambor de acionamento
	Falha do freio contra recuo ou retenção
	Superfícies quentes – engrenagens e motores
	Quantidade significativa de mancais
	Rebarbas de parafusos de fixação ou de ranhuras
4	Sistema
	Sistemas elevados e passagens (saídas estabelecida por normas locais e federais)
	Localização dos controles
	Zona de passagem por cima ou por baixo do transportador
	Pontos de transferência em movimento
	Chutes entupidos
	Operação 24 horas por dia
	Transportadores móveis
	Alinhamento da correia
5	Manutenção
	Soldagem e corte
	Elevação e posicionamento manual de peças pesadas em espaços estreitos
	Espaços confinados
	Utilização de gases e fluidos de alta pressão
	[Trava / Etiquetação / Bloqueio / Teste (LOTO/BOTO, Lockout/Tagout / Blockout/Testout)]

Nº de ref.	Risco ou situação, item ou evento perigosos
6	Controles
	Trava apropriada
	Cabo de emergência e botões de parada de emergência
	Partida sequencial remota automatizada
	Interruptor de desconexão local
	Conveniência nos locais de [LOTO/BOTO]
	Partida inesperada – restauração da energia depois da interrupção
	Erros de software
7	Limpeza
	Distensões, escorregões e quedas
	Ferramentas compridas e pontiagudas
	Ar comprimido ou água em alta pressão usados na limpeza
	Recuperação do produto nas polias ou na correia de retorno com o transportador em funcionamento
	[Trava / Etiquetagem / Bloqueio / Teste (LOTO/BOTO, Lockout/Tagout / Blockout/Testout)]
8	Ambiente
	Ruído e pó
	Iluminação reduzida
	Queimaduras e escaldadura no contacto com superfícies quentes
	Outras influências externas (gravidade, vento, etc.)
9	Proteção
	Abertura da proteção a uma distância de risco
	Proteção muito pesada ou com arestas cortantes
	Proteção nos pontos de pressão: polias, roletes, curvas convexas, dispositivos tensores e zonas de carga de contrapeso
	Tamanho da proteção – alcance da distância de risco
	Pontos de lubrificação no exterior da proteção
	Uso de ferramentas para remoção
	Cor

Nº de ref.	Risco ou situação, item ou evento perigosos
	Etiquetas de aviso
10	Choque elétrico
	Peças energizadas expostas
	Falta de terminal de aterramento
	Curtos, arcos elétricos e faíscas
	Fiação imprópria
	Acúmulo e descarga de eletricidade estática
11	Quedas/deslizamentos
	Queda de trabalho em alturas (proteção contra quedas)
	Uso incorreto ao subir no transportador
	Queda de material da superfície do transportador
	Derramamentos de detritos ou produto
	Superfícies de passagens irregulares
12	Ruído/vibração
	Ruído ou som contínuo a níveis de pressão superiores a 85 dBA
	Ruído ou som instantâneo a níveis de pressão superiores a 120 dBA
	Interferência nas comunicações
	Fatiga e estado de alerta dos operadores
13	Geral
	Procedimento de trava, etiquetagem e teste
	Roupas folgadas, joias e cabelos soltos
	Equipamentos pesados com visibilidade limitada do condutor
	Motors de alta voltagem e campos eletromagnéticos
	Pressão – ruptura do componente pneumático ou hidráulico
	Membros estruturais – fadiga, corrosão, ruptura
	Partida ou movimento inesperado durante manutenção ou desobstrução
	Perda de comunicação com a máquina que afeta o mecanismo de parada ou controle

Anexo 2

Exemplos de perigos e situações de risco no transporte de materiais por correia.

Nº de ref.	Risco ou situação perigosa, item ou evento
1	Correia
	Saliências, pontas ou seções esgarçadas ao longo da correia transportadora
	Emendas mecânicas com saliências ou componentes soltos
	Efeito hipnótico da correia em movimento e dos componentes giratório
	Andar na correia parada ou em movimento
	Pegar carona na correia
	Energia armazenada, energia potencial na correia, folga na correia
	Acúmulo de energia estática
	Correia inclinada ou falha na emenda da correia
	Correia desalinhada
	Fogo na correia
	Correia em movimento sem marcas de movimento
	Energia armazenada no cabo de tração durante a instalação da correia
	Falha no grampo da correia durante a instalação ou montagem
	Energia armazenada na correia e nos componentes durante a limpeza de entupimentos devido à movimentação da correia
	Vibração na correia de cabo de aço
2	Material a granel
	Pó respirável
	Pó explosivo
	Combustão espontânea
	Fragmentos grandes em queda ou salientes no transportador

Nº de ref.	Risco ou situação perigosa, item ou evento
	Energia potencial do material acumulada na correia parada, na estrutura ou nos silos
	Materiais a granel ácidos ou cáusticos
3	Condições do local
	Abrir as moegas de báscula, recipientes e silos
	Em cavas no solo e moegas receptoras
	Fogo e/ou explosão devido ao acúmulo de detritos combustíveis
	Classificação elétrica
	Águas residuais e sistemas de drenagem
	Superfícies não pavimentadas e/ou irregulares
	Controle de pó
4	Componentes
	Queda de correia
	Campos magnéticos de metais residuais
	Exposição à radiação de dispositivos de medição nuclear
5	Sistema
	Túneis e galerias fechadas com espaço limitado entre a correia e o acesso
	Derramamento e material de retorno
	Acúmulos de material a granel em componentes giratórios ou trilhos
	Degelo
	Partes desprotegidas do transportador por regra, ou seja, correia e vedação da calha-guia
	Exposto a condições climáticas extremas
6	Instalação ou integração e início
	Material a granel do teste não é o mesmo do material de produção
7	Pilhas de estocagem
	Padrões de tráfego dos equipamentos móveis

Nº de ref.	Risco ou situação perigosa, item ou evento
	Falhas na parede vertical
	Crostras de materiais a granel com aberturas ou oco por baixo
	Descarregamento aberto desprotegido no alimentador
	Falha no controle de nível da pilha de estocagem
	Estabilização da inclinação durante as operações de retomada
	Controle de pó
	Combustão espontânea do produto

CONCLUSÕES

A importância da avaliação de riscos

A avaliação de riscos é uma etapa básica e importante na redução de acidentes e ferimentos. Um procedimento adequado, devidamente respeitado, permitirá que as operações industriais possam priorizar e corrigir situações de risco, melhorar a segurança do trabalhador e evitar acidentes desnecessários.

Lembre-se sempre de que não é possível se eximir de responsabilidade atendendo apenas a normas mínimas de segurança. Os tribunais e juízes tendem a olhar para uma ação indenizatória por danos físicos com base nas atuais normas sociais e melhores práticas do setor, que quase sempre supõem um padrão mais elevado do que as leis e regulamentos. ⚠



Capítulo 29 **Análise de causa-raiz**

INTRODUÇÃO	445
Investigação de acidente.....	446
Causas-raízes de ferimentos e danos materiais relacionados a transportadores	446
Análise de causa-raiz.....	448
Modelos para investigação de acidentes.....	450
A sequência de eventos na Análise de causa-raiz.....	452
Análise de causas-raízes de defeito latente.....	454
Análise sistêmica de causa-raiz ...	455
CONCLUSÕES.....	455

INTRODUÇÃO

O erro humano é normalmente definido como falha em uma ação planejada para alcançar um determinado resultado, sem que ocorra a intervenção de nenhum evento imprevisto. Neste livro, os autores confrontam o argumento que pretende explicar 88 por cento dos acidentes como erro humano. Culpar o trabalhador por uma conduta insegura e encerrar a investigação sem ir além é uma ação bem comum que normalmente ignora a complexidade das interações das pessoas com os sistemas.

O qualificador do "evento imprevisto" mencionado acima é importante na investigação do acidente. Pouquíssimos acidentes podem ser explicados como sabotagem ou como resultado de um ato perigoso intencional. A investigação dos acidentes, muitas vezes, mostra que os trabalhadores, na sequência dos acontecimentos que conduziram ao acidente, tomaram decisões que eram lógicas no momento ou estavam de acordo com os procedimentos padrão.

Investigação de acidentes

Precede dos estudos de H.W. Heinrich, que em 1931 foi o primeiro a analisar uma base de dados de acidentes industriais, a crença ainda muito difundida de que 88 por cento de todos os acidentes são causados por ações inseguras do trabalhador. O restante dos acidentes, em grande parte, resulta da exposição a condições mecânicas inseguras, o que também é culpa das pessoas. O livro pioneiro de Heinrich, *Industrial Accident Prevention*, foi reeditado várias vezes e a edição mais recente introduz o atual pensamento sobre causa e mitigação de acidentes de forma que faz com que seja difícil determinar a intenção original de Heinrich. Mas fica claro que muitos gestores e autoridades de segurança ainda mantêm a teoria de que aproximadamente 88 por cento dos problema é responsabilidade do trabalhador.

Retrospectivamente, é fácil dizer que, se não fosse a ação insegura, o acidente não teria acontecido e, portanto, a causa é a incompetência do trabalhador. No entanto, essa conclusão exige o raciocínio de que se o trabalhador conhecesse o resultado das ações e das circunstâncias, ele faria exatamente a mesma coisa novamente e conscientemente sofreria as consequências do acidente.

A análise de um incidente de segurança ou de danos materiais, como a de um equipamento quebrado, muitas vezes, pode também ser falsamente explicada responsabilizando o conhecimento ou a qualidade do trabalho dos trabalhadores. Essa é a ilusão da análise retrospectiva; é fácil culpar o trabalhador quando se conhece o resultado, porque é óbvio que, sem a ação do trabalhador no acidente ou na parada da produção, nada teria acontecido.

Na realidade, os transportadores são sistemas complexos e os seres humanos são seres complexos. Essa complexidade normalmente mostra que há tantas influências envolvidas que torna improvável encontrar uma única causa. Os trabalhadores não se machucam de propósito. Eles sempre tomam as melhores decisões com base nas informações disponíveis

no seu ambiente imediato. Eles sempre ponderam as várias informações, às vezes, conflitantes entre si, sobre as condições da máquina, dados do sistema de controle, sugestões de colegas de trabalho, políticas da empresa, regras das plantas, estilos de gestão e objetivos pessoais e empresariais.

Causas-raízes de ferimentos e danos materiais relacionados a transportadores

Trabalhador com comportamento de risco é muitas vezes um fator que contribui para os acidentes, mas pode não ser a causa primordial. Atualmente, as causas de acidentes normalmente são:

1. Cultura empresarial
2. Projeto/design
3. Manutenção
4. Complexidade
5. Comportamento de risco

Cultura empresarial

A cultura empresarial é normalmente primordial, mas essa é a causa de acidentes mais difícil de ser aceita. Talvez isso seja mais fácil de entender quando se pensa em paradas do equipamento não planejadas. Uma cultura que usa o equipamento além de seus limites e reduz o tempo e os recursos disponíveis para a manutenção, envia uma mensagem clara de que a produção é a atividade mais importante para a gerência. (**Figura 29.1.**)



Figura 29.1.

Um grafite como esse indica que, quando a gerência da fábrica reduz o tempo e os recursos disponíveis para a manutenção, ela envia uma mensagem clara para a força de trabalho.

Da mesma forma, uma cultura empresarial que promove a compra de equipamento com base no preço, e não no valor ou na adequação para o uso pretendido, muito provavelmente dará menos importância ao treinamento e desenvolvimento do funcionário. Nessa cultura, os funcionários tomarão atalhos e assumirão riscos para manter o equipamento funcionando.

Projeto/design

A mesma cultura que sobrecarrega seus equipamentos e funcionários muito provavelmente compra equipamentos pelo menor preço, sem considerar o efeito disso na cadeia de fornecimento. Quando o menor preço é o critério, as empresas de projetistas precisam reutilizar os detalhes de projetos antigos para serem competitivas. Nesse caso, essas empresas de projetos podem não ter margem de lucro suficiente para enviar seus projetistas ao campo para ver de perto os problemas que criam seus projetos.

O projeto é um processo iterativo de melhoria contínua, e se o vínculo entre o escritório de projetistas e a realidade do campo estiver fragmentada, é altamente provável que erros evitáveis sejam repetidos. Às vezes, o resultado é a impossibilidade de alcançar a capacidade esperada ou a falha prematura do equipamento; outras vezes, pessoas são as que resultam feridas. O projeto é normalmente o elemento de menor custo no processo de fornecimento da planta e equipamentos. Comprar com base no menor preço é uma causa comum de baixo desempenho e ferimentos.

Figura 29.2.

Se houver poucos membros na equipe de manutenção em relação à quantidade de reparos necessários os trabalhadores estarão suscetíveis a aplicar soluções temporárias e tratar os sintomas, não as causas do problema.



Manutenção

Muitos trabalhadores de manutenção são talentosos para resolver problemas de forma criativa. No entanto, se houver poucos membros na equipe de manutenção em relação à quantidade de reparos necessários para que os sistemas funcionem bem nas plantas, os trabalhadores de manutenção estarão suscetíveis a aplicar soluções temporárias para tratar os sintomas do problema, e não as causas. (Figura 29.2.)

Muitas equipes de manutenção não são treinadas em sistemas transportadores e, sem realmente compreender os efeitos globais sobre o sistema, trabalham com base no conhecimento tribal, ou seja, regras informalmente compartilhadas, folclore e informações conhecidas, mas ainda não documentadas. Com a falta de conhecimento específico, até mesmo os funcionários de manutenção mais criativos e dedicados normalmente trata os sintomas e não sabe como resolver as causas.

Complexidade

Os transportadores são máquinas dinâmicas e complexas. Um transportador interno simples pode ter mais de 10 mil peças em movimento. Quando os transportadores funcionam acima da capacidade de carga ou quando sofrem alterações sem a correta compreensão de como todos os componentes interagem, eles ficam expostos a defeitos latentes.

Comportamento de risco

Finalmente, o trabalhador, que é normalmente culpado pelos acidentes, algumas vezes são a causa do acidente ou incidente. Mas, em muitos casos, o trabalhador toma a decisão razoável entre risco e recompensa ao encontrar um risco, uma vez que é confrontado com uma cultura que prioriza a produção, que coloca ênfase nos resultados financeiros de curto prazo em vez de ganhos de longo prazo, que carece de treinamento sobre componentes essenciais e complexidade dos transportadores.

Análise de causa-raiz

A Análise de causa-raiz é um método de solução de problemas que tenta identificar as causas de falhas e problemas. A definição clássica de causa-raiz entende como aquela que se for removida da sequência de acontecimentos, isto é, do problema, impedirá que o último evento indesejado volte a acontecer.

Um fator causal é aquele que afeta o resultado de um evento, mas não é a causa. Embora a remoção de um fator causal possa melhorar o resultado, não evita necessariamente que ele volte a acontecer.

Como um problema específico ou de produção não pode ser investigado antes ocorrer, a Análise de causa-raiz é um método reativo de investigação de acidentes.

Uma abordagem clássica

A clássica abordagem de Análise de causa-raiz inclui os seguintes princípios gerais:

1. O primeiro objeto da Análise de causa-raiz é identificar os fatores que resultaram no tipo, magnitude, localização e duração do(s) resultado(s) nocivo(s).
2. Esse tipo de análise deve ser realizada sistematicamente, em geral, por uma equipe de investigadores, para se chegar a conclusões e identificar as causas com base em evidências documentadas.
3. Um evento ou problema pode apresentar mais de uma causa.
4. A análise deve estabelecer uma sequência de eventos ou linha do tempo para compreender as relações entre os fatores e causas que contribuíram.

Conhecer as causas é um objetivo secundário em relação à prevenção, mas sem saber a causa-raiz, não é possível determinar uma ação corretiva eficaz.

Em empresas bem geridas, com uma cultura sólida em relação à segurança, a ação corretiva faz parte do processo de aprimoramento contínuo e representa o principal objetivo. Empresas com uma cultura sólida em relação à segurança percebem que a segurança se beneficia do processo de solução das causas, e esses benefícios são recompensados com acidentes em menor número e menos graves, maior produção e melhor desempenho financeiro. Essas empresas repararam que a segurança é uma oportunidade de aprimoramento contínuo.

No outro extremo do espectro, para algumas empresas, o relatório de causa-raiz é o fim em si mesmo. Aqui, as ações corretivas não são uma prioridade, permanece na prática de tratar os sintomas, e não as causas. Desculpas não faltam para tratar os sintomas, tais como "Não há tempo suficiente para fazê-lo bem", "Não cabe no orçamento", ou "Tentamos corrigir o problema antes e é mais fácil gerenciá-lo dessa forma". O resultado infeliz de tratar os sintomas, em vez de resolver problemas básicos, é que a probabilidade de volte a ocorrer é tão alta que é quase possível afirmar que voltará a acontecer. Claro, isso aumenta os custos com mais mortes, mais perda de produção, mais limpeza e/ou acidentes semelhantes.

A investigação das causas deve estar separada das sugestões de ações corretivas, porque a política do local ou as restrições podem influenciar os resultados. Por exemplo, se as ações ou instruções do supervisor ou de uma política de gestão forem identificadas como



Figura 29.3.

Apontar o dedo na direção da gerência ou de outros trabalhadores torna improvável que as causas de um problema sejam encontradas.

causa, os problemas práticos da ação corretiva podem fazer com que o investigador hesite em indicá-las. Em muitas empresas, o supervisor é o principal investigador. Nesse caso, será que o "investigador" apontará o supervisor ou o gestor como causa ou mesmo como fator causal? (**Figura 29.3.**)

O processo da Análise de causa-raiz

O processo tradicional das ações corretivas com base na Análise de causa-raiz inclui as seguintes etapas:

1. Defina o problema ou descreva o evento para preveni-lo no futuro. Inclua os atributos quantitativos e qualitativos (características) dos danos causados.
2. Reúna dados e evidências, classificando-os em uma linha de tempo dos eventos até a falha ou momento crítico final. Para cada comportamento, condição, ação e inação, especifique na linha de tempo o que deveria ter sido feito de diferente do que realmente foi feito.
3. Pergunte 'por quê' e identifique as causas associadas a cada etapa na sequência até chegar ao problema ou evento definido. Perguntar por que deve ser entendido como "quais foram os fatores que diretamente resultaram no efeito?"
4. Classifique esses eventos em fatores causais (fatores que contribuem para os problemas) e causas (o que diretamente causa os problemas).
5. Identifique quaisquer outros fatores prejudiciais que tenham igual ou maior possibilidade de ser chamado "causas". Se houver várias causas, o que normalmente ocorre, explore-as com clareza para logo poder selecioná-las da melhor forma.

6. Verifique se cada uma das ações corretivas, se fossem implementadas antes do evento, teriam reduzido ou evitado os efeitos prejudiciais específicos.
7. Identifique as soluções que estão sob o controle da instituição, que cumprem suas metas e objetivos e que não causam nem apresentam problemas novos ou imprevistos.
8. Implemente as correções recomendadas.
9. Faça o acompanhamento para garantir a eficácia da ação corretiva e a ausência de consequências não previstas.
10. Documente as conclusões e encerre formalmente a análise.

Determinação da causas-raízes

O objetivo de encontrar as causas não é culpar ninguém, e sim resolver problemas. O caminho fácil é culpar o trabalhador por ter cometido um ato inseguro. Para se chegar a essa conclusão é preciso supor que o trabalhador, conhecendo o resultado das ações, teriam cometido o ato inseguro uma e outra vez. Portanto, a solução é a disciplina do trabalhador, mais treinamento e se tudo isso falhar, o encerramento do contrato de trabalho. A conclusão de que "o trabalhador é o problema" tem suas raízes no trabalho do Heinrich, na década de 1930, e ignora a interação entre gestão, trabalho e máquina.

Sistemas complexos não são inerentemente mais seguros do que sistemas simples. Na verdade, muitos acidentes acontecem com o sistema funcionando conforme projetado. Quanto mais complexo e automatizado for o sistema, maior a probabilidade de que consequências inesperadas causem problemas de produção ou acidentes. Algoritmos de controle não são perfeitos, e os instrumentos normalmente perdem a calibragem ou falham. É frequente que as pessoas não entendam instruções escritas, verbais ou visuais e inadvertidamente provoquem a falha.

Misturar a complexidade eletromecânica com a liberdade de escolha e o raciocínio cognitivo dos humanos multiplica as possibilidades de que ocorram problemas no sistema ou ferimentos dos trabalhadores. As causas da maioria dos problemas no equipamento e acidentes são uma confluência entre comportamento humano, tecnologia e gestão.

Por causa das complexidades, é importante reconstruir o acidente ou anomalia e ter cuidado para não tirar conclusões com base em respostas preconcebidas ou fontes de informação inadequada, tais como análise retrospectiva e boatos.

Uma abordagem valiosa se assemelha à técnica dos 5 porquês, comumente usada em programas de aprimoramento contínuo, em que o verdadeiro problema é, muitas vezes, mais do que um único e principal porquê. (**Consulte a técnica dos "5 porquês"**.)

Modelos para investigação de acidentes

Há pelo menos três formas de conceber a investigação de um acidente ou avaria. Muitas vezes, um único modelo não é suficiente para constituir as causas e identificar soluções que

A técnica dos "5 porquês"

Os "5 porquês" é uma técnica de interrogação iterativa usada para explorar as relações de causa e efeito subjacentes de um determinado problema. Para determinar as causas de um problema, o método principal da técnica é repetir a pergunta 'por quê?'. Cada questão constitui a base da próxima pergunta. O "5" deriva de uma observação sobre o número de iterações normalmente necessárias para resolver o problema ou identificar uma causa.

A técnica foi originalmente desenvolvida por Sakichi Toyoda e usada pela Toyota Motor Corporation durante a evolução de suas metodologias de fabricação. Ela é um dos componentes da resolução de problemas incorporados no Sistema Toyota de Produção. O uso da ferramenta agora está generalizado além da Toyota, e forma parte das metodologias Kaizen, Lean Manufacturing e Six Sigma.

Em alguns casos, o questionamento poderia prosseguir por seis, sete ou mais perguntas. Mas se considera que cinco níveis de questionamento é geralmente suficiente para se chegar a uma causa. O segredo do sucesso é incentivar o solucionador de problemas a evitar suposições e armadilhas lógicas e passar a analisar a cadeia de causalidade a partir do efeito, rastreando quaisquer camadas de abstração em busca das principais causas que ainda tenham alguma relação com o problema original.

No exemplo ao lado, é interessante observar que a última resposta aponta para um processo. Esse é um dos aspectos mais importantes na abordagem dos "5 porquês", a verdadeira causa deve apontar para um processo que não está funcionando bem ou não existe. Facilitadores

destreinados observarão que as respostas parecem apontar no sentido de respostas clássicas, como não temos tempo, o investimento não é suficiente ou não temos mão de obra suficiente. Embora as respostas possam ser verdadeiras, elas estão fora do controle das equipes e investigadores da planta. Portanto, nesse ponto, pode ser melhor determinar "por que o processo falhou".

Exemplo da técnica dos "5 porquês"

Primeiro "porquê"	A correia está desalinhada.
Segundo "porquê"	O dispositivo de alinhamento da correia não está funcionando.
Terceiro "porquê"	O alinhador da correia está travado.
Quarto "porquê"	O rolamento articulado do dispositivo de alinhamento está congelado e precisa de lubrificação.
Quinto "porquê"	O rolamento não pôde ser lubrificado porque o cronograma de produção tinha eliminado a programação da manutenção.

Observe que nesse exemplo o "Quinto porquê" sugere um processo ou comportamento interrompido que pode ser alterado, o que pode indicar a aproximação do nível de causa. Uma solução para o problema pode ser a instalação de um lubrificador automático no dispositivo de alinhamento da correia.

tenham altas chances de prevenir futuros incidentes.

O primeiro é o **modelo da sequência de eventos**. No modelo da sequência de eventos, uma linha do tempo detalhada é construída, incluindo os eventos críticos que, se forem removidos, teriam evitado o acidente ou falha. O modelo da sequência de eventos é utilizado para identificar as causas e efeitos de falhas técnicas e mecânicas simples. O modelo da sequência de eventos constrói uma linha do tempo das etapas que antecederam o evento, mas as investigações que usam esse método devem evitar aprofundar no "motivo" pelo qual as pessoas fizeram o que fizeram para contribuir com a falha.

O segundo modelo de investigação é o **modelo de falha latente** que considera a possibilidade de haver, ainda que não descobertos, deficiências nos procedimentos e políticas de gestão, falhas no software ou problemas de projeto ainda ocultos.

Qualquer desses problemas pode causar um acidente sempre que a interação entre humanos e o sistema provoque uma falha do sistema. No modelo de falha latente, as causas são aqueles problemas que se forem modificados, controlados ou removidos, o acidente não teria acontecido. Esse modelo permite expor as falhas ocultas e os efeitos do estilo de gestão ou cultura corporativa. O modelo de falha latente ajuda o investigador a observar as questões organizacionais complexas e, às vezes, subliminares que "disparam" o evento. Mesmo que esse modelo possa apontar para interações complexas entre sistemas ou entre a gerência e os trabalhadores, muitas vezes é difícil, por causa da complexidade, provar que um erro de software ou uma diretiva da gerência foi a causa do problema.

A terceira abordagem é o **modelo sistêmico**. Essa abordagem de investigação observa como as restrições de recursos ou conhecimento deficiente sobre como o sistema interage como possíveis causas. Muitos acidentes acontecem quando o sistema está funcionando

normalmente, mas a imposição de limites a fatores como tempo, metas de produção, orçamentos faz com que o sistema seja forçado além de seus limites ou utilizado de forma para a qual não foi projetado. Esse modelo é útil para entender por que os trabalhadores tomaram as decisões que precederam o evento. Essa abordagem também proporciona uma perspectiva ampla da gestão, tecnologia e mão de obra e atinge todos os que contribuíram na ocorrência do evento. Um investigador que use esse método normalmente encontra resistência passiva das várias partes interessadas envolvidas na cadeia de fornecimento, instalação, operação e manutenção.

O modelo que o investigador escolher pode determinar as conclusões sobre as causas. O **modelo da sequência de eventos** facilita se chegar à conclusão de que se o trabalhador não tivesse tomado certas decisões, o acidente não teria acontecido e, portanto, a ação insegura do trabalhador seria a única causa do acidente. O **modelo da falha latente** facilita identificar as causas tecnológicas e responsabilizar o programador, o fornecedor ou o engenheiro em parte ou totalmente pelo acidente. No entanto, o **modelo sistêmico** é o mais difícil de ser aplicado, pois pode haver resistência interna às descobertas que não sejam respostas simples, e sim relacionadas à complexa interação entre homens e máquina. O modelo sistêmico é utilizado na identificação das deficiências no sistema de gerenciamento. Dada a resistência natural na identificação da gestão como problema, o método sistêmico é mais bem conduzido por investigadores terceirizados cujos objetivos não sejam isentar a gestão, e sim identificar as causas.

Na maioria dos casos, haverá várias causas envolvendo o trabalhador, o equipamento e a cultura empresarial. Em alguns casos, pode não ser possível se chegar a uma conclusão precisa sobre as causas.

A sequência de eventos na Análise das causas-raízes

O modelo da sequência de eventos é utilizado na identificação de problemas no equipamento que tenham causado ou estejam prestes a causar paradas na produção ou ferimentos graves. Como muitos dos problemas enfrentados pelos transportadores são defeitos mecânicos ou elétricos inerentes ou específicos

a um determinado transportador, o modelo da sequência de eventos será frequentemente usado para revelar e corrigir as causas das anomalias dos transportadores.

Procedimento

1. Identificar o problema a ser resolvido e os limites da investigação, estabelecendo quando deve começar a linha do tempo e qual é o equipamento envolvido.

Análise de causa-raiz do defeito latente: comprar com base no menor preço faz a especificação "ou similar" provocar falhas no equipamento

Em uma usina no sudeste asiático, a cultura de aquisição da empresa estava condicionada a "comprar pelo menor preço".

O departamento de operações da usina desejava reduzir os danos e melhorar o desempenho do transportador por meio da instalação de mesas de impacto sob as zonas de carga dos transportadores de correia da usina.

O departamento de compras incluía uma linha "ou similar" na especificação do equipamento necessário para essa instalação.

Como resultado, um total de oito mesas de um fornecedor alternativo (**Figura 1**) foram aceitas como "ou similar" e adquiridas porque tinham um preço mais em conta. Mas sob o estresse da aplicação, essas mesas apresentaram defeitos no prazo de um mês.

Elas foram substituídas pelas Mesas de impacto MARTIN® (**Figura 2**), que eram a base da especificação original. As mesas de reposição duraram significativamente mais tempo e ainda estão em serviço.

Assim, ao "comparar com base no preço" sem levar em conta o custo do ciclo de vida dos equipamentos, a usina gastou pelo menos 1,5 vezes e, muito provavelmente, 1,9 vezes o custo da especificação original do produto "mais caro". A usina também sofreu aumento no tempo de inatividade e perdeu receitas como resultado da parada da produção causada pela segunda instalação. Além disso, a usina expôs ao risco de queda de componentes aqueles que trabalhavam com transportadores ou em suas proximidades.



Figura 1. Adquirido pelo menor preço e apresentou falha em um mês.



Figura 2. Substituído por um produto de especificação original.

2. Reunir os registros dos dados de produção e manutenção disponíveis.
3. Construir a cadeia de eventos em uma linha do tempo detalhada até o momento da falha ou quase falha.
4. Identificar as etapas ou ações individuais (causas) que teriam evitado a falha ou quase falha.
5. Listar as causas que contribuíram para incidente em ordem de prioridade.
6. Documentar a definição do problema, todas as suposições feitas, as conclusões e recomendações para abordar e priorizar os procedimentos que tenham o maior impacto na prevenção de futuras falhas. Explicar por que as recomendações resolverão ou reduzirão o problema.
7. Implementar imediatamente quaisquer resoluções de problemas simples e de baixo custo, tais como trocar o lubrificador automático a cada quatro meses em vez de a cada seis meses.
8. Fornecer à gerência quaisquer recomendações que envolvam um esforço significativo ou despesa para que ela leve em consideração.

Uma abordagem em equipe que, além de utilizar pessoas familiarizadas com o

Análise sistêmica das causas: Um detector de obstrução desligado permite que o bloqueio do chute crie problemas de segurança

Nessa planta, curtos-circuitos fazem com que sensores fiquem desabilitados, criando assim condições perigosas de trabalho.

Nesse transportador, um detector de chute obstruído foi desligado, e o bloqueio do chute foi liberado no limite para permitir que a produção fosse retomada. Ou talvez um sinal tenha sido ignorado, e o transportador permaneceu em operação. Como resultado, houve um derramamento da carga e um excesso de acúmulo de pedras grandes na plataforma de passagem da polia de descarga do transportador.

Essas pedras grandes formaram uma condição instável que colocava a segurança em risco. As pedras poderiam cair da plataforma nos trabalhadores ou no equipamento. Os trabalhadores que precisam caminhar ou permanecer de pé na plataforma correm o risco de escorregar, tropeçar ou cair. O acesso ao raspador da correia dentro do chute passou a representar risco devido à pilha de pedras na plataforma de trabalho. As aberturas no chute proporcionam a possível exposição de trabalhadores a quedas ou ao contato com o fluxo de material ou com a correia.

A plataforma de trabalho, normalmente projetada para suportar carga de uma tonelada por metro quadrado, está claramente sobrecarregada e pode falhar, colocando em risco os trabalhadores na plataforma ou abaixo dela.

O caso ilustra uma cultura da planta e estilo de gestão exclusivamente focado na produção, tendo como resultado uma cultura de segurança deficiente. O resultado pode ser um trabalhador ferido.



Um detector de chute obstruído resulta no acúmulo de materiais nas passagens e no aumento do risco de acidentes entre trabalhadores.

equipamento em questão e com os processos gerais da planta, conta com fornecedores ou consultores externos, o que capacita a equipe de investigação em uma ampla gama de conhecimentos. (Figura 29.4). Checklists, tais como formulários, ou manuais do equipamento são úteis no modelo da sequência de eventos. Se estiverem disponíveis registros de dados operacionais ou de manutenção, esses documentos podem ser úteis na reconstrução da sequência de eventos e apontar possíveis soluções.

Depois de encontrar as causas, limitações práticas e políticas podem dificultar a correção do problema. As soluções aos problemas encontrados normalmente se deparam com respostas do tipo "se eles tivessem feito a manutenção preventiva" ou "não podemos desligar tudo para corrigir o problema" ou "não temos o orçamento ou recursos humanos para isso". Há muitos exemplos de problemas pequenos que se tornam falhas importantes e catástrofes de grandes escalas. As organizações mais conscientes sobre a segurança percebem que, quando as falhas dos equipamentos são rapidamente identificadas e corrigidas, tanto a produção quanto a segurança aumentam. Muitas soluções podem ser consideradas parte de um programa normal e contínuo de aprimoramento e devem ser implementadas para prevenir futuras paradas dos equipamentos.

Análise de causas-raízes de defeito latente

Os defeitos latentes podem permanecer adormecidos por longos períodos de tempo até que uma determinada cadeia de eventos menores ou imperceptíveis convirja, muitas vezes, envolvendo uma combinação entre erro humano, peculiaridades do sistema e cultura corporativa. O resultado é um incidente de algum modo indetectável. Os defeitos latentes, muitas vezes, ficam ocultos porque eles não são facilmente revelados por testes padrão ou inspeções, nem por cumprir os requisitos normativos mínimos. Desgaste normal, por



Figura 29.4.

Uma boa equipe de investigação é composta de trabalhadores familiarizados com o equipamento, indivíduos que conhecem os processos gerais da planta e, às vezes, consultores externos.

si só, não é um defeito latente, mas poderá expor um defeito latente se a manutenção recomendada não for executada conforme especificada. Um defeito latente nunca deve vir à superfície nem causar um acidente.

Uma abordagem simples é identificar um defeito de projeto, uma falha no software ou uma atitude insegura como efeito desencadeador de um acidente. Essa abordagem conclui: se esse ato fosse evitado ou eliminado, o acidente não teria acontecido. No entanto, muitos problemas latentes encontram suas raízes nas entranhas da estrutura e cultura organizacional.

Os defeitos latentes são em geral usados como teoria subjacente em ações judiciais de responsabilização. Um defeito latente é aquele que está oculto de tal forma que não se possa razoavelmente esperar que uma pessoa qualificada seja capaz de detectar com procedimentos de inspeção normal. Por outro lado, os defeitos patentes são aqueles problemas óbvios que devem ser detectados por uma pessoa qualificada em circunstâncias normais. A abordagem retrospectiva é, muitas vezes, aplicada para se determinar que o projeto ou produto apresentava um defeito latente – depois de se tornar óbvio para todos os interessados – e que o projetista ou fabricante deveriam conhecer o defeito e assim forneceram projetos ou produtos defeituosos. Portanto, as etapas adotadas em uma investigação de defeitos latentes são frequentemente concebidas para beneficiar as reivindicações do requerente, e não com a finalidade de melhorar a segurança.

A abordagem do defeito latente é eficaz para apontar projetos falhos, instalação incorreta, manutenção deficiente e má gestão.

Investigar defeitos latentes pode ajudar a identificar deficiências nas interações entre seres humanos e máquinas e começar a explicar as questões organizacionais complexas que contribuíram para o acidente. A abordagem recomendada deve reconstruir a cadeia de decisões e eventos que causaram o defeito latente e conseqüentemente o acidente e, em seguida, propor soluções.

Procedimento

1. Descreva o funcionamento normal e esperado do equipamento ou sistema que apresenta falhas.
2. Reúna todas as políticas e procedimentos (escritos ou verbais) que estejam relacionados aos eventos que levaram às falhas. Inclua documentação como manuais, desenhos e especificações.
3. Elabore uma linha do tempo detalhada dos eventos imediatamente após o acontecimento da falha. Isso pode ocorrer em alguns minutos ou alguns dias, dependendo da frequência e da dramaticidade das mudanças no processo.
4. Identifique os efeitos das falhas.
5. Determine as causas das falhas.
6. Revise as atuais práticas e controles.
7. Documente as conclusões e recomendações.

Para desenvolver um procedimento detalhado, pode ser útil o documento *MIL-STD-1629A Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*. Ele pode ser adquirido gratuitamente por, assim como o igualmente útil *AMSAA Design for Reliability Handbook*, produzido pela Atividade de Análise de Sistemas de Materiais do Exército de Estados Unidos.

Análise sistêmica de causa-raiz

Causas sistêmicas de acidentes são aquelas que encontram suas origens em falhas de controles de gestão e que levam os trabalhadores a tomar decisões que resultam em atitudes de risco. No modelo de investigação sistêmica, a conclusão poderia ser que os trabalhadores tentaram seguir todas as regras, mas, quando se confrontaram com as diretivas conflitantes, tomaram decisões razoáveis com base na compreensão das circunstâncias e nas restrições de políticas e procedimentos.

A abordagem sistêmica, muitas vezes, encontra que o acidente foi um resultado normal e previsível de política e do procedimento, e que não havia nenhum equipamento defeituoso. Os acidentes que se desenvolvem dessa forma são, muitas vezes, difíceis de se investigar por causa da complexidade das interações entre gestão, trabalhador e máquina.

CONCLUSÕES

Pode-se dizer que uma das coisas boas, ou melhor, a única coisa boa que um acidente pode trazer é a oportunidade, o desafio e a necessidade de se investigar as causas a fim de evitar futuros incidentes. Ao seguir os procedimentos descritos acima, as operações industriais podem proporcionar condições mais seguras e demonstrar melhoria contínua.





Capítulo 30 **Análise de risco do trabalho**

INTRODUÇÃO	457
Uma rosa com outro nome	458
Trabalho de investigação.....	458
Passo a passo.....	458
Desenhos e utilização do formulário de JHA	459
MELHORES PRÁTICAS	459
CONCLUSÕES	460

INTRODUÇÃO

Uma Análise de do trabalho é uma avaliação de risco direcionada a tarefas especificamente definidas. Essa Análise de risco pode ser chamada de várias maneiras, tais como análise de risco da tarefa, análise de segurança ou até mesmo planejamento prévio do trabalho. Normalmente em uma indústria ou empresa, se usam as iniciais dos conceitos, como JHA (Job Hazard Analysis, Análise de risco do trabalho) ou JSA (Job Safety Analysis, Análise do trabalho) ou ARP (Análise de Risco Preliminar).

Na indústria de transportadores, Análise de risco é mais comumente associada ao desempenho das atividades de manutenção e reparo, mas pode e deve ser aplicada a todos os aspectos de operação, manutenção e limpeza dos sistemas de movimentação de materiais.

Uma rosa com outro nome

Em um artigo de 2014 com o título "JHA and JSA: the Same Thing? Different? Does it Matter?", encontrado em *EHSToday.com*, Jeff Dalto escreve:

Alguns acreditam que elas são exatamente a mesma coisa. Outros acham que elas são a primeira e a segunda etapa de um mesmo processo. Há também outros que pensam que são processos similares, sendo um a nível "micro" e o outro, "macro".

Na perspectiva deste volume, não faz muita diferença como a análise é chamada, sempre e quando seja feita adequadamente. Ela deve ser feita cuidadosamente, passo a passo, no nível de atividade em que o trabalhador interage com as tarefas, com o equipamento e com o ambiente industrial.

Trabalho de investigação

Como observado pela agência Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional) dos Estados Unidos, em sua publicação *Job Hazard Analysis* (OSHA 3071-2002): "Uma análise de risco do trabalho é um exercício de investigação".

A tarefa de uma análise de segurança é pensar sobre o que pode dar errado, mitigar esses problemas e planejar os procedimentos de trabalho, as ferramentas e os materiais necessários antes de iniciar o trabalho. As avaliações devem levar em conta o local de trabalho e as condições ambientais.

A publicação *Job Hazard Analysis* da OSHA ainda acrescenta:

Uma análise de risco é uma técnica que foca nas tarefas do trabalho como forma de identificar os riscos antes que eles ocorram. Ela coloca ênfase na relação entre o trabalhador, a tarefa, as ferramentas e o ambiente de trabalho. O ideal é que, depois de identificar os

riscos não controlados, sejam tomadas medidas para eliminá-los ou reduzi-los a um nível de risco aceitável.

No artigo citado acima, Jeff Dalto lista as etapas de uma JHA/JSA ART/ARP:

1. Desmembramento do trabalho em suas mais mínimas tarefas.
2. Identificação dos riscos associados a cada tarefa.
3. Classificação dos riscos em seu nível de relevância entre aqueles que devem ser primeiro abordados e os que devem ser tratados posteriormente (ou inclusive aqueles que podem ser ignorados).
4. Concepção e implementação dos controles de risco.

Passo a passo

Praticamente todos os trabalhos podem ser desmembrados em tarefas ou etapas. Ao iniciar uma Análise de Risco, o procedimento recomendado é observar um funcionário executar um trabalho e listar cada uma das etapas. Cada ação realizada no trabalho deve ser registrada, mas sem conter muitos detalhes. O desmembramento em etapas não deve ser muito detalhado, para que não se torne desnecessariamente longo nem tão genérico de forma a não incluir as etapas básicas. Receber ideias de outros trabalhadores que já tenham desempenhado esse mesmo trabalho pode ser importante.

Depois, é preciso proceder com a revisão das etapas do trabalho com o trabalhador para ter certeza de que nenhum procedimento ou etapa tenha sido omitido.

Pode ser importante salientar que a avaliação se refere à tarefa em si, e não ao desempenho do funcionário. É importante incluir o trabalhador em todas as fases da análise, da revisão dos procedimentos e etapas do trabalho até o debate sobre a descoberta de quaisquer riscos não controlados e suas possíveis soluções.

Desenhos e utilização do formulário de JHA

Uma maneira de seguir na direção de concluir uma Análise de risco de forma consistente para cada tarefa é o desenvolvimento de um formulário de JHA. Esse formulário orientará o revisor ao longo do processo e fornecerá um método para registrar as informações. É importante desmembrar um trabalho em etapas e usar o formulário para avaliar os perigos/riscos de cada etapa em formulários separados.

É uma boa ideia evitar os formulários com caixas de seleção. Embora uma checklist de rotinas seja uma boa ideia, depende das pessoas que a preenchem. Melhor evitar os formulários em que somente seja preciso marcar caixas de seleção. A natureza humana permite que um trabalhador se familiarize com o formulário e, em seguida, coincidentemente ou de forma

intencional, passe a marcar as caixas de forma a satisfazer o requerimento.

Se forem utilizadas checklists, é melhor disponibilizar várias versões ou mudar a ordem das perguntas. É melhor elaborar o formulário de forma que requeira uma breve resposta escrita.

Exemplos de formulários em branco e preenchidos elaborados pela OSHA nos Estados Unidos, conforme mostrados na **Figura 30.1** e **Figura 30.2**.

MELHORES PRÁTICAS Como realizar uma Análise de risco

1. Envolver os trabalhadores que já desempenharam ou desempenharão a atividade. É útil incluir na discussão o pessoal de outros departamentos ou funções.
2. Defina o trabalho que será feito. Se for um projeto complexo ou se estender por um período prolongado com trabalhadores diferentes em momentos diferentes, desmembre o trabalho em subtarefas.
3. Debata com o grupo sobre os riscos conhecidos e problemas no contexto de local, ferramentas e trabalho a ser realizado. É importante incluir os danos ou quase acidentes ocorridos no passado e realizar uma reflexão em conjunto sobre que outros riscos e atividades perigosas podem ocorrer:
 - O que pode dar errado?
 - Quais são as consequências?
 - Como o problema poderia surgir?
 - Que outros fatores exercem influência?
 - Qual a probabilidade de que o risco ocorra?
 - Onde está acontecendo (ambiente)?

Figura 30.1.

Amostra do formulário de Análise de risco em branco, conforme encontrado no Anexo 3 da publicação 3071 da OSHA dos EUA.

Exemplos de formulários de Análise de risco

Cargo:	Local de trabalho:	Analista:	Data:
Nº da tarefa	Descrição da tarefa:		
Tipo de risco	Descrição do risco:		
Consequência	Controles do risco:		
Análise ou comentário:			

Cortesia da Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA), Departamento do Trabalho dos Estados Unidos.

- A quem ou a que afeta o acontecimento (exposição)?
 - O que precipita o risco (acionador)?
 - Qual seria o impacto se ele ocorrer?
 - Que outros fatores exercem influência?
4. Liste todas as principais atividades de risco e perigosas.
 5. Desenvolva um plano para reduzir a exposição a riscos e minimizar as atividades de risco.
 6. Documente a Análise de segurança de cada etapa necessária até a conclusão da tarefa. A maioria das empresas apresentará um formato padrão a ser usado com esse propósito. Descrever um risco no formato padrão ajuda a garantir que os esforços para eliminar o risco e implementar os controles de risco ajudem a identificar os principais causadores do risco. Existem várias aplicações de software que ajudam a preencher a documentação e a análise de risco.

Local de trabalho: <i>Loja de metal</i>	Analista: <i>Joel Serviços</i>	Data:
Descrição da tarefa: Um trabalhador se acerca ao compartimento de metal pela direita da máquina, levanta uma peça de fundição de 7 quilos e a leva até o esmeril. O trabalhador esmerilha de 20 a 30 peças de fundição por hora.		
Descrição do risco: Ao levantar as peças de fundição, o funcionário pode deixá-las cair em seus pés. O peso e a altura da peça de fundição pode ferir gravemente os pés e os dedos dos pés do trabalhador.		
Controles do risco: <ol style="list-style-type: none"> 1. Retire as peças fundidas do compartimento e coloque-as na mesa ao lado do esmeril. 2. Use calçados com biqueira de metal com proteção em arco. 3. Use luvas de proteção que permitam uma melhor aderência. 4. Utilize um instrumento para pegar as peças fundidas. 		

Figure 30.2.

Exemplo de um formulário de Análise de risco preenchido, conforme apresentado na publicação 3071 da OSHA dos EUA.

Cortesia da Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA), Departamento do Trabalho dos Estados Unidos.

CONCLUSÕES

A publicação *Job Hazard Analysis* da agência OSHA dos Estados Unidos enfatiza a importância da realização de uma Análise de risco ao observar:

Para que uma análise de risco seja eficaz, a gerência deve demonstrar seu compromisso com a segurança e a saúde e proceder com a correção de quaisquer riscos não controlados identificados. Caso contrário, a gerência perderá credibilidade e os funcionários poderão hesitar a se dirigir a ela quando perceberem ameaças e condições perigosas. ⚠

Seção 5

CONSTRUÇÃO DE TRANSPORTADORES MELHORES E MAIS SEGUROS

Capítulo 31	
Projeto e construção de transportadores mais seguros.	463
Capítulo 32	
Especificações para transportadores mais limpos, seguros e produtivos	481



Capítulo 31 **Projeto e construção de transportadores mais seguros**

INTRODUÇÃO	463
Uma hierarquia para a redução do risco	464
Prevenção pelo design (PtD)	468
Os problemas da contratação do "menor preço"	469
Uma teoria melhor sobre o design de transportadores	471
Checklist do estudo de viabilidade/conceito	472
MELHORES PRÁTICAS	475
Readaptação e/ou ampliação de transportadores.	475
CONCLUSÕES	478

INTRODUÇÃO **Problemas no design de transportadores**

A segurança é como o manuseio de materiais a granel: um pouco de ciência e um pouco de arte. É muito mais fácil aplicar uma fórmula de engenharia para determinar a tensão da polia de acionamento do que prever a frequência e a gravidade dos acidentes. Prever o traçado de um transportador de correia é tão difícil quanto prever frequência e gravidade de acidentes; há muitas variáveis envolvidas para fazer disso uma ciência pura.

Parece senso comum (além de boa engenharia) modificar a abordagem básica dada ao design/projeto de transportadores e às práticas de contratação de fornecedores, que basicamente permanecem inalteradas durante mais de um século. Essa abordagem de senso comum permitirá que os transportadores proporcionem melhor desempenho no manuseio de materiais a granel e na segurança do trabalhador.

Os profissionais da segurança ainda têm dificuldades com o fornecimento de evidências diretas sobre a influência e o valor do design na segurança. Em parte, isso se deve à dificuldade de proporcionar uma relação universal, pois parece haver um número infinito de maneiras de os trabalhadores se machucarem, e colocá-las em categorias claras é uma tarefa difícil. Outro fator seria o fato de que a análise financeira se mostra mais adequada para quantificar os custos diretos, enquanto os números da segurança, muitas vezes, envolvem uma abordagem mais qualitativa para determinar os custos menos tangíveis. Embora os cálculos padrão tenham inúmeras estimativas como base e suposições, os analistas não estabeleceram um acordo quanto à metodologia a ser aplicada nas estimativas de custo menos tangíveis.

Há uma variedade de métodos empregados para reduzir os riscos no local de trabalho. Eles podem ser classificados em uma hierarquia de práticas que fornece um método para melhorar a segurança e reduzir o risco. Eles são classificados em uma hierarquia de níveis de controle. Todas as práticas para amenizar os riscos são importantes para a segurança em geral. Algumas são mais efetivas que outras por diferentes motivos e a diferentes níveis. Mas há consenso entre os profissionais da segurança de que a maneira mais eficaz para se mitigar os riscos é eliminá-los do produto ou sistema na etapa de design/projeto.

Uma hierarquia para a redução do risco

Essas práticas e métodos, apresentadas na ordem crescente de efetividade são: os Equipamentos de proteção individual (EPI), Controles administrativos, Controles de engenharia, Substituição e, finalmente, a Eliminação do risco no projeto. (Figura 31.1.) Essa "Hierarquia de controles" deve ser levada em consideração na hora de implementar controles para eliminar ou reduzir o risco de acidentes. Em geral, quanto mais alto o método estiver na lista de hierarquia, mais

segurança representará para os trabalhadores.

A hierarquia de controle do risco põe ênfase no controle do risco na raiz. Isso se faz dando preferência ao uso da abordagem do projeto. Esse tipo de estratégia deve ser usada, sempre que possível, porque está menos sujeita à falha humana e é menos disruptiva e desconfortável para aqueles que trabalham na área. Os controles de nível mais baixo, como o EPI e os Controles administrativos, são necessários, mas não devem ser utilizados como único tipo, e sim como medidas de apoio ao controle. Em muitos casos, será necessário usar mais de um método de controle.

Seja qual for a tática, um acompanhamento regular será importante para garantir que o controle do risco esteja funcionando de forma eficaz, e que a exposição a esse risco seja reduzida ou eliminada.

Todas as táticas para amenizar os riscos oferecem melhorias importantes para a segurança em geral. Cada um deles oferece suas vantagens e desvantagens; uma descrição geral destas é mostrada a seguir:

EPI

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) fornecem, pra quem os vestem, uma proteção contra o risco. Os equipamentos de proteção individual incluem respiradores, óculos de segurança, protetores de explosão, capacetes, protetores auditivos, luvas, protetores faciais e calçados.

Os EPI podem ser efetivos na redução da

HIERARQUIA DOS MÉTODOS DE CONTROLE

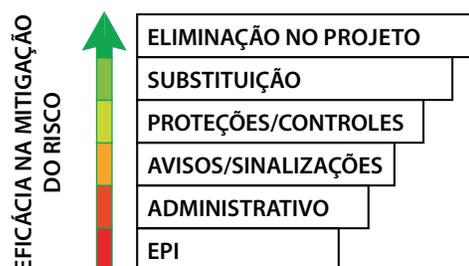


Figura 31.1.

Quanto mais alto o tipo de controle de risco estiver na hierarquia de métodos, mas seguro ele será.

exposição a riscos e na redução de ferimentos, podendo até evitar a morte. No entanto, o uso de EPI não altera a intensidade nem a natureza dos riscos; simplesmente protege contra os perigos.

Os EPI's são os meios de proteção menos efetivos porque eles não eliminam o risco, eles apenas limitam possíveis ferimentos dos trabalhadores. A obrigatoriedade do uso de EPI é problemática, porque às vezes contribui para condições menos desejáveis, como óculos de segurança com baixa visibilidade ou uma cadeirinha de proteção contra queda que tranca a circulação quando o trabalhador está em suspensão. Portanto, o EPI é normalmente visto pelos trabalhadores como possíveis

a criarem mais situações de risco do que supostamente protegem em caso de ferimentos. Além disso, alguns EPI's, como respiradores, aumentam o esforço fisiológico necessário para realizar a tarefa e, portanto, podem demandar que os trabalhadores passem por exames médicos para garantir que possam utilizá-los sem risco.

Controles administrativos

Os Controles Administrativos representam alterações na maneira como as pessoas trabalham. Tais controles não removem os riscos, mas limitam ou previnem a exposição de um trabalhador. Alguns exemplos são o estabelecimento de políticas e procedimentos para minimizar os riscos, planejar tarefas para limitar a exposição, fixar sinalização de perigo, restringir o acesso e exigir treinamento do pessoal.

Os Controles administrativos podem ser considerados "Segurança por imposição: você deve fazer isso dessa maneira ou você não deve fazer aquilo outro". Se a "Segurança por imposição" fosse efetiva, nenhum trabalhador se machucaria em um transportador em movimento, dado que praticamente todas as plantas e minas têm regras para se trabalhar ao redor deles.

Não é fácil fazer com que as Políticas Administrativas sejam concisas e universais, de forma que trabalhadores de qualquer nível possam compreender, aplicar e segui-las todas, rigorosamente.

As regras administrativas e as respectivas penalidades têm de ser interpretadas no contexto da atitude da gerência perante a segurança. Em operações em que a gerência não está 100% comprometida com a segurança, a política e os procedimentos de segurança podem ser burlados com o intuito de priorizar a produção, ou porque as penalidades são brandas.

No caso dos transportadores, as regras dos Controles administrativos podem ser resumidas em uma: "Não cruze a linha

Figura 31.2.

Linha de segurança teórica na lateral.

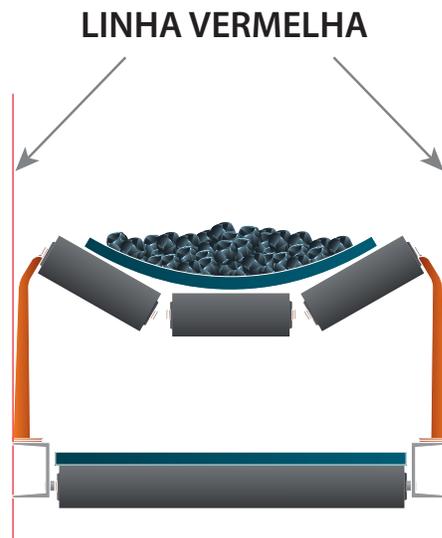
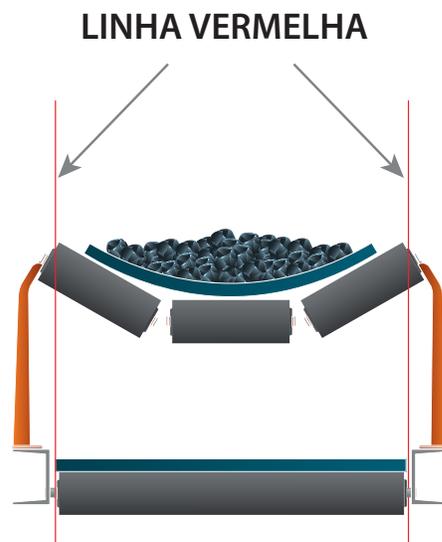


Figura 31.3.

Linha de segurança teórica na largura da correia de retorno.



vermelha do transportador". A linha vermelha é uma demarcação invisível pela qual um trabalhador não deve passar. O que difere de instalação para instalação é lugar onde essa barreira invisível é estabelecida. Alguns consideram que a superfície exterior das laterais do transportador demarca a linha vermelha. (**Figura 31.2.**) Outros pensam que a borda da correia é a que demarca a linha vermelha. (**Figura 31.3.**) Em ambos os casos, uma linha invisível é raramente uma garantia de que os trabalhadores não entrarão na correia.

Controles de engenharia

Os Controles de engenharia são uma forma mais eficaz de controlar os riscos. Eles não eliminam os riscos, mas procuram isolar os riscos das pessoas. "Invólucros e isolamentos" criam barreiras físicas entre o pessoal e os riscos, como, por exemplo, usar equipamentos controlados remotamente.

As proteções, instaladas para proteger de riscos específicos de uma área, estão na lista de Controles de engenharia. (**Consulte o Capítulo 10 Proteção.**) No entanto, a agência Mine Safety and Health Administration (MSHA, Administração de Segurança e Saúde em Mineração) relatou que as proteções causam um número significativo de ferimentos a cada ano devido a um design deficiente. Esses ferimentos normalmente ocorrem com as proteções que são muito pesadas, inerentemente perigosas, com bordas afiadas, por exemplo, ou incorretamente dimensionadas ou posicionadas.

Há um debate sobre a eficácia de proteção de áreas. Alguns acreditam que o uso de proteção de áreas supõe que dentro da área protegida não há segurança suficiente, de forma que a proteção de áreas pode oferecer uma falsa sensação de segurança. Outros pensam que se forem adequadamente instaladas e geridas, elas são úteis e eficazes.

Uma tendência na segurança de transportadores de correia é proteger todo o transportador com grades de proteção.

Isso pode ser bem caro e pouco prático para transportadores muito longos, como transportadores terrestres.

Outra tendência atual em segurança é que as proteções estejam travadas na transmissão do transportador. Isso evitará que os operadores e o pessoal da manutenção retirem as proteções do equipamento. Infelizmente, muitas dessas travas são ignoradas porque os operadores e o pessoal da manutenção as consideram um obstáculo para seus procedimentos ou porque as travas fazem com que o circuito do transportador "ande" em falso. Travar centenas de painéis de proteção também é pouco prático e pode criar mais riscos que proteções.

Nos Estados Unidos, o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional) está investigando a utilização de travas em combinação com interruptores de proximidade para detectar quando os trabalhadores não recolocam a proteção depois de transcorrido um determinado tempo da sua remoção.

Uma forma mais avançada de controle de engenharia é a proteção por meio de dispositivos como cortinas de luz ou sensores de proximidade. Nos Estados Unidos, a MSHA tem testado o uso de sensores de proximidade para reduzir os ferimentos causados por esmagamentos nas proximidades de transportadores contínuos.

Sugere-se que a adoção de um equilíbrio entre o uso de travas de proteção nas zonas com elevado risco de acidentes e de proteções não travadas em áreas de menor risco, em vez de travar todas as proteções, particularmente em transportadores mais extensos. Geralmente, as zonas com maior índice de acidentes serão as áreas dianteiras, traseiras e a dos dispositivos sensores da correia, ou seja, os locais onde ocorre a maior parte das atividades de limpeza e manutenção.

Os custos de capital dos Controles de engenharia tendem a ser maiores que os controles menos efetivos da hierarquia.

No entanto, investir de forma sensata nos Controles de engenharia pode reduzir custos futuros. Por exemplo, a equipe pode construir uma plataforma de trabalho em vez de comprar, substituir e manter equipamentos de prevenção de quedas.

Substituição

A Substituição é considerada um dos métodos mais eficientes de controle. Ela supõe substituir algo que produz um risco, seja uma situação, um material ou uma peça de equipamento, por algo que não represente um risco. Uma substância classificada como cancerígena pode ser substituída por outra menos perigosa. Por exemplo, tinta à base de chumbo pode ser substituída por tinta à base de água ou por pó de revestimento.

Para ser um controle efetivo, a Substituição não deve produzir outro risco significativo. É importante avaliar quais novos riscos o elemento substituído virá a supor.

No entanto, a Substituição normalmente não pode ser adotada nos sistemas transportadores de correia. Em alguns casos, pode haver métodos alternativos de transporte, geralmente para tonelagens mais baixas; contudo, pode ser difícil ou impossível alcançar o mesmo volume do fluxo de produção ao substituir um transportador de correia por outro método, tal como um transportador pneumático fechado. Quando a carga, por si só, representa um perigo, existem disponíveis inúmeros sistemas de transportadores fechados, tais como transportadores tubulares ou flexíveis, que reduzirão a probabilidade de a carga ser liberada no ar. Transportadores suportados por ar reduzem o número de pontos de pressão,

Figura 31.4.

Como os transportadores suportados por ar reduzem o número de pontos de pressão e são, muitas vezes, completamente fechados para reduzir os problemas de contaminação, eles representam uma possibilidade efetiva de substituição para transportadores de correia convencionais.



eliminando a maioria dos roletes do sistema, e são, muitas vezes, completamente fechados para reduzir os problemas de contaminação. (Figura 31.4.)

A Substituição pode ser uma estratégia útil quando utilizada em componentes ou produtos de manutenção. Por exemplo, se o problema de segurança é o ruído, componentes mais silenciosos podem ser utilizados. Se o método de limpeza faz uso de substâncias químicas perigosas, um produto mais seguro pode ser utilizado, ou o procedimento pode ser modificado para reduzir a exposição ao risco.

No entanto, a Substituição pode criar problemas significativos. Se o design original do transportador não for adequado a uma ampla gama de propriedades dos materiais a granel, ou o sistema for projetado sem espaço para expansão da capacidade, uma alteração poderá criar outros problemas. Por exemplo, a substituição de lubrificantes sem verificação da compatibilidade pode reduzir a vida dos rolamentos. Quando materiais a granel de baixa qualidade são transportados pelo sistema, é comum a ocorrência de problemas como chutes entupidos, problemas de qualidade, aumento do desgaste dos componentes e fuga de material.

Ao tomar decisões sobre Substituições, é importante ter cuidado com os efeitos subestimados ou não previstos da alteração no processo ou no sistema transportador.

Eliminação do risco

A eliminação do risco, remoção ou realocação física, é a maneira mais efetiva de controle do risco. Por exemplo, se os funcionários devem realizar trabalho em alturas, o perigo de queda pode ser gerenciado movendo as peças nas quais trabalham ao nível do solo.

A maneira mais efetiva de controlar um risco é eliminá-lo na etapa de projeto. A legislação de muitos países estabelece que é responsabilidade legal dos projetistas levar em consideração o funcionamento de um projeto e eliminar, na etapa de projeto, os riscos e perigos específicos.

Muitas abordagens simples de projeto podem reduzir e até eliminar riscos comuns em transportadores. Essas abordagens são conhecidas por vários nomes, como Segurança na etapa de design, Design seguro ou Design para Segurança.

A Segurança na etapa de design é uma abordagem que utiliza métodos de identificação e avaliação de riscos no início do processo de projeto para eliminar ou minimizar os riscos de ferimentos durante o ciclo de vida do sistema transportador. Uma efetiva Segurança na etapa de design supõe incluir no projeto todas as disciplinas do design. Ao fazê-lo, este livro põe ênfase nos projetos que reduzem acidentes, minimizam a fuga de materiais fugitivos e melhoram a eficácia da manutenção para fornecer o conceito de **Production Done Safely™** (Produção com segurança).

A implementação da Segurança na etapa de projeto tem uma relação custo e benefício ótima se comparada a quando os riscos se tornam reais aos clientes, usuários, funcionários e empresas. Os custos diretos associados a projetos inseguros podem ser significativos, como readaptação, aumento dos custos do seguro, danos ambientais, perda de produto e processos por negligência. O **Capítulo 33 O cálculo da segurança** e o **Capítulo 34 O retorno da segurança** exploram como medir e levar em consideração os custos indiretos na avaliação do projeto e na seleção de componentes.

Os escritores das especificações devem perceber a eficácia dessa técnica, e evitar escrever documentos de licitação que, de tão restritivos ou específicos, fazem com que a eliminação do risco na etapa de design do equipamento ou do processo seja impossível sem a solicitação de exceções quanto à especificação.

Prevenção no Design (PtD)

Nos Estados Unidos, a NIOSH está liderando uma iniciativa para promover PtD. A publicação NIOSH, *Prevention through Design: Plan for the National Initiative*, identifica a missão da iniciativa como:

... Para prevenir ou reduzir ferimentos, doenças, fatalidade e exposições ao incluir as considerações de prevenção em todos os projetos que afetam os indivíduos no ambiente de trabalho.

Isto será realizado por meio da aplicação de métodos de eliminação e minimização de risco no design de instalações de trabalho, processos, equipamentos, ferramentas, métodos de trabalho e organização do trabalho.

Quando adotado por proprietários e gestores, o PtD é uma oportunidade para que os projetistas criem novas soluções e práticas de design. Os benefícios do PtD vão além da fase de design de um projeto. Esses benefícios são:

- Redução dos ferimentos e doenças industriais;
- Melhora na disponibilidade e produtividade do transportador;
- Redução nos custos de manutenção e operação;
- Redução nas multas e custos legais devido a violações das normas de conformidade;
- Melhora na capacidade para incorporar futuras expansões.

A capacidade de incorporar técnicas de redução de riscos é maior quando o projeto está nas etapas de especificações e design, do que posteriormente, quando se encontra na etapa de construção. A **Figura 31.5** compara a capacidade relativa de implementar técnicas efetivas de controle de riscos em vários estágios de um projeto. Essa "capacidade de implementação" pode ser traduzida



Figura 31.5.

A incorporação de técnicas eficazes de controle de risco é mais fácil e menos custosa nas etapas iniciais de um projeto.

pelo conceito muito parecido de "custo de implementação", que estabelece que as alterações para melhorias que ocorrem posteriormente no projeto resultam em um custo significativamente mais elevado.

O custo para implementar melhorias de segurança durante a construção pode ser de três a cinco vezes mais caro do que quando elas são incorporadas na etapa de design. Esforços retroativos de implementação de melhorias durante as fases de início e operação podem custar de 15 a 100 vezes mais, na hipótese de que as melhorias sejam possíveis devido a restrições de projeto.

Parece intuitivo pensar que quanto antes os riscos forem mitigados em um projeto, mais baixa será a taxa de incidentes e mais rápida será a recuperação do investimento, o que mais que justifica as despesas incorridas.

Uma breve história do design de transportadores

O livro *Belt Conveyors and Belt Elevators*, publicado em 1922 por Frederic V. Hetzel, fornece a primeira história bem documentada do desenvolvimento de transportadores de correia para materiais a granel. Esse trabalho descreve que a primeira utilização de transportadores de correia para movimentação de grãos na Inglaterra e nos Estados Unidos ocorreu em torno de 1795. Em 1860, transportadores de grãos de vários designs se deslocavam a 650 pés por minuto [$\approx 3,3$ m/s] e movimentando 12.000 sacos de grãos [≈ 325 toneladas] por hora.

Em 1860, os transportadores de correias apareceram em relatos na movimentação de outros materiais, como carvão e minério de ferro. A empresa New Jersey and Pennsylvania Concentrating Plant, em Edison, Nova Jersey, tinha 50 correias de até 30 polegadas de largura [≈ 760 mm] e 500 pés de comprimento [≈ 150 m], para movimentação de minério de ferro. Ao iniciar em 1891, Thomas Robbins passou a introduzir aprimoramentos no design de roletes e na construção de correias na New Jersey and Pennsylvania Concentrating Plant.

Em 1910, os designs dos componentes e construção dos transportadores de correia de Robbins já tinham alcançado um estado de evolução que atualmente seria reconhecido como contemporâneo.

Normalmente se afirma que insanidade é seguir fazendo a mesma coisa e esperar resultados diferentes. Infelizmente, esse é o estado atual do design de transportadores de correia, que segue utilizando conceitos de design de 100 anos atrás, mas espera sistemas de transporte mais limpos, seguros e produtivos.

Os problemas da contratação pelo "menor preço"

Muitas companhias ainda utilizam processos de contratação pelo "menor preço". Nesse processo, o contrato é concedido à proposta de preço mais baixo, entre as várias propostas licitantes que também satisfazem as especificações do projeto.

O processo de contratação do menor preço força as empresas licitantes a seguir uma metodologia de design baseada em:

1. Carga máxima da correia transportadora.
2. Mínima conformidade com as normas.
3. Materiais, componentes e processos de fabricação de preço mais baixo.

Embora seja difícil estabelecer uma correlação direta entre o aumento de acidentes e dos custos operacionais em função da adoção do critério de menor preço na hierarquia de construção e design, o autor argumenta que muitos profissionais da segurança concordariam com esta forte afirmação: "O processo de contratação pelo menor preço, mata." No mínimo, elas estariam de acordo com a afirmação de que "o processo de contratação do menor preço é problemático quando o assunto é segurança".

Para maximizar a tonelagem por hora e minimizar o preço do sistema, a combinação geralmente selecionada é a correia mais estreita



possível funcionando na maior velocidade possível. Normalmente, o sistema será projetado de forma que a correia seja carregada no limite da plena capacidade, ou até acima, e opere a uma distância mínima da borda. Essas escolhas resultam em uma variedade de problemas, como derramamento, entupimento do chute e maior desgaste. Como resultado dessas escolhas, os sistemas acabados raramente entregam a capacidade especificada no design.

As especificações dos componentes do projeto muitas vezes definem "Nome específico do fabricante/ou similar". Essas especificações "ou similar" são em geral vagamente escritas devido a restrições de prazo e motivos de competitividade. Isso deliberadamente encoraja que a compra seja feita de um fornecedor preferido, embora se crie uma fachada com a obtenção de várias propostas de licitações e concorrência. Os tribunais têm decidido consistentemente que os componentes estão de acordo com a especificação "ou similar", independentemente de serem realmente iguais ou não em relação a fabricação ou desempenho. Essa metodologia permite que o departamento de compras adquira produtos com base no preço, sem levar em conta fabricação ou desempenho. Os departamentos de compras muitas vezes são solicitados e incentivados a reduzirem os preços das compras. Uma melhor abordagem em relação à segurança, limpeza e produtividade seria exigir a compra com base no custo do ciclo de vida útil, e não no preço de compra inicial.

No processo de contratação do menor preço, a conformidade com a legislação está ameaçada, dado que é tratada no limite mínimo a fim de reduzir os custos. Muitas legislações não

são específicas e não possuem processo de certificação de fabricante que garanta ao comprador que o design está de acordo ou excede os critérios exigidos. A conformidade passa a ter espaço mínimo, mesmo quando o cliente e o projetista estejam cientes dos últimos aprimoramentos das técnicas, materiais e práticas.

A aplicação da lei normalmente é um processo subjetivo com base na interpretação de um determinado inspetor. Essa prática resulta em um transportador com menos detalhes de design de última geração em relação a sistemas de segurança e saúde. Isso deixa o cliente exposto a processos até mesmo com transportadores novos. Isso pode levar a custosos problemas de responsabilidade jurídica, dado que juízes já rejeitaram a defesa de "conformidade mínima" em processos judiciais anteriores, e se basearam nas atuais melhores práticas para determinar veredictos.

Conforme observado por Kenneth Ross no artigo "Compliance with Product Safety Standards as a Defense to Product Liability Litigation", publicado em outubro de 2010, na revista *In Compliance*:

...A conformidade com todas as leis e regulamentos aplicáveis não é, para a maioria dos produtos, uma proteção absoluta em caso de responsabilidade jurídica em relação a um produto. Portanto, um juiz poderá voltar e dizer que um fabricante deveria ter excedido as leis e regulamentos relativos à segurança.

Outro problema surge na medida em que, para ser competitivo, um licitante envolvido em um processo de contratação de menor

preço, muitas vezes, minimizam o tempo de design usando modelos passados e detalhes padronizados. Como o processo de licitação é orientado pelo preço, e não pelo desempenho ou pelo custo do ciclo de vida útil, os projetistas limitam ou simplesmente não vão a campo para observar e melhorar os projetos prévios. Isso faz com que os erros do passado se repitam, e as oportunidades de melhoria sejam negligenciadas.

Conseqüentemente, o processo convencional de contratação do menor preço normalmente resulta em atalhos que, fisicamente, restringem a eficiência na capacidade de reequipar a produção, e de adotar aprimoramentos relacionados à segurança.

Uma teoria melhor sobre o design de transportadores

Os transportadores de movimentação de materiais a granel são fabricados de forma bem parecida há mais de 50 ou até 100 anos. A justificativa mais ouvida para construir "os mesmos" transportadores, com o mesmo design e mesmos problemas, é a necessidade de permanecer competitivo quanto ao custo do sistema. Quase todos os demais aspectos

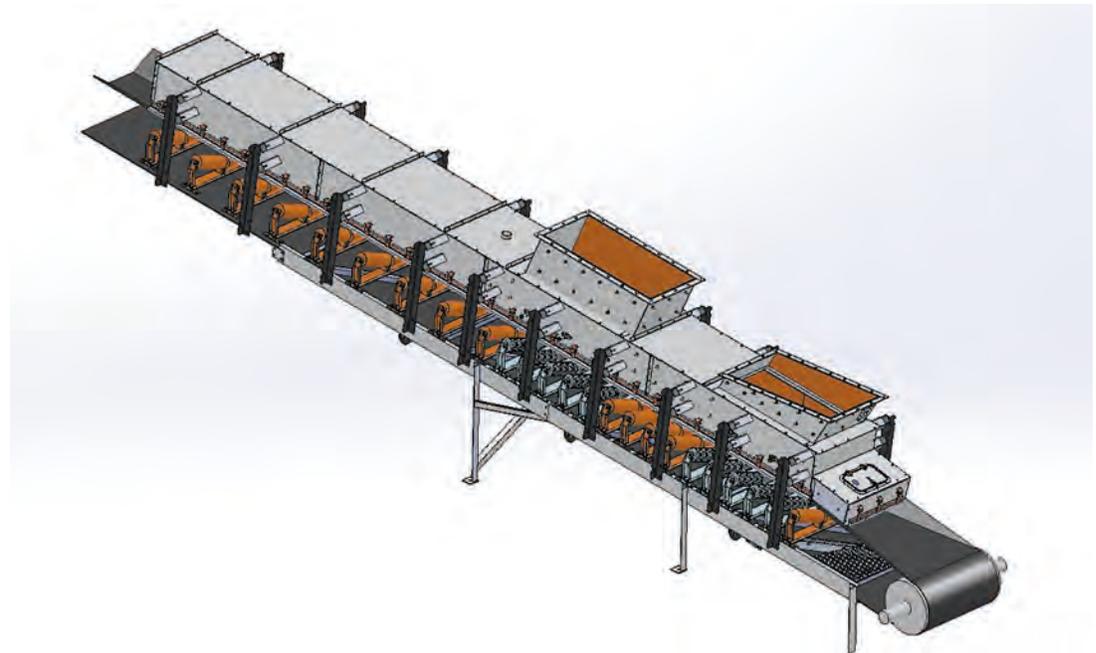
do transporte mudaram ao longo desses anos, como os materiais de fabricação e as expectativas da gestão e dos trabalhadores.

Existem muitos programas de software que incorporam os padrões de design de transportadores. Esses padrões de design focam no cálculo da tensão da correia e no estabelecimento da máxima potência de transmissão. O software convencional geralmente não aborda como desenhar uma correia transportadora para seja mais segura, mais limpa e mais produtiva. **(Figura 31.6.)**

Chegou a hora de que surja uma nova geração de design de transportadores de correia, construída em conformidade com as normas atuais para atender aos requisitos sociais e expectativas de produtividade e utilizar técnicas de fabricação modernas. Esse novo design deve ser desenvolvido por meio do questionamento de cada etapa da metodologia convencional de engenharia de transportadores. Essa nova metodologia pode ser desenvolvida simplesmente perguntando: "Por que esse sistema, subsistema ou componente foi projetado dessa forma?" e "Poderia ser feito de outra forma?" Essa nova abordagem reduz o risco, melhora a segurança, controla o material fugitivo

Figura 31.6.

Embora existam programas de computador para ajudar no design de transportadores, um software convencional geralmente não aborda como desenhar uma correia transportadora que seja mais segura, mais limpa e mais produtiva.



e eleva a produtividade sem aumentar significativamente o custo e sem complicar a manutenção.

Esse desejo de uma nova geração de design levou ao desenvolvimento de uma nova abordagem para resolver os problemas comuns dos transportadores de correia. Uma avançada hierarquia de design foi desenvolvida para priorizar as decisões do processo de design em ordem de importância ao especificar e projetar um transportador limpo, seguro e produtivo.

Evolução na hierarquia do design

Os compromissos para se projetar sistemas seguros, limpos e produtivos que permitam colocar em prática o conceito de **Production Done Safely™** (Produção com segurança) são hierarquizados abaixo:

1. *Fluxo de produção* – O fluxo de produção é o critério de design número um. O transportador deve entregar, de maneira segura e confiável, a capacidade prevista no design.
2. *Segurança* – O transportador cumprirá facilmente todos os códigos e regulamentos de segurança caso as Melhores práticas sejam utilizadas.
3. *Limpeza* – O projeto minimizará a fuga e o acúmulo de materiais fugitivos.
4. *Fácil manutenção* – O transportador deve ser projetado de forma a facilitar a instalação e manutenção.
5. *Eficiência de custos* – O transportador usará componentes padrão na sua configuração básica. O sistema proporcionará um aprimoramento da segurança e acesso, sem aumentar os requisitos de aço estrutural. O custo do ciclo de vida útil será usado na tomada de decisões em relação a componentes.
6. *Expansível* – Áreas problemáticas serão antecipadas; incorporação de espaço para componentes adaptados

para solucionar eventuais problemas. A capacidade de acomodar futuras ampliações de capacidade será incluída no design original.

Checklist do estudo de viabilidade/conceito

O objetivo das seguintes checklists é destacar os detalhes evolucionários a serem considerados e comparados na fase inicial do processo de design de um transportador de materiais a granel. Esses detalhes devem ajudar no desenvolvimento de sistemas transportadores de correia mais seguros, limpos e produtivos.

Essas listas não pretendem ser exaustivas, nem o suficientemente detalhadas para serem usadas como modelo único de um estudo de viabilidade e conceito.

TRANSPORTADOR BÁSICO EVOLUÍDO

Um transportador básico evoluído é um transportador padrão de movimentação de material a granel, que pode ser construído de forma competitiva com algumas modificações nas áreas críticas. Esse projeto permitirá que o transportador possa ser mais facilmente adaptado, com componentes que servem de solução de problemas comuns de operação e manutenção.

O design de um transportador básico evoluído dispõe de:

1. Áreas de acesso recomendadas pela entidade Conveyor Equipment Manufacturer Association (CEMA, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores).
2. Polias traseiras com diâmetro maior que o mínimo, com base na classificação da correia.
3. Transições totalmente côncavas na parte traseira; a correia somente é carregada depois de ficar totalmente côncava.

4. Considerações de design e estrutura para segurança e limpeza nas zonas de carga e descarga.
5. Provisões na parte traseira, dispositivo tensor, transmissão intermediária e zonas de descarga.
6. Antecipação de futuras expansões na capacidade, na classificação do componente e/ou na operacionalidade do transportador.

A maioria das demais características de um transportador básico evoluído é similar a de um transportador de "menor preço". A fabricação do transportador básico evoluído pode ser projetada para ter um peso em aço (e custo) semelhante se comparada (and thus cost) a de um transportador de menor preço. Componentes padronizados podem ser usados se o design permitir a futura incorporação de componentes para solução de problemas e de acesso adequado.

TRANSPORTADOR MELHORADO EVOLUÍDO

Um transportador melhorado evoluído talvez nunca exista, salvo no papel apenas para mostrar todos os possíveis aprimoramentos desse equipamento. A intenção aqui é identificar todas as possíveis expansões a fim de incentivar a fabricação de tais transportadores. Dessa forma, o sistema

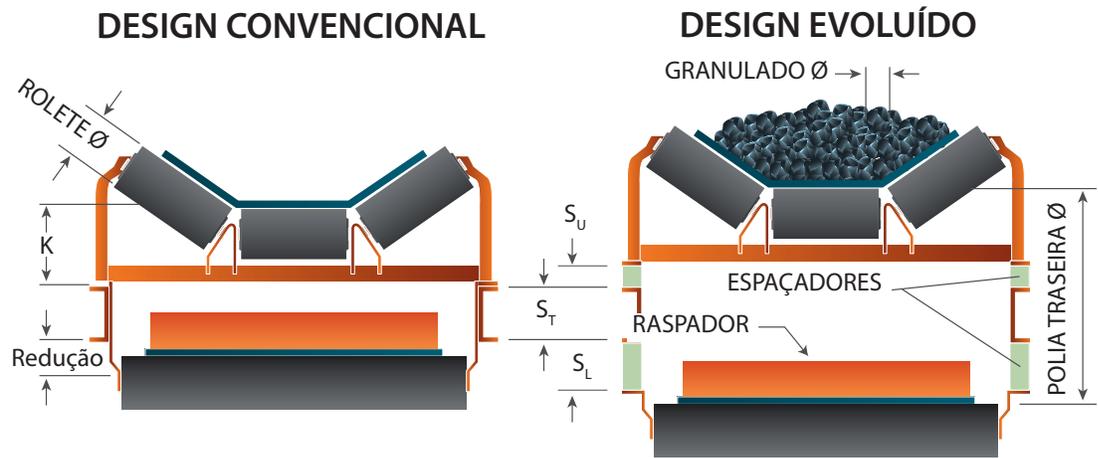
pode ser mais facilmente expandido para resolver os problemas típicos à medida que eles ocorrem durante a operação e manutenção de transportadores de correia. Uma vez que os problemas do transportador são difíceis de serem previstos antes de o transportador ser colocado em operação – devido à multiplicidade de variáveis e trade-offs de design na construção do transporte, instalação e operação – não é necessário nem economicamente viável incluir todos os conceitos do transportador evoluído em um único design de transportador.

Os possíveis aprimoramentos de um transportador básico evoluído são:

1. *Ausência de roletes de transição na zona traseira.* Os roletes de transição são um gasto desnecessário, dado que 90 por cento deles nunca tocam a correia. Além disso, as estruturas dos roletes e a do transportador se juntam, o que dificulta a instalação e a manutenção do raspador em v de proteção traseira.
2. *Terminais com polias maiores.* Polias maiores oferecem espaço suficiente entre o curso superior e inferior da correia, para a instalação do raspador para proteger a polia traseira. A polia deve ter um diâmetro mínimo de 600 milímetros [≈ 24 pol.]. Usar uma

Figura 31.7.

Comparação entre as alternativas de design de transportadores para permitir um maior diâmetro da polia traseira.



Diâmetro da Polia traseira EVO, $\varnothing \sim K + \text{Redução} + S_U + S_T + S_L$
 Em que, o S_U sugerido de 25 a 75 mm, S_T na Profundidade da lateral e S_L é o maior valor entre o Rolete \varnothing ou duas vezes o Granulado \varnothing

- polia superdimensionada permite a instalação de um raspador que pode expulsar objetos estranhos sem que toque na lateral. O custo adicional de uma polia maior supõe na maioria dos casos apenas algumas centenas de dólares; isso pode ser economizado ao se eliminar a necessidade de roletes de transição na zona traseira e ao aumentar a vida útil da emenda. Uma polia maior na descarga proporciona espaço para mais de um raspador. **(Figura 31.7.)**
3. *Componentes para solução de problemas embaixo da zona de carga.* Instale componentes projetados para melhorar o suporte da correia ao simplificar a manutenção. Esses componentes incluem roletes de fácil remoção e manutenção, mesas de impacto e mesas de vedação de suporte.
 4. *Reforço especial na zona de carga.* A utilização de uma estrutura resistente ao acúmulo na zona de carga reduz o acúmulo de materiais fugitivos; se pré-perfurados com um molde de orifícios padrão, auxilia na instalação dos componentes de solução de problemas, sem precisar de solda nem corte.
 5. *Suportes melhorados da polia dianteira.* A estrutura na polia dianteira deve ser projetada de modo que uma estação de limpeza possa ser incluída usando um transportador de material de captura depois da polia de cabeça, o que permite a presença de raspadores fora da polia, ao longo do retorno do transportador.
 6. *Calha-guia alargada e zona de acomodação projetada.* Esses componentes de pontos de transferência foram aprimorados para que a poeira não se disperse no ar, e para que o derramamento seja reduzido.
 7. *Emenda de correia e estação de reparo.* Uma estação de serviço permitirá melhorar a manutenção da correia e reduzir o tempo de parada do equipamento.
 8. *Eliminação do duto nas áreas críticas de manutenção.* Na Zona de carga e na Zona dianteira, repasse o duto de forma que fique acima da cabeça. Duto flexível deve ser usado para conectar os componentes dessas zonas.
 9. *Guias de alinhamento.* Os sistemas proporcionarão um consistente alinhamento da correia para garantir um deslocamento equilibrado do esticador.
 10. *Chutes de carga e descarga curvados.* Esses sistemas foram projetados para controlar o posicionamento da carga e reduzir material fugitivo.
 11. *Auxiliares de fluxo.* A instalação de dispositivos, tais como vibradores ou canhões de ar nos chutes, dará suporte à movimentação de materiais.
 12. *Acesso a estações de fornecimento.* Acesso adequado a estações de fornecimento de eletricidade e/ou ar comprimido permitirá manutenção e desempenho melhorados.
 13. *Auxiliares de manutenção.* O projeto deve incluir equipamentos como monotrilhos ou guindastes para ajudar na movimentação e substituição de componentes.
 14. *Polia de cabeça motorizada.* Uma polia de cabeça motorizada pode melhorar o acesso e a vedação do chute dianteiro, reduzindo a liberação de materiais fugitivos.

MELHORES PRÁTICAS

Listas vermelha, amarela e verde

O processo de design/projeto se inicia com a premissa **Production Done Safely™**.

Muitas das melhores práticas incorporadas na especificação de um transportador de correia seguro, limpo, produtivo podem ser resumidas em uma lista vermelha, amarela e verde.

Vermelho indica "A ser evitado". Amarelo indica "Seja cuidadoso, reduza ou elimine".

Verde indica "Desejado e/ou Requerido".

A seguinte lista vermelha, amarela e verde oferece orientação prática para projetistas sobre o que evitar e o que promover nas etapas de especificação e design do projeto de um transportador. (Figura 31.8.)

Readaptação e/ou ampliação de transportadores

Há várias razões pelas quais os transportadores de correia são usados no transporte de materiais a granel. Presumivelmente, o custo

Problemas encontrados ao ampliar a capacidade do transportador.

Um número de problemas é encontrado ao ampliar a capacidade dos sistemas de transportadores existentes. Essas complicações imprevistas incluem:

Vida útil reduzida da correia

A estimativa da vida útil da correia é baseada no conhecimento que tem o fabricante dos atuais estudos de caso. Em um dos sistemas de um fabricante de correias, a espessura da cobertura da correia é proporcional à Velocidade da correia, multiplicada pelos Fatores de aplicação e dividida pelo Comprimento da correia.

Os Fatores de aplicação levados em consideração são o tamanho e a abrasividade do material, condição de alimentação, velocidade da correia e altura na queda de transferência.

Em uma aplicação em que se deem condições, tais como alterações na velocidade da correia e nas propriedades do material, o Fator de aplicação sofre uma alteração média de 175%. Então, com 25 por cento de aumento na velocidade da correia, haverá o potencial de redução na vida útil da correia de aproximadamente 50 por cento.

$$\frac{100\%}{1,25 \times 1,75} = \sim 46\%$$

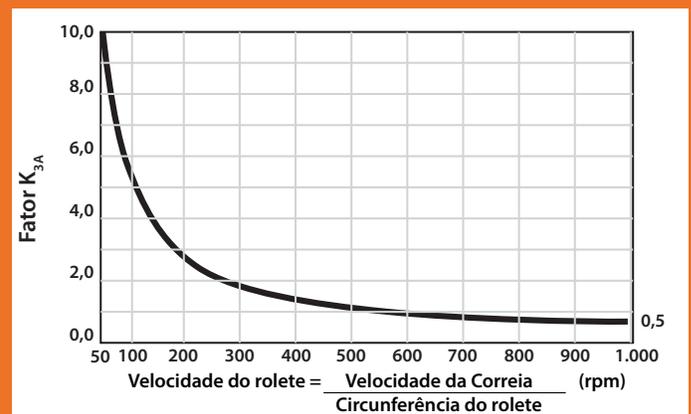
Como resultado, os custos de maior frequência na substituição da correia devem ser levados em consideração na decisão de aumentar a capacidade do transportador.

Vida útil menor do rolamento do rolete

No debate sobre a vida útil dos rolamentos do rolete, a publicação *Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição*, da CEMA observa: "Velocidades mais baixas aumentam a vida útil e as mais altas, diminuem". Usando o fator K_{3A} da CEMA (com base na velocidade nominal do rolete), um aumento de

25 por cento na velocidade da correia se traduzirá em uma redução de 20 por cento na (L_{10}) da vida útil do rolamento de um rolete típico.

(L_{10} é uma medida da taxa de falha registrada em tempo antes que 10 por cento de um grupo de rolamentos falhem.)



Efeito na velocidade da correia na previsão da vida útil L_{10} do rolamento (CEMA, *Belt Conveyors for Bulk Materials*, 7ª Edição).

Aumento no desgaste erosivo

Geralmente, o desgaste erosivo é proporcional à velocidade elevada ao quadrado.

E = Massa de partículas desgastadas pela massa total de partículas erosivas.

Valores típicos de E variam entre 10^{-5} e 10^{-1} .

$$E = k \frac{\rho V^2}{2H}$$

Em que:

k = Porcentagem das partículas em um fluxo que impactam a superfície e causam desgaste

ρ = A densidade do material desgastado

V = Velocidade de impacto

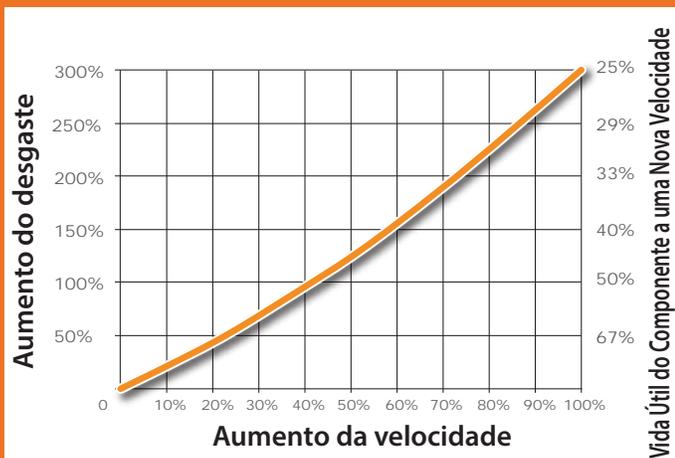
H = Dureza do material desgastado

por tonelada e por unidade de distância é um dos principais impulsionadores.

Para determinar a capacidade específica de um transportador, parece óbvio que, inicialmente, quanto mais rápida a correia trafegar, quanto mais cheia ela estiver, melhor o custo por tonelada e por unidade de distância. No entanto, a tentativa de incrementar a capacidade aumentando a velocidade do transportador não ocorre sem algumas desvantagens graves e, em muitos casos, resulta inclusive em produção inferior.

As alterações na qualidade da matéria-prima levam muitos projetos a aumentar a capacidade. Muitas vezes, uma matéria-prima de custo mais baixo, porém mais difícil de manusear, é usada como substituição nos processos de produção. Com frequência, as propriedades físicas do material usado na substituição são incompatíveis com o design original do transportador. Na maioria das vezes, materiais de menor custo requerem ser transportados em maiores volumes. Isso é preciso ser contabilizado na tonelagem

Se a velocidade do transportador for aumentada em 25 por cento, o desgaste erosivo dos revestimentos e componentes em contato com a correia aumentará em mais de 50 por cento. O resultado é o aumento nas horas de mão de obra para manutenção, no orçamento para substituição de materiais desgastados e em paradas do equipamento com maior frequência. Isso deve ser levado em consideração como custo real ao ampliar a capacidade aumentando a velocidade da correia.



Antecipação no desgaste do componente ao funcionar em velocidades superiores (de www.ewp.rpi.edu/hartford/~ernesto/S2004/FWM/Notes/so9.pdf).

Aumento de problemas de fluxo e chutes entupidos

Mudanças na velocidade do transportador resultam em mudanças na trajetória de descarga dos materiais a granel, o que pode levar a problemas significativos de fluxo de material. Muitas vezes, não há espaço suficiente na planta para aumentar o tamanho do chute de descarga para um redirecionamento apropriado do fluxo de material. O fluxo de material pode ficar congestionado à medida que bate na parede do chute, o que faz com que parte do material esteja sendo elevado com uma velocidade de queda de zero. Como a alimentação do transportador se inicia e para, as camadas de material

se acumulam na parede do chute devido ao fenômeno da velocidade zero. Com o passar do tempo, esses acúmulos aumentam, até caírem e entupirem o chute com pedaços de material quando o transportador está desligado.

Um fluxo aumentado pode resultar em maiores impactos nos revestimentos e nos roletes, se o chute não puder ser redirecionar para que o fluxo tenha o mínimo impacto. Além disso, o aumento do fluxo de material pode pressionar os sistemas de limpeza da correia, e produzir quantidades de material de retorno não susceptíveis a serem manuseadas pelo chute de desvio existente.

A figura a seguir mostra um chute curvo de carregamento de um transportador em que a velocidade da correia foi aumentada em 33 por cento para aumentar sua capacidade. No entanto, restrições físicas impediram a alteração da geometria do chute para controlar o fluxo. Isso resulta em um impacto direto do material nos revestimentos de cerâmica, em vez de um deslizamento, o que provoca a quebra e a remoção de muitas peças, rapidamente perfurando o exterior do chute.



Revestimento do chute curvo de carregamento danificado pelo impacto direto do material.

equivalente por hora no processo, porque o material de baixo custo tem uma densidade de massa mais baixa, menor teor de minério ou de energia.

Os problemas comumente encontrados ao ampliar a capacidade mediante o aumento da velocidade do transportador são, por um lado, maior desgaste, que resulta no aumento

do custo e do tempo de manutenção e, por outro, chutes entupidos e derramamentos, que resultam em menor volume de carga no transportador, e aumento dos custos de limpeza. (**Consulte o quadro Problemas encontrados ao ampliar a capacidade do transportador.**) Muitas vezes, é negligenciada a necessidade de aumento no orçamento e no número de horas dedicadas à manutenção.

Figura 31.8.

Lista vermelha, amarela e verde para um melhor design de transportadores.

Lista vermelha, amarela e verde para um melhor design de transportadores de correia	
LISTA VERMELHA	<i>Procedimentos, técnicas, produtos e processos a serem proibidos nas etapas de especificação e design de um projeto de transportador.</i>
	Evitar carga na transição da correia.
	Evitar transição com mais de $\frac{1}{3}$ de concavidade.
	Evitar carga no sentido contrário da correia receptora.
	Evitar carregar o transportador a 100% da capacidade da seção transversal segundo a norma CEMA.
	Evitar um controle e sequenciamento que permita que o transportador funcione vazio por um tempo acima do necessário.
	Evitar etiquetas de identificação na cobertura superior da correia.
	Evitar instalar o equipamento em locais elevados sem fornecimento de acesso seguro ou amarrações.
	Evitar a seleção de componentes com base nas especificações "ou similar" ou licitações em função "preço baixo".
LISTA AMARELA	<i>Procedimentos, técnicas, produtos e processos a serem eliminados ou reduzidos o máximo possível. Apenas permitidos com uma alteração na especificação e notificação ao gestor/proprietário do projeto para explicar os potenciais problemas e a possibilidade de abordá-los no futuro.</i>
	Evitar inverter os transportadores.
	Evitar vários pontos de carga em um único transportador.
	Evitar projetos criados com a intenção de aumentar a capacidade no futuro apenas aumentando a velocidade do transportador; o sistema deve ter um design que acomode necessidades futuras.
	Evitar vias de passagem combinadas de veículo e pessoas ou saídas descontroladas de edifícios em áreas de tráfego.
	Evitar layout que não permita eficiência e segurança na entrega, armazenamento e elevação dos principais componentes, como, polias, acionamentos e correias.
LISTA VERDE	<i>Procedimentos, técnicas, produtos e processos a serem encorajados nas etapas de especificação e design de um projeto de transportador.</i>
	Considerar a ergonomia no design, assim como o acesso a equipamentos que precisam passar por limpeza e manutenção com frequência.
	Considerar o uso de polias com diâmetros maiores do que o mínimo exigido para as correias em questão.
	Considerar o acesso e espaçamento de acordo com as recomendações da CEMA.
	Considerar o uso do design para reduzir a exposição a riscos.

Pode-se argumentar que há quase 100 por cento de chances de que a maioria dos sistemas transportadores exija ser readaptado a novas tecnologias ou a componentes de solução de problemas ao longo de sua vida útil. A capacidade de adaptar componentes de solução de problemas ou novas tecnologias deve ser levada em consideração proativamente na fase de design, com um custo adicional mínimo.

A necessidade de ampliar a capacidade futura é quase certa, mas não pode ser levada em consideração de forma eficaz na etapa de design sem que o gestor deixe isso claro na etapa de especificação. Trabalhar tendo em conta futuras adaptações da capacidade pode envolver custos iniciais adicionais, mas em geral isso supõe um custo menor do que tentar adaptar no futuro, no espaço já existente, transportadores mais rápidos e maiores. As considerações sobre a capacidade de futura ampliação na etapa de design incluem: espaçamento estrutural mais amplo, aumento das cargas do projeto, troca da angulação de roletes inclinados, alterações no chute de carga e descarga, exigências de acionamento e correias.

CONCLUSÕES

Uma maneira melhor de projetar (e comprar) transportadores

Conforme abordado anteriormente neste capítulo, a melhor maneira, e certamente a mais barata, de resolver esses problemas é na etapa de design/projeto.

Os serviços de Engenharia/Contratação/Gerenciamento da Construção (EPCM, Engineering/Procurement/Construction Management) normalmente representam de 10 a 15 por cento do custo de instalação de um projeto grande em instalações de movimentação de materiais a granel. Mesmo com esses custos, o design normalmente representa menos de 10 por cento do custo total do projeto ao longo da sua vida útil.

Aplicar a metodologia de custo do ciclo de

vida útil na hora de selecionar e comprar componentes seria então benéfico. Como Ron Moore observa no artigo "The business case for life cycle cost", publicado em 2008 na revista *Reliable Plant*:

A maioria das pessoas concorda que a aplicação dos princípios de custo de ciclo de vida útil melhorará o desempenho de longo prazo dos ativos em desenvolvimento. Mas os engenheiros de projeto são normalmente medidos em função do orçamento e cronograma do projeto, e não pelo desempenho do custo do ciclo de vida útil. Isso proporciona um forte incentivo para se concentrar no menor custo de instalação e ignorar os princípios do ciclo de vida, especialmente quando a utilização de tais princípios resulta na percepção de que haverá aumento no orçamento ou atraso no cronograma.

Nesse modelo (**Figura 31.9.**), o princípio aplicado é de que gastando um pouco mais de tempo e dinheiro no início do projeto, o retorno será adiado, mas valerá a pena, uma vez que se amortizará ao longo da vida do equipamento. Um custo do ciclo de vida útil mínimo proporciona máximo benefício no longo prazo! Mas, como descobrimos qual será o retorno? Qual é o retorno? É difícil dizer, o que torna menos atraente a aceitação e utilização dos princípios do custo do ciclo de vida útil por parte dos engenheiros de projeto.

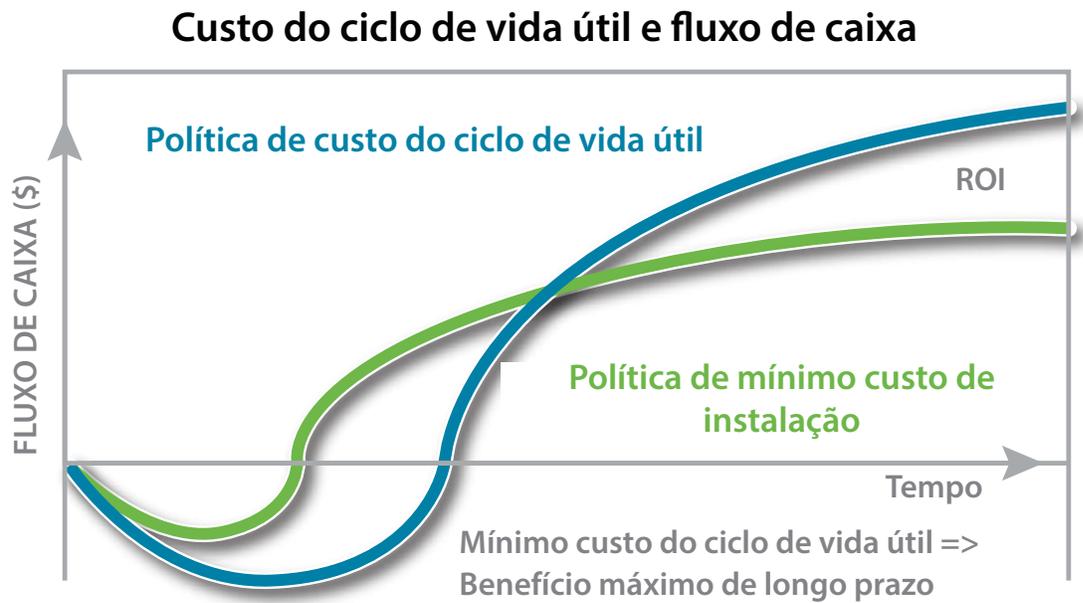
Moore continua e conclui:

Minha opinião é de que um gasto extra de 10 por cento no custo inicial de um projeto, sempre que seja gasto para minimizar as falhas de design e minimizar os custos de ciclo de vida útil, será um valor bem aplicado. Proporciona um retorno estimado de 18 meses, e seguirá por um longo caminho lidando com o risco de perdas futuras em produção, custos e ferimentos.

Figura 31.9.

Custo do ciclo de vida útil e fluxo de caixa

(Ilustração de acordo com o artigo de Ron Moore "The business case for life cycle cost" em reliableplant.com.)



Os proprietários muitas vezes transferem os custos de capitais para os futuros custos de manutenção e operações para atender à disponibilidade de capital. Problemas onerosos, como sistema com desempenho deficiente, custos excessivos de manutenção e acidentes são enfrentados pelo pessoal de operação e manutenção todos os dias durante a vida útil do transportador, muitas vezes sem dispor de orçamento ou equipe adequados. Ignorar os problemas e transferir os custos de capital para os gastos de manutenção raramente faz com que os problemas terminem sendo abordados e muito menos corrigidos.

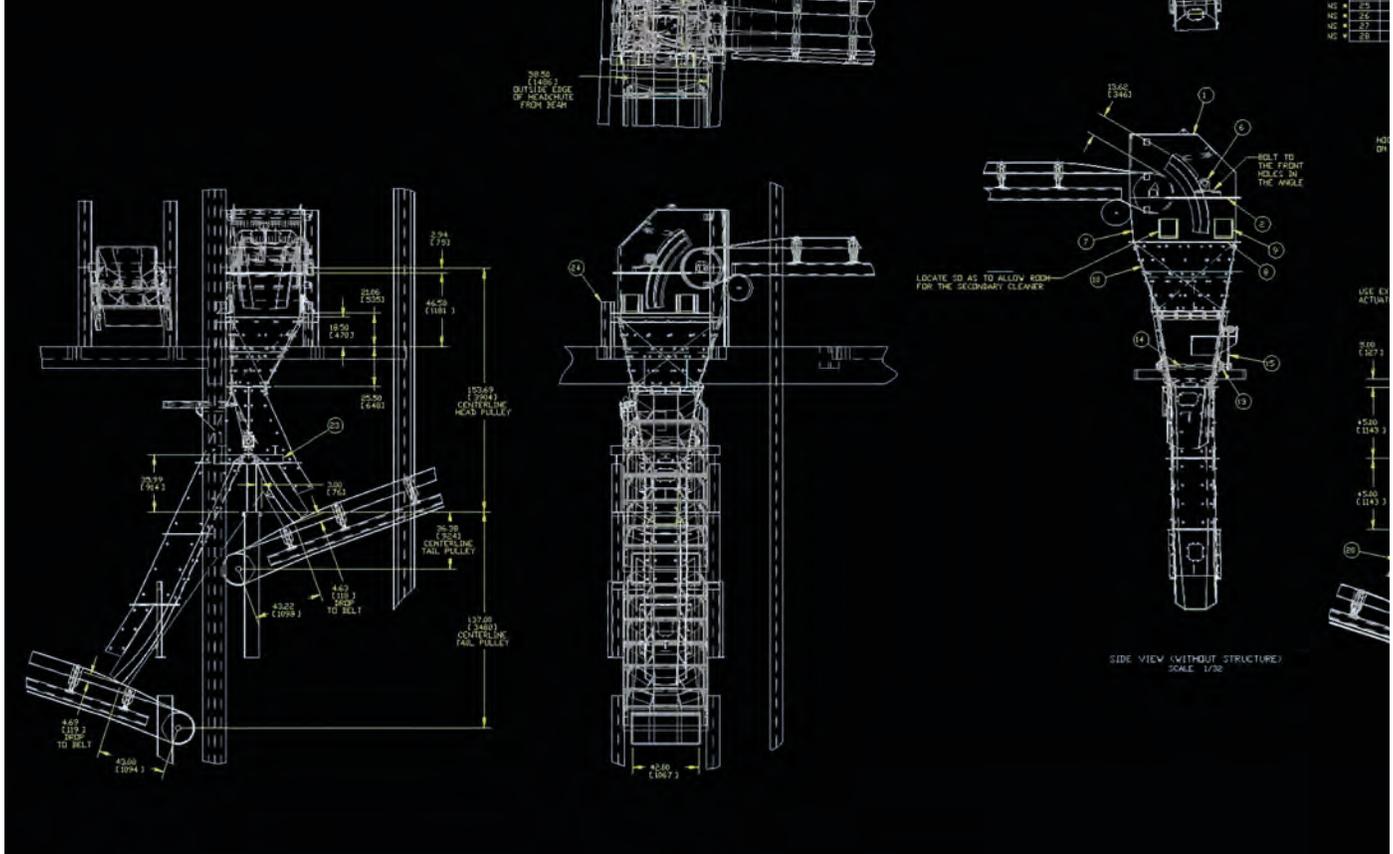
A transferência de forma arbitrária dos custos de capital para os orçamentos de manutenção e operações produz um design em função do orçamento, e não um design baseado no conceito **Production Done Safely™**.

Infelizmente, muitos gestores/responsáveis por projetos não estão dispostos a financiar os custos de um projeto inicial adequado e, assim, acabam obtendo menos produção e lucro do que o esperado. O que o responsável compra em vez disso é um design marginal com significativo risco de sofrer problemas como o escrutínio da legislação, disponibilidade reduzida do transportador, acidentes, ferimentos e geralmente de baixo nível de quantidade e qualidade de trabalho.

Seria muito melhor comprar, projetar, construir e operar um sistema transportador expansível, uma vez que esse sistema permitiria que a operação faça uso do conceito **Production Done Safely™** e, dessa forma, alcance suas metas de produção e rentabilidade.







Capítulo 32 Especificações para transportadores mais limpos, seguros e produtivos

INTRODUÇÃO	481
Hierarquia de design.....	482
Objetivos da hierarquia	483
Considerações sobre especificações	483
CONCLUSÕES	504

INTRODUÇÃO O objetivo do design

O design é o processo de desenvolvimento de um conjunto de documentos que detalham as especificações, desenhos e procedimentos de um sistema de componentes. Esses documentos permitem que o sistema que será fabricado, instalado, operado, mantido e eliminado, atenderá, de forma segura e confiável, aos requisitos de boa relação custo/benefício exigidos pelo cliente final.

O trabalho de um projetista é produzir um design que funcione bem e esteja em conformidade com todos os requisitos do comprador, bem como com as exigências regulamentares. Esse processo exige compromisso e critérios. O resultado do processo de design depende da análise quantitativa e qualitativa do projetista. Portanto, a experiência e o conhecimento do projetista causam grande impacto no resultado. Um design exitoso requer muitos trade-offs

entre forma e função. O resultado desse processo nunca ou raramente é uma solução perfeita.

Hierarquia de design

Há um aforismo no mundo dos negócios que diz: "É possível ter dois dos seguintes elementos: baixo custo, manutenção rápida, alta qualidade. Mas não pode ter os três ao mesmo tempo".

É preciso fazer a seguinte escolha: Qual dessas características tem mais prioridade e o que deve ser sacrificado para se obter o melhor resultado? Basicamente, isso requer a definição de uma hierarquia de design.

Uma hierarquia de design é uma ferramenta útil para classificar as opções quanto à viabilidade, desenvolvimento do conceito, especificação e processos de design.

Ao projetar um sistema ou componente para que seja seguro, limpo e produtivo, o projetista do transportador deve pesar as decisões de design com base na seguinte hierarquia:

1. **Production Done Safely™**
2. Boa relação custo/benefício
3. Capacidade de expansão

A função primordial do sistema transportador é entregar a capacidade de produção solicitada, mas a interpretação moderna dessa regra é que a produção deve ser realizada de forma a considerar a segurança igualmente importante à capacidade, caso contrário, não será realmente produtiva. Os custos são simplesmente muito altos e a redução da velocidade é muito frequente para que uma operação seja realmente produtiva face a acidentes e incidentes.

Tradicionalmente, os transportadores são comprados como mercadoria com base no preço usando 100 por cento de carga e com a mínima consideração dada às técnicas e detalhes de design que permitem que operem

de forma mais limpa, segura e produtiva.

Os transportadores comprados com base no menor preço raramente são seguros, limpos e produtivos.

O preço não deveria ser o principal critério de decisão ao adquirir um sistema transportador. De fato, a consideração mais importante deveria ser o custo do ciclo de vida do sistema. Ele tem como base os custos diretos (preço, função, tempo médio até a falha e manutenção) e os custos indiretos (saúde e segurança, ambiental e regulatório).

Normalmente, a expansão do transportador é vista como um aumento da capacidade, ou seja, aumentar o volume de material movimentado. Na verdade, pouquíssimos projetos de expansão da capacidade alcançam seus objetivos, porque a necessidade de aumento na produção não pode ser alcançada com as limitações físicas previamente projetadas no sistema. Antecipar futuras expansões de capacidade deve ser identificado e levado em consideração nas etapas de design conceitual e viabilidade.

Algumas áreas e zonas do transportador são mais problemáticas que outras. Essas áreas são, em geral, as zonas traseiras, de carga, de descarga e de tensionadores. Para cada operação ou transportador específico, esses pontos problemáticos podem ser identificados por seus custos de manutenção e a frequência de incidentes e ferimentos.

É difícil prever onde os problemas operacionais e de manutenção surgirão. Portanto, o design deve antecipar essas questões "típicas" de forma que permita expandir componentes nessas áreas para resolver problemas quando e onde eventualmente surjam. Esses problemas ainda imprevistos não precisam ser solucionados na etapa de design. No entanto, o design deve se permitir ser modificado e expandido a um custo razoável naquelas áreas que apresentem problemas, ou seja, sem custos excessivos, sem tempo de inatividade proibitivo e sem desgastes.

Objetivos da hierarquia

Production Done Safely™

1. Funcionalidade: O projeto deve realizar de forma confiável o objetivo manifesto e a capacidade.
2. Segurança: O projeto deve exceder todos os códigos, regulamentos e normas locais e utilizar as melhores práticas da indústria em relação aos requisitos de segurança e às exigências estruturais e ambientais.
3. Limpeza: O design deve minimizar a geração e conter a liberação de materiais fugitivos.
4. Facilidade de manutenção: O design deve ser fácil de manutenção.

Boa relação custo/benefício

1. Padronização: O design deve fazer uso de componentes padronizados e substituíveis de acordo com a capacidade apropriada sempre que possível.
2. Custos: O preço não deve ser o principal critério nas especificações de componentes.
3. Custos de propriedade: O projeto deve realizar sua função a um custo do ciclo de vida aceitável.

Capacidade de expansão

1. Capacidade de aprimoramento: O design deve permitir a expansão para melhorar a segurança, a limpeza e a produtividade.
2. Acesso: Espaço e acesso adequado para expandir componentes e aumentar a confiabilidade ou função devem ser considerados no design.
3. Planejamento: Se um aumento da capacidade precisar ser feito durante a vida útil do transportador, isso deverá ser especificado pelo proprietário. O design do

transportador e o layout físico devem incluir detalhes de design e layout que permitam o aumento da capacidade com um impacto benéfico aceitável no ciclo de vida.

Considerações sobre especificações

Como os transportadores possuem um número infinito de configurações e funções, não é prático oferecer uma especificação detalhada que cubra todas as situações possíveis. É melhor que os conceitos e requisitos que contribuem para que o transportador esteja seguro, limpo e produtivo se encontrem relacionados em um formulário. Esses pontos a serem levados em consideração podem ser usados pelo projetista como orientações gerais, em conjunto com a especificação detalhada do cliente emitida com a Solicitação de proposta (RFP).

Quaisquer especificações que cite "conforme recomendado pela CEMA" se referem às informações de 2014 publicadas pela entidade Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA, Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores) em *Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição*.

Qualquer especificação de design que mencione a distância de transição e a distância da borda padrão deve consultar a norma *DIN 22101 Continuous Conveyors – Belt Conveyors For Loose Bulk Materials – Basis For Calculation And Dimensioning*.

As especificações dos roletes de transportadores são encontradas pelas normas *CEMA 502 – Bulk Material Belt Conveyor Troughing and Return Idlers – Selection and Dimensions* ou *DIN 15207 – Continuous mechanical handling equipment – Idlers for belt conveyors handling loose bulk materials – Main dimensions*.

Considerações sobre transportadores

1. Estudo de viabilidade
2. Desenvolvimento do conceito
3. Características dos materiais a granel
4. Zonas traseiras e de transição
5. Zona de carga
 - A. Centro de carga
 - B. Calha-guia
 - C. Vedação
 - D. Controle passivo de pó
 - E. Controle ativo de pó
 - F. Auxiliares de fluxo
 - G. Acesso
 - H. Proteções
6. Zona de carregamento
7. Zonas de descarga
8. Sensores e controles
9. Manutenção

1. Estudo de viabilidade

As considerações sobre design e componentes de um sistema transportador limpo, seguro e produtivo são muitas vezes ignoradas na fase de estudo de viabilidade, mas podem oferecer importante contribuição no retorno do investimento. As recomendações desta seção devem ser incluídas como complemento da que é considerada a clássica metodologia de estudo de viabilidade.

Os custos de engenharia, aquisição, construção e operação de sistemas transportadores de materiais a granel são normalmente incluídos em uma avaliação do projeto proposto para determinar se um material a granel pode ser extraído ou processado de forma economicamente viável. Existem três tipos de estudos de viabilidade clássica usados na avaliação de grandes projetos que incorporam transportadores de materiais a granel: Ordem de magnitude da viabilidade, viabilidade preliminar e viabilidade detalhada.

Ordem de magnitude da viabilidade

Os estudos sobre a ordem de magnitude da viabilidade (às vezes chamados de "estudos preliminares") são uma avaliação financeira inicial de um suposto recurso mineral. Eles envolvem um plano de mineração preliminar que inclui transportadores e as principais peças dos equipamentos do processo e são a base para determinar se vale a pena prosseguir com um programa de exploração e engenharia mais detalhado. Os estudos sobre a ordem de magnitude são desenvolvidos com os custos conhecidos de factoring e planos de projetos existentes, concluídos em outro lugar, com uma precisão aproximada de 40 a 50 por cento.

Viabilidade preliminar

Um estudo de viabilidade preliminar é mais detalhado que os estudos sobre a ordem de magnitude. Um estudo de viabilidade preliminar é usado tanto no levantamento de dados para determinar se é preciso continuar com um estudo de viabilidade detalhada quanto como uma "verificação da realidade" para determinar as áreas do projeto que requerem mais atenção. Os estudos de viabilidade preliminar são feitos pela fatoração dos custos unitários conhecidos e pela estimativa das dimensões ou quantidades brutas, uma vez concluídos os processos de engenharia preliminar e conceitual e o projeto da mina. Os estudos de viabilidade preliminar são realizados por pequenos grupos multidisciplinares de técnicos e possuem uma precisão aproximada de 20 a 30 por cento.

Viabilidade detalhada

Os estudos de viabilidade detalhada são os mais detalhados e determinarão definitivamente se o projeto deve continuar. Um estudo de viabilidade detalhada será a base da apropriação de capital e fornecerá os valores do orçamento do projeto. Os estudos de viabilidade detalhada requerem uma quantidade significativa de trabalho formal de engenharia e apresentam uma precisão

aproximada de 10 a 15 por cento.

A engenharia formal pode custar entre meio e um e meio por cento do custo total estimado do projeto.

1.1 Abordagem da análise financeira

Valor presente líquido (VPL)

O Valor presente líquido é o método preferido de avaliação de um projeto que tenha uma vida superior a um ano. Há duas razões para isso. Uma delas é que o VPL considera o valor do tempo do dinheiro, traduzindo o fluxo de caixa futuro em valores atuais. A segunda é que ele fornece um número concreto que pode facilmente ser usado para comparar uma despesa inicial com o valor presente do retorno. Ao olhar para todos os investimentos e custos em termos de valores atuais, a gestão pode comparar vários pressupostos e opções para decidir se o projeto vale a pena.

Ao comparar vários designs e decidir qual deles adquirir, normalmente há duas opções disponíveis: Retorno do investimento (ROI) e o Valor presente líquido (VPL). O Valor presente líquido é o valor presente dos fluxos de caixa de acordo com a taxa de retorno exigida de um projeto em comparação com o investimento inicial. As desvantagens do método de Valor presente líquido são as imprecisões envolvidas ao estimar os custos operacionais e de manutenção futuros e ao determinar qual valor do tempo do dinheiro, também chamado de taxa de desconto, usar.

Para construir uma análise de Valor presente líquido a fim de comparar diferentes opções de design do transportador, uma análise precisa dispor do custo inicial do transportador, dos custos anuais de manutenção e operação ao longo da vida do transportador e do custo do dinheiro. Muitas empresas olham para o custo dos transportes de mercadorias em unidades, tais como centavos por tonelada/milha [km] transportada. A análise de VPL se presta a essa abordagem.

A maioria das empresas tem um custo do dinheiro estabelecido (a taxa interna de

retorno exigida ou custo do capital), utilizado para a revisão de projetos, muitas vezes, expressa como uma taxa de juros. O custo do dinheiro para uma empresa é com frequência significativamente maior do que a atual taxa prime do banco, dado que as fontes de dinheiro (empréstimos e/ou vender ações e/ou lucros) e os riscos do investimento são geralmente mais elevados para uma empresa do que o risco de um banco ao emprestar a taxa prime.

1.2 Custos dos componentes

Custo do ciclo de vida útil

O custo do ciclo de vida útil utiliza a abordagem de VPL para comparar o preço inicial de um componente ao custo total do componente durante a sua vida útil.

A análise do retorno financeiro do projeto deve ter como base o custo do ciclo de vida útil dos componentes do transportador. Em vez de apenas comparar preços iniciais de compra, o custo do componente ao longo do tempo deve incluir o preço inicial mais o custo dos problemas de manutenção e operação durante a vida útil esperada do componente. Muitas vezes, um componente mais caro, com base no preço de compra, será mais barato quando adotado o custo do ciclo de vida útil total.

Para elaborar uma comparação dos custos de ciclo de vida útil, um analista precisará dos preços dos componentes que serão comparados, dos custos de instalação, dos custos de manutenção, dos valores das opções de recuperação e de suas vidas úteis esperadas. Um cálculo de VPL pode então ser feito para comparar os componentes. As mesmas limitações se aplicam a esse método, principalmente a dificuldade em obter estimativas razoáveis dos custos de manutenção e da vida útil dos componentes.

1.3 Custos intangíveis

Valor da vida estatística

Tudo aquilo que tenha importância pode e deve ser avaliado e incluído na análise

financeira do projeto. Há uma crença geral de que muitos dos fatores intangíveis que influenciam o retorno do investimento de um projeto não podem ser quantificados. Esses fatores são segurança, saúde e moral.

O valor da vida estatística é um método para identificar quanto uma empresa ou indivíduo pode gastar para melhorar aqueles aspectos de segurança do projeto que são difíceis de medir (intangíveis).

Está bem estabelecido que a maneira mais eficaz para se identificar e corrigir problemas é no processo de design. Ao incluir os retornos positivos dos custos intangíveis, é óbvia a justificativa da antecipação dos gastos com especificações e designs que melhoram a limpeza, segurança e produtividade.

Ao perguntar quanto uma empresa está disposta a gastar para melhorar a segurança, ou a saúde ou moral no longo prazo, e ao conhecer a probabilidade de ocorrência de um incidente, a gestão poderá calcular a quantidade adicional de investimento que pode ser feita. Como esses custos e retornos há muito tempo são considerados não quantificáveis, os números são geralmente surpreendentes. Obter apenas uma pequena porcentagem das economias previstas permitirá colher grandes benefícios.

1.4 Custos de capital

Custos de capital diferidos

O custo de capital de um projeto é geralmente definido nos anos da etapa de viabilidade detalhada antes de se concluir os designs e as especificações finais. Novos problemas e questões de design invariavelmente surgirão durante o processo de especificação e design detalhado, mas os proprietários hesitam em rever o orçamento. O que normalmente se faz é prometer corrigir os problemas posteriormente, em geral, com o sistema já instalado. No entanto, os gestores corporativos geralmente têm memória curta e raramente incluem os fundos necessários nos orçamentos de operação e manutenção para fazer as mudanças adiadas.

Diferir os custos de capital para a etapa de operação e manutenção a fim de se adequar às restrições do orçamento original de capital é um dos principais motivos pelos quais as transferências estimadas de um projeto são raramente alcançadas.

Após a construção, os orçamentos operacionais são inevitavelmente comprimidos, e os montantes adiados raramente são disponibilizados. A prática de diferir os custos de capital considerando-os custos operacionais deve ser descontinuada porque o fracasso para financiar adequadamente os custos de capital tem um impacto direto sobre a segurança, limpeza e produtividade.

1.5 Custos de manutenção e limpeza

Estimativa de custos de manutenção

Normalmente, o nível de funcionários de manutenção é baseado no tempo médio entre falhas (MTBF) e no tempo médio de reparo (MTTR) das principais peças do equipamento ou no critério de horas L_{10} dos rolamentos. A suposição é que entre incidentes, a equipe de manutenção será suficiente para reparar todos os componentes menores e sistemas secundários. Essa abordagem subestima dramaticamente as exigências típicas de manutenção para se alcançar um sistema transportador limpo, seguro e produtivo. Ela promove uma mentalidade que visa "tratar o sintoma" e restabelecer a produção, e não uma prática comprovada de manutenção para identificar e corrigir as causas.

Muitos componentes de transportadores têm vida útil curta devido à liberação de materiais fugitivos e/ou danos não relacionados ao desgaste normal. Não alocar recursos humanos e não treinar o departamento de manutenção adequadamente resultará em uma redução da vida útil dos componentes do transportador de aproximadamente 30 a 50 por cento. Alocação inadequada de recursos humanos e treinamento da equipe de manutenção é uma das cinco principais causas de acidentes e paradas não planejadas.

1.5.1 Exigências quanto ao número de funcionários dedicados à manutenção

- Gerente de manutenção – mínimo um.
- Supervisor/encarregado – um a cada 6.000 metros [≈20.000 pés] do transportador.
- Mecânicos – sete a cada 15.000 metros [≈50.000 pés] do transportador; ou dois mecânicos a cada quatro pontos de transferência. (No mínimo dois).
- Eletricista – no mínimo um.
- Inspetor/planejador – um a cada 25 pontos de transferência ou 10 por cento da força de trabalho qualificada (manutenção). No mínimo um.

1.5.2 Substituição antecipada das peças dos componentes do transportador

- Roletes de carga – a cada intervalo de 3,5 a 7 anos.
- Roletes de retorno – a cada 2 intervalos de ,5 a 5 anos.
- Vida útil da emenda da correia – com base em revoluções completas da correia (ciclos).
- Fixadores mecânicos/Correia multicamadas – 15.000 ciclos.
 - Emendas vulcanizadas/Correia multicamadas – 200.000 ciclos.
 - Emendas vulcanizadas/Correia de cabo de aço – 500.000 ciclos.
 - Correias alimentadoras – a cada intervalo de 6 a 12 meses.
- Correias sujeitas a fragmentos grandes e a forte impacto – a cada intervalo de 1 a 2 anos.
- Correias para manuseio de materiais relativamente grandes com impacto moderado – a cada intervalo de 3 a 5 anos.
- Correias especiais (alta temperatura, resistente a produtos químicos etc.) – a cada intervalo de 1 a 2 anos.

1.5.3 Exigências quanto ao número de funcionários dedicados à limpeza

A limpeza das proximidades dos transportadores é necessária independentemente da qualidade do design ou nível de manutenção. O número adequado de funcionários de manutenção reduzirá as exigências de limpeza significativamente. Se adequadamente formada, orçada e bem gerida, a manutenção pode reduzir as necessidades de trabalho de limpeza em 80 por cento. Composições em que os funcionários da limpeza não estão submetidos ao departamento de manutenção resultam na ausência de prestação de contas e promovem atrito entre os departamentos. Portanto, é sensato fazer com que a equipe de limpeza faça parte da equipe de manutenção.

No artigo *Measurement & Control of Spillage & Leakage at Conveyor Transfer Points*, apresentado no evento International Materials Handling Conference (Beltcon 4, Conferência Internacional sobre Manuseio de Materiais) em 1987, Todd Swinderman relatou a necessidade média de 0,016 hora de trabalho de limpeza manual por tonelada no manuseio de materiais a granel. Esse artigo também indica que a taxa média de limpeza manual, por meio de remoção com pá, é de 0,5 a 1 tonelada por hora.

Para estimar as exigências de limpeza em horas de trabalho do projeto de transportador sugerido, multiplique as toneladas a serem manuseadas anualmente pelo fator especificado abaixo.

- Minas/concentradores/
plantas de calcário 0,0250
- Fundação 0,0130
- Carvão 0,0260
- Coque 0,0300
- Celulose e papel 0,0240
- Cimento 0,0060
- Produtos químicos/fertilizantes 0,0110



Ao menos um trabalhador dedicado à limpeza manual é necessário a cada 500 metros [≈ 1.650 pés] em transportadores de correia.

2. Desenvolvimento do conceito

2.1 Use conceitos de planejamento urbano e industrial no layout da planta.

- Considere padrões de tráfego separados para equipamentos móveis, acesso à manutenção e tráfego de pedestres.
- Considere a localização das instalações contra incêndio e de resgate, a localização das instalações de suporte e de estações de fornecimento.
- Considere os efeitos da futura expansão de capacidade e as construções associadas.

2.2 Minimize o número de pontos de transferência.

2.3 Investigue sobre layouts alternativos para minimizar o número de transportadores com descargas multidirecionais ou pontos de transferência em movimento.

2.4 Minimize o número de transportadores reversíveis.

Quando houver especificação de transportadores reversíveis, escolha transmissões com embreagens em ambas as polias terminais. Evite transmissões centrais em transportadores reversíveis.

2.5 Projete transportadores de forma que não se inclinem mais do que 5° no ponto de carga para evitar deslizamento do material. Na parte inclinada, use curvas verticais com um raio mínimo de acordo com os métodos de cálculo da CEMA ou do Instituto Alemão para Normalização (DIN). Isso é especialmente importante onde exista precipitação pesada ou

quando a forma do material a granel tenda a rolar pelo transportador.

2.6 A capacidade do transportador deve ser calculada de acordo com as recomendações da CEMA em relação à velocidade e largura da correia, e de acordo com a norma DIN em relação à borda da correia. A capacidade de carga deve ser reduzida de acordo com as recomendações da CEMA a um nível inferior ao valor teórico de 100 por cento da norma de carga entre seções transversais. A CEMA recomenda reduzir a 85 por cento da capacidade da norma para a maioria dos materiais e a 80 por cento para materiais difíceis de manusear ou em pó.

2.7 É quase certo que, ao longo da vida útil da planta ou mina, haverá o desejo de ampliar a capacidade.

Isso deve ser discutido com o proprietário durante a etapa de viabilidade e a resposta, documentada. O impacto de futuros aumentos na capacidade do sistema e do processo deve ser incluído no desenvolvimento do conceito.

Significativas questões operacionais, de manutenção, de limpeza e de saúde e segurança surgem quando se tenta aumentar a capacidade simplesmente aumentando a velocidade da correia. Pode haver aumento significativo do custo, na ordem de 25 a 100 por cento, se a adaptação da ampliação não for planejada durante a etapa do conceito original.

No mínimo, a capacidade de modificar os padrões de fluxo do chute e as calhas-guia, bem como a de usar roletes de base larga devem sempre fazer parte do design conceitual. Essas mudanças permitirão futuras expansões de capacidade com boa relação custo/benefício ao modificar a largura e/ou a velocidade da correia, e/ou o ângulo côncavo da correia.

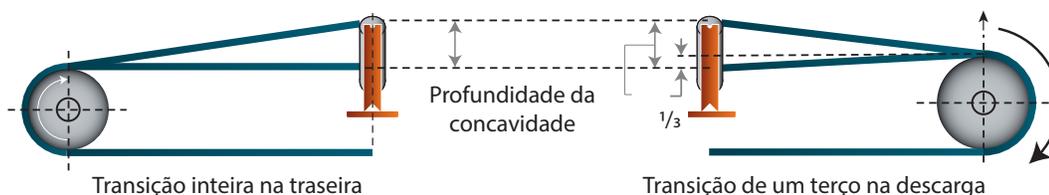


Figura 32.1.

Usar as distâncias de transição corretas na cabeça e na traseira do transportador garantirá a inclinação apropriada da correia e reduzirá problemas futuros.

2.7.1 Potencial de aumento da capacidade, dado a constância do material, da velocidade da correia e largura da correia:

- Alteração de roletes de 20° para 35° = aumento da capacidade em 27 por cento.
- Alteração de roletes de 35° para 45° = aumento da capacidade em 8 por cento.
- Aumento da largura de uma correia (padrão), com ângulo côncavo constante = aumento da capacidade em 28 por cento.
- Aumento da largura de uma correia de

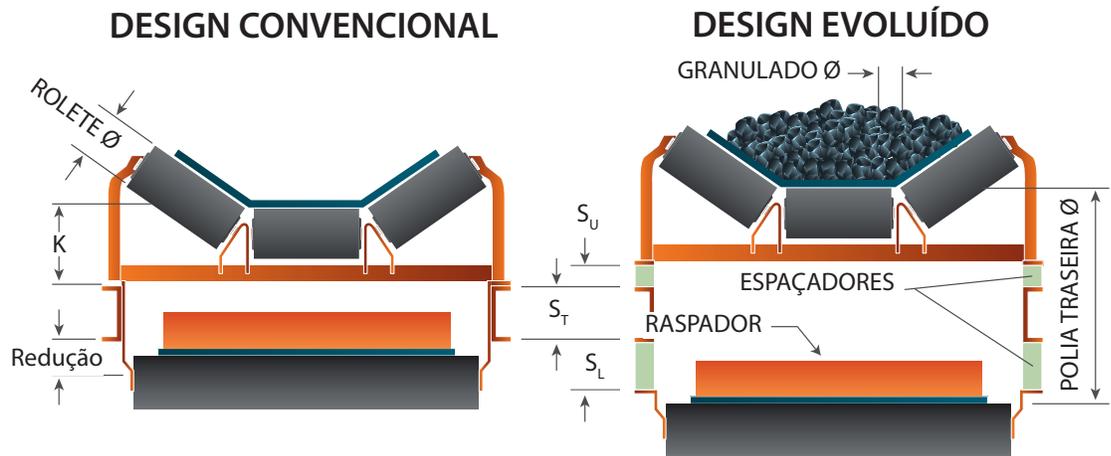
6 polegadas [≈150 mm] e alteração da angulação de 20° para 45° = aumento da capacidade em 75 por cento.

Por exemplo: instalar roletes de base larga de 48 pol. [1.200 mm] a 20° e logo trocar por roletes padrão de 54 pol. [≈1.400 mm] a 45° na estrutura existente de base larga de 48 polegadas.

Valores com base na publicação *CEMA Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição*, Tabelas de 4.42 a 4.44, 100% da capacidade CEMA a 20° de sobrecarga.

Figura 32.2.

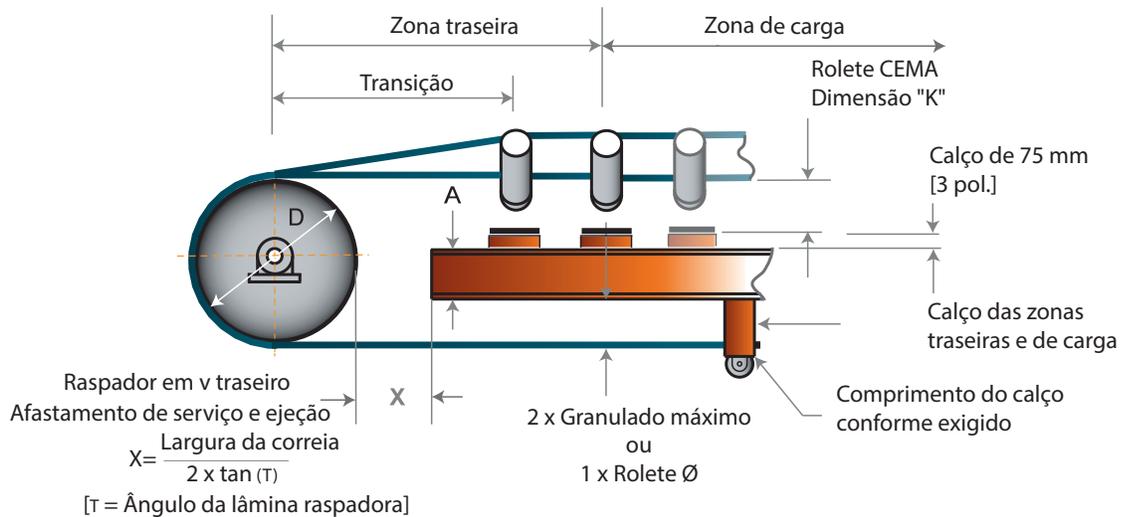
A diferença entre um transportador comprado em função do preço (à esquerda) e um transportador com uma polia traseira maior e roletes elevados para melhorar a limpeza (à direita).



Diâmetro da polia traseira EVO, $\varnothing \sim K + \text{Redução} + S_U + S_T + S_L$
 Em que, o S_U sugerido de 25 a 75 mm, S_T na Profundidade da lateral e:
 S_L é o maior valor entre o Rolete \varnothing ou duas vezes o Granulado \varnothing

Figura 32.3.

Usar uma polia traseira de tamanho maior do que o mínimo exigido pela correia fornecerá mais espaço para a instalação e manutenção de componentes, tais como raspadores em v e mesas de impacto.



Diâmetro da polia traseira = Trama da estrutura (A) + Altura do rolo central do rolete (K) + [2 x Granulado ou Rolete \varnothing] + 75 mm

3. Características dos materiais a granel

Identificar e classificar o material a granel que será manuseado é fundamental para se obter um transportador limpo, seguro e produtivo. É muito comum que o consumidor final altere as especificações do material a granel depois de o design do transportador ter sido finalizado, o que impossibilita que o sistema possa alcançar os requisitos de capacidade ou disponibilidade. Isso muitas vezes resulta em disputas sobre o desempenho do sistema. A garantia do sistema deve indicar claramente, ao menos, as escalas das características do material a granel identificadas abaixo, e não se responsabilizar pelas garantias de desempenho quando o material não estiver compreendido nos limites especificados.

- Escala de densidade do material a granel transportado e solto.
- Escala de umidade livre.
- Escala dos ângulos de repouso e sobrecarga.
- Escala de tamanho do granulado.
- Escala de distribuição de tamanho da partícula.
- Escalas dos ângulos de fricção dos fatores de fricção da parede (revestimentos e chutes), internos e de superfície (componentes/acessórios em contato com a correia).

- Escala da tensão de aderência entre o material a granel e as superfícies com as quais entra em contato e a tensão de coesão do material a granel.
- Use a norma CEMA 550 para especificar as características adicionais, como materiais abrasivos ou perigosos.

4. Zonas traseiras e de transição

O design apropriado da traseira garante que a correia fique centralizada e de acordo com a configuração do rolete e da concavidade conforme entra na zona de carga. Isso minimizará problemas futuros, incluindo derramamentos e danos na correia. Para melhorar o desempenho e a vida útil da correia, tanto a CEMA quanto o DIN recomendam uma transição inteira na traseira e uma de até um terço para a descarga. (Figura 32.1.)

4.1 Calcule a distância de transição necessária usando as tabelas da norma DIN 22101, em vez de usar tabelas de "consulta".

4.2 Siga as recomendações da CEMA para a distância de transição de inclinação total na extremidade de carga de um transportador.

4.3 Siga as recomendações da CEMA para inclinações de não mais de um terço na descarga do transportador.

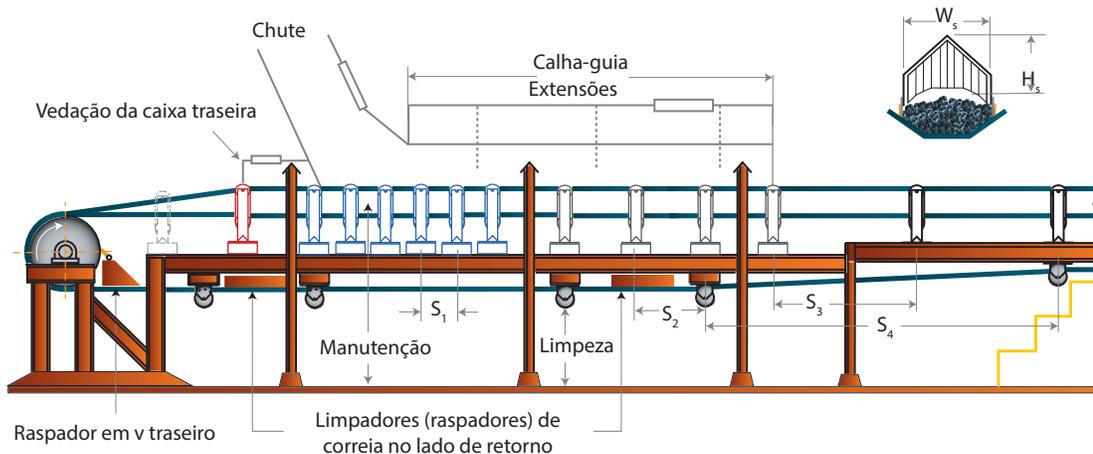


Figura 32.4.

Estrutura traseira e zona de carga projetada para limpeza, manutenção e controle de pó.

Proteção não mostrada.

4.4 Considere eliminar os roletes de transição na zona traseira dado que eles raramente oferecem suporte à correia e são mais caros que os roletes padrão.

Fora da zona de carga, retorne ao design convencional com roletes montados na estrutura da correia sem calços. Na zona de carga, calce os roletes para fins de adaptação ou ampliação. (**Figura 32.2.**)

4.5 Inicie a carga após o segundo rolete de inclinação total. Não carregue o material na zona traseira enquanto a correia estiver em transição.

4.6 Especifique uma polia traseira maior do que a polia de diâmetro mínimo compatível com a correia especificada.

Selecione o maior diâmetro da polia traseira com base nos seguintes critérios:

- 1) O diâmetro exigido pela norma ANSI/CEMA B105.1 com base em 100% dos módulos da correia.
- 2) Ao menos o diâmetro mínimo recomendado pelo fabricante da correia para uma tensão de 100% do módulo da correia e um fator recomendado da segurança da emenda:
- 3) O espaço necessário entre as partes superior e inferior do curso da correia para os acessórios, como raspadores da correia, raspadores de proteção e mesas de impacto. (**Figura 32.3.**)

4.7 Considere os uso de uma polia traseira retrasada para melhorar o alinhamento em ambientes molhados.

4.8 Evite o uso de polias traseiras aletadas; se necessário, use polias aletadas involucradas ou no estilo chevron. A velocidade máxima da correia com polias traseiras aletadas de acordo com a CEMA é de 450 pés por minuto [$\approx 2,3$ m/s].

4.9 Na estrutura de design, considere os afastamentos da zona de carga para garantir o encaixe dos raspadores da correia e outros acessórios comuns da zona de carga.

4.10 Considere um limpador em v na polia traseira.

4.11 Coloque o suporte da polia traseira de forma que o raspador em v traseiro possa ejetar os fragmentos maiores ou um rolete de inclinação que eventualmente caia. O afastamento da parte inferior da estrutura da correia até o chão deve ser 2 vezes maior que o maior dos fragmentos ou que o diâmetro do rolete.

4.12 Pavimente a área nas proximidades da polia traseira e as áreas de transição para facilitar a limpeza.

4.13 Proporcione estações de fornecimento, como eletricidade, ar comprimido e cárter ou dreno, próximos da traseira para limpeza e manutenção.

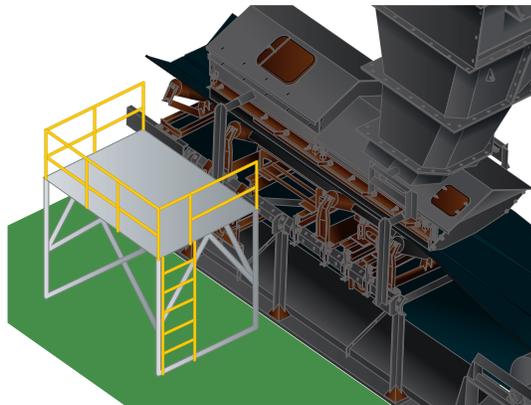
4.14 Proporcione proteção contra intempéries em toda a área desde a polia traseira até a extremidade do chute de carga.

5. Zona de carga

Carregar adequadamente o material em uma correia transportadora pode aumentar significativamente a vida útil da correia e de outros componentes, assim como reduzir o material fugitivo, as necessidades de manutenção e os riscos de ferimentos. (**Figura 32.4.**)

Figura 32.5.

O uso da plataforma de trabalho portátil pode eliminar a necessidade de escadas ou passarelas permanentes nas zonas de carga do transportador.



5.1 Inclua vedação da caixa traseira para proteger a região do alto impacto e da pressão do ar na base do chute e na superfície de recepção da correia. Estenda os revestimentos de desgaste e vedações da calha-guia ao longo da caixa traseira.

5.2 Siga as diretrizes da CEMA em relação às zonas de acesso e zonas livres de dutos/tubulação. Consulte *Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição*, Tabela 2.28 e Figuras de 2.29 a 2.35.

5.3 Carregue com o transportador de recebimento na posição mais horizontal possível para reduzir o retorno do material e a redução da capacidade.

A capacidade do transportador é reduzida ao ser carregado de forma inclinada dada a redução do ângulo de sobrecarga eficaz à medida que o cosseno do transportador se inclina. Particularmente em temporadas de chuvas fortes ou quando o formato do material a granel tende a rolar para trás, carregar a menos de 5° ajuda a controlar o retorno do material e a resolver o derramamento de material e entupimento do chute.

5.4 Não inicie o carregamento até que o segundo rolete fique totalmente inclinado.

5.5 Considere utilizar softwares de design de chutes com o Método dos elementos discretos (DEM) para confirmar que as dimensões do chute não causem entupimento, mas sejam capazes de centralizar a carga no curso da correia com

uma velocidade o mais próximo possível da velocidade da correia.

5.6 O espaçamento entre roletes na zona de carga deve ser projetado para limitar a retração da correia a 1% ou menos e organizado em matrizes comuns que considerem futuras expansões para usar suporte de vedação e as mesas de impacto.

S_1 – O espaçamento entre roletes diretamente na região de impacto não deve ser superior a 300 milímetros [≈12 pol.]

S_2 – O espaçamento entre roletes embaixo das calhas-guia, mas fora da área de impacto direto, deve ter como base a retração máxima da correia permitida de 1 por cento. O espaçamento de 600 milímetros [≈24 pol.] é comum.

S_3 – O espaçamento entre roletes passada a seção da calha deve ser determinado pela especificação geral de retração da correia, mas não superior a 3 por cento. O espaçamento de 1.200 a 1.500 milímetros [≈48 a 60 pol.] é comum.

S_4 – O espaçamento do rolete de retorno tem como base o rolete de carga, a mitigação da carga e dinâmica (vibração da correia) do rolete. O espaçamento típico é de 3 metros [≈10 pés], com furos de fixação pré-perfurados e espaçados para mudar o local do rolete de retorno, se for preciso para solucionar a vibração da correia depois do início.

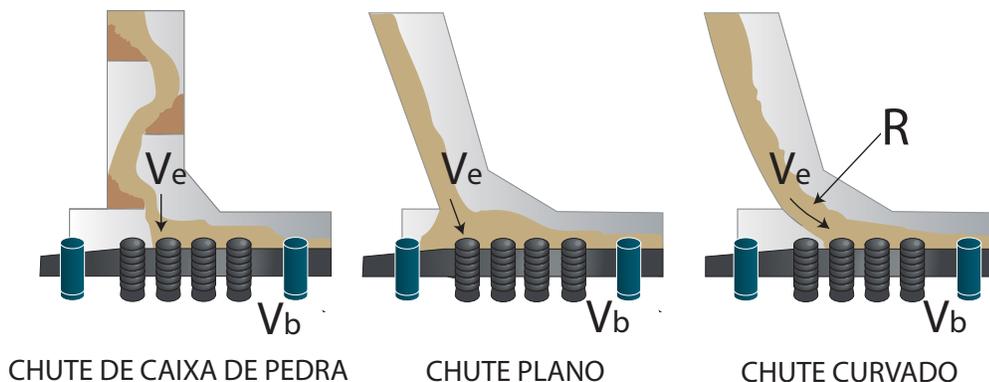


Figura 32.6.

O design do chute de carga afeta a trajetória do material, que por sua vez afeta as taxas de desgaste da correia.

5.7 A seleção do rolete deve ter como base a norma *CEMA 502: Bulk Material Belt Conveyor Troughing and Return Idlers – Selection and Dimensions* ou *DIN 15207 – Continuous mechanical handling equipment – Idlers for belt conveyors handling loose bulk materials – Main dimensions*.

5.7.1 Os roletes sob a zona de carga geralmente exigem substituição mais frequente que os de outros lugares. As localizações S1 e S2 dos roletes devem ser projetadas de forma que estes possam ser removidos e substituídos sem precisar mover os roletes adjacentes. Soluções típicas procuram estabelecer suportes de extremidade e roletes segmentados individualmente em um sistema de guia.

5.8 A estrutura do transportador deve ser a prova de acúmulos e projetada com a possibilidade de ampliar a capacidade dos componentes por meio do uso de uma polia traseira maior, além de disposições e afastamentos estruturais.

5.8.1 As barras cruzadas devem ser instaladas na cantoneira apontando para cima.

5.8.2 As estruturas de canais devem ser instaladas com as pernas para fora para facilitar a limpeza e melhorar o acesso dos parafusos de montagem de componentes.

5.8.3 As placas de cobertura da calha-guia ou as plataformas do deck (se houver) devem ser inclinadas para minimizar o acúmulo de material.

5.8.4 Instale superfícies inclinadas nas vigas como placas contra pó para reduzir o acúmulo de material.

5.8.5 Proteja as placas estruturais contra a corrosão e danos colocando-as em plataformas elevadas.

5.9 Limpadores (raspadores) de correia no lado de retorno normalmente devem ter um design em "V" de 45 para correias

unidirecionais e raspadores diagonais de 45 graus para correias reversíveis.

5.9.1 Instale um limpador de correia no lado de retorno da área embaixo da caixa traseira.

5.9.2 Um segundo limpador de correia no lado de retorno pode ser instalado na área embaixo da extremidade de descarga das calhas-guia.

5.9.3 Instale roletes de retorno ou barras de deslize para dar suporte à correia embaixo dos limpadores (raspadores) de correia no lado de retorno para melhorar o desempenho da limpeza.

5.9.4 Considere o controle e a coleta do material removido da correia pelo raspador. Forneça acesso que permita fácil inspeção e manutenção.

Observação: Com correias reversíveis, o material limpo por raspadores reversíveis descarregarão em ambos os lados, dependendo do sentido da correia.

5.10 Sabe-se que a área da zona de carga é fonte de grande parte dos materiais fugitivos. Colocar degraus e passarelas nessa área favorece deslizamentos, tropeços e quedas. Em geral, as únicas razões pelas quais as pessoas precisam acessar a área são para fornecer limpeza e manutenção.

5.10.1 A altura da zona de carga em relação ao piso deve ser estabelecida devido à necessidade de limpeza com segurança da parte de baixo da zona de carga enquanto a correia permanece em operação. Uma consideração secundária, com base na frequência da atividade, se refere ao acesso para fins de manutenção.

5.10.2 Afaste os roletes de retorno de 48 a 54 pol. [≈1.200 a 1.400 mm] do chão (com as proteções adequadas) de forma que permita a limpeza.

5.10.3 Se forem usadas plataformas de trabalho portáteis, não haverá

necessidade de iniciar os degraus ou passarelas na zona de carga. Em vez disso, afaste os degraus e passarelas do transportador e use plataformas de trabalho temporárias. Isso melhorará a segurança e impedirá o ajuste não autorizado de componentes na zona de carga. Inicie os degraus fora das áreas em que derramamentos seja prováveis. **(Figura 32.5.)**

Assim que o transportador deixa a área da zona de carga, a altura dos roletes de retorno acima do nível pode fazer voltar à distância normal. Observe que a maioria dos padrões estabelece uma distância mínima entre o rolete de retorno e o nível. Isso provavelmente não é adequado para limpezas mecanizadas embaixo do transportador.

5.11 Use a norma CEMA 575 como especificação de mesas de impacto. Se as mesas não estiverem incluídas na especificação original, o design deve permitir a instalação futura na área de impacto, adequando a estrutura ao espaço necessário para instalação e manutenção.

5.12. Centro de carga

Se for possível antecipar o manuseio de fragmentos grandes ou o carregamento de alto impacto, considere a instalação de um raspador em V concebido para proteger a correia e a polia traseira do impacto de fragmentos ou de roletes quebrados.

5A. Centro de carga

O centro de carga da correia receptora é fundamental para o alinhamento correto da correia e para reduzir a liberação de materiais fugitivos.

5A.1 O desgaste da correia pode ser reduzido por meio do controle do fluxo do material a granel no chute e do direcionamento do fluxo para a correia receptora a uma velocidade parecida com a velocidade da correia receptora.

5A.2 Chutes de carga e placas de batentes curvos são comumente usados para ajudar a centralizar a carga. Esses itens são submetidos a um desgaste acelerado e devem ser projetados de forma a permitirem acesso fácil para substituição, sem restrições de entrada em espaço confinado. **(Figura 32.6.)**

5A.2.1 Em geral, o mínimo desgaste da correia de carregamento ocorre ao usar uma placa de batente curva que direciona o material até o curso da correia receptora tendo o componente horizontal do vetor de fluxo o mais perto possível da velocidade da correia receptora. O próximo tipo de carregamento mais ameno para a correia é geralmente um chute plano. Caixas de pedra podem causar o maior desgaste da correia porque há pouquíssima velocidade na direção da correia receptora e a altura de queda pode ser significativamente maior do que um chute plano ou curvo.

5A.3 Considere utilizar softwares com o Método dos elementos discretos (DEM) para confirmar o efeito dos designs de centralização da carga.

5A.4 Chapas de desgaste nos chutes devem ser consideradas de sacrifício. Em vez de focar no custo e na vida útil dos revestimentos, coloque ênfase na facilidade e na velocidade de substituição. Considere fazer o chute modular com armação de chapas resistentes à abrasão sem revestimentos. Os painéis modulares podem ser reutilizados. Basta remover os painéis desgastados para uma posição onde não sofram desgaste ou simplesmente substituir o painel por completo.

5B. Calha-guia

As calhas-guia são a parte estrutural do compartimento que contém material carregado. Normalmente, a chapa de desgaste e os sistemas de vedação estão anexados às calhas-guia, que são cobertas para controlar o pó e evitar derramamentos.

5B.1 A largura da calha-guia deve ter um vão de no mínimo 115 milímetros [$\approx 4,5$ pol.] da borda da correia, medida na superfície côncava externa da correia, a partir da borda da correia até o local onde o plano da calha-guia cruza com a correia. A dimensão da calha-guia é considerada um plano imaginário e sua espessura não é normalmente levada em consideração ao definir a capacidade de profundidade da correia dos cálculos de materiais. Observação: a distância da calha-guia até a borda não é igual à distância padrão da borda usada nos cálculos de capacidade.

5B.2 A área transversal mínima recomendada para o chute de carga na parte superior das calhas-guia deve ser quatro vezes a área calculada usando a densidade do material solto e a capacidade do design do transportador.

5B.3 A conexão entre a saída do chute e a cobertura superior das calhas-guia deve estar inclinada na direção de deslocamento da correia para reduzir o acúmulo no chute.

5B.4 Após o chute de carga avançar até as calhas-guia (à exceção dos alimentadores), as chapas de desgaste devem ser liberadas (abertas) no sentido do deslocamento para reduzir o entupimento devido ao súbito aumento da carga. Observação: o aço estrutural da calha-guia pode ser espaçado em paralelo à correia. (**Consulte 5B.5**)

5B.5 A distância entre a borda inferior da calha-guia de aço e a correia é ditada pela chapa de desgaste e pelos sistemas de vedação. Normalmente, a calha-guia pode correr paralelamente à superfície da correia com espaçamento de 50 mm [≈ 2 pol.] ou mais, quando se utiliza um design com chapa de desgaste externa por cima da correia.

5B.6 Há várias fórmulas que podem ajudar a determinar a largura necessária da calha-guia.

Com base na turbulência: $L_s = 1,2$ m a cada 1,0 m/s de velocidade da correia [≈ 2 pés a cada 100 pés/minuto].

Com base no deslizamento do material:

$$L_s = \frac{V_b^2 - V_y^2}{2,0 \times g \times (\mu_b - \tan \theta)}$$

Com base no controle passivo do pó:
 $L_s = 2,0$ segundos a cada velocidade da correia (em metros por segundo ou pés por segundo).

- L_s = comprimento da calha-guia passado o chute de carga = L_s .
- V_b = velocidade da correia.
- V_y = velocidade vertical do fluxo de material ao sair do chute de carga e atingir a correia.
- g = aceleração decorrente da gravidade.
- μ_b = coeficiente de fricção entre o material a granel e a correia.
- θ = ângulo de inclinação da correia.

A altura da calha-guia deve ter como base a limitação da velocidade da saída do ar a 1 m/s [≈ 200 pés/min] ou menos. A altura é calculada como base no fluxo total de ar e na largura das calhas-guia.

O fluxo de ar total dos chutes de carga existentes pode ser mensurado por meio da medição da velocidade do ar em todas as condições de carga e início e por meio da área da seção transversal acima do fluxo de material:

$$Q_{\text{tot}} = V_{\text{máx. do ar}} \times A_{\text{saída da calha-guia}}$$

5B.7 A altura da calha-guia com base no cálculo do fluxo de ar (Q m³/h ou pés³/min):

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{Deslocado}} + Q_{\text{Induzido}} + Q_{\text{Gerado}}$$

- Ar deslocado é o ar movimentado quando o fluxo de material a granel entra pela primeira vez no compartimento de transferência.

$$Q_{des} = \frac{\text{tph (toneladas por hora)}}{\text{Densidade do material a granel}}$$

- O ar induzido é o ar aspirado ao compartimento de transferência pelo vácuo criado quando as partículas se separam à medida que o material é descarregado da correia no compartimento de transferência. As telas podem gerar uma quantidade significativa de ar induzido.

$$Q_{ind} = 0,078 \times A_u \times \sqrt[3]{\frac{R \times S^2}{D}}$$

- A_u = área aberta do chute (m^2).
- D = diâmetro médio da partícula (m).
- R = capacidade (ton. métrica/hora).
- S = altura de queda (m).
- Q_{ind} = fluxo de ar induzido (m^3/s).

Observação: Essa é uma equação de ajuste de curva. Para unidades imperiais, use $0,078 = 10,0$.

- O ar gerado é o ar criado pelo equipamento de processo ou o efeito de chaminé de longas galerias inclinadas. Os trituradores são fontes comuns de ar gerado. A agência NIOSH oferece essa equação para britadores de martelos em que D = diâmetro e W = largura do moinho.

$$Q_{ger} = \frac{\pi}{4 \times D^2 \times W} \times \text{rpm}$$

A maioria dos fornecedores de equipamentos pode fornecer dados de ar gerado de seus equipamentos.

5B.8 As coberturas das calhas-guia devem ser inclinadas nas laterais do transportador para evitar o acúmulo de pó.

5B.9 Considere os designs de calhas-guia modulares para que a instalação inicial possa ser facilmente estendida no comprimento e/ou altura, caso seja

ditada por mudanças nas características do material a granel ou velocidade da correia.

5B.10 Um dispositivo de alinhamento de correia de retorno deve ser instalado no lugar do último rolete de retorno antes da zona de carga para direcionar a correia até a polia traseira e a zona de carga. O dispositivo de alinhamento deve estar suficientemente afastado da polia traseira para permitir que a correia seja orientada, mas suficientemente perto da polia traseira para orientar a correia até a carga.

5C. Vedação

Uma das principais maneiras de reduzir o material fugitivo é controlar o derramamento de materiais nas laterais e na traseira do transportador.

5C.1 Instale uma caixa traseira na parte de trás do chute de transferência.

O material de vedação da caixa traseira deve ser colocado no interior dela de modo que constitua uma vedação unidirecional. Isso permitirá que o material na correia passe por baixo, sem deixar que o material no chute/calhas-guia seja soprado ou retornado, saindo da caixa traseira. Instale a porta de inspeção na parte de cima da vedação da caixa traseira. A caixa traseira deve ter uma extensão de no mínimo um espaço S_1 passada a parte de trás do chute de carga; ela pode se estender até a polia traseira.

5C.2 Use um sistema externo de chapa de desgaste, em que os revestimentos estejam anexados no exterior e na parte inferior do aço da calha-guia.

As chapas de desgastes são projetadas como revestimentos de sacrifício, mas elas também mantêm a pressão de carga fora das tiras de vedação.

A parte inferior do revestimento deve estender-se até bem perto da correia; 10 milímetros [$\approx 0,38$ pol.] são sugeridos para aplicações típicas na região de

impacto. Esse afastamento deve então abrir gradualmente (autoliberação) no sentido de deslocamento da correia.

5C.3 Use um sistema de vedação auto-ajustável da calha-guia para eliminar a necessidade de ajuste contínuo e o risco do sobre ajuste que provoca entalhes na correia.

Observação: É mais importante que o material de vedação da calha-guia tenha um índice de abrasão menor do que o índice da correia do que dispor de uma classificação de dureza mais baixa do que a da correia.

5D. Controle passivo de pó

Controlar o fluxo de material em chutes usando a tecnologia de cobertura e chute curvo reduzirá muito o carregamento de pó, controlando a quantidade de ar induzido na transferência e reduzindo a degradação do material a granel.

5D.1 Considere utilizar softwares com o DEM para confirmar o efeito do design para controlar o fluxo de material a granel.

5D.2 A área transversal do compartimento da calha-guia deve ser suficiente para que a velocidade do ar existente no compartimento seja $\leq 1,0$ metro por segundo [≈ 200 pés/min].

5D.3 Ao menos três cortinas de pó devem ser instaladas no interior da extensão da calha-guia.

5D.3.1 As duas primeiras cortinas de pó devem ser configuradas para restringir o fluxo de ar, mas não devem bloqueá-lo completamente. Por exemplo, cada cortina deve ser cortada em tiras, sendo que o tamanho de cada uma delas deve ser a metade ou dois terços da largura do compartimento da calha-guia. As cortinas devem ser anexadas em lados alternados da calha-guia. O material da cortina deve ser flexível de forma que se mova e resista ao acúmulo.

5D.3.2 A última cortina de pó deve ter a mesma largura da correia dentro da extensão da calha-guia e toda a largura do compartimento da calha-guia. A cortina deve ser cortadas em tiras e contornadas apenas para limpar a carga na correia.

5D.4 A cobertura (teto) do compartimento da calha-guia deve ser inclinada para evitar o acúmulo de pó.

5D.5 Os elementos estruturais devem ser orientados para evitar o pó e o acúmulo de material; por exemplo, os membros da cantoneira projetados com a ponta para cima.

5D.6 O fluxo de ar no chute de transferência deve ser medido para aplicações de adaptações ou calculado para novos projetos.

Inclua os fluxos de ar deslocado, induzido ou gerado. Consulte o Capítulo 7, Controle de ar, do livro *FOUNDATIONS™*, 4ª Edição da Martin Engineering.

Calcule (ou, em instalações existentes, meça) o volume e a velocidade do fluxo de ar.

Não confie exclusivamente nas recomendações de *Ventilação industrial* para o volume de ar de exaustão com base na largura da correia.

5E. Controle ativo de pó (supressão e/ou coleta)

O controle de pó pode ser realizado de várias maneiras.

A supressão do pó usa água ou mesmo água reforçada com substâncias químicas para reduzir a criação ou escape de pó. Os sistemas aplicam umidade na forma de spray, espuma ou névoa de água.

Os coletores de pó usam ventiladores para induzir o pó a um meio de filtração. Os sistemas alternativos incluem grandes sistemas centrais de coletores e sistemas localizados de purificação do ar.

Consulte o Capítulo 19, Supressão de pó, e o Capítulo 20, Coleta de pó do livro *FOUNDATIONS™, 4ª Edição* da Martin Engineering para obter orientações gerais sobre sistemas ativos de coleta de pó. Consulte um fornecedor para obter recomendações sobre aplicações específicas.

5E.1 Considere a supressão para gerenciar a fuga de pó; a supressão de pó pode ser realizada de muitas maneiras. Devido à adição de água e/ou substâncias químicas, a supressão de pó pode afetar a qualidade do produto. Devido às restrições na utilização de água, ao custo de substâncias químicas e aos problemas de manutenção de bicos, muitos processos desnecessariamente coíbem a supressão de pó.

5E.2 Se o fluxo de ar calculado ou medido for superior a 56 metros cúbicos por minuto [$\approx 2.000 \text{ pés}^3/\text{min}$], considere fornecer uma coleta ativa de pó.

5E.3 Não utilize as recomendações de *Ventilação Industrial* de pés cúbicos do volume de exaustão com base na largura da correia, pois podem dramaticamente subestimar ou superestimar o volume de ar.

5E.4 Se for utilizada a coleta de pó central, siga as recomendações de *Ventilação Industrial* para localização e compartilhamento de volumes de exaustão, mas não os volumes de extração.

5E.5 Se for utilizada a coleta de pó modular, coloque a unidade coletora a um terço do comprimento da extensão da calha-guia a partir da saída das calhas-guias e entre as duas cortinas de pó.

5E.6 Considere fornecer locais de suporte para equipamento de supressão e/ou coleta de pó no design original que possibilite futuras adaptações de capacidade com boa relação custo/benefício.

5F. Auxiliares de fluxo

Os auxiliares de fluxo geralmente usados em chutes de transferência para melhorar o fluxo

e evitar acúmulos de materiais são conhecidos com canhões de ar e vibradores.

Consulte o Capítulo 9, Auxiliares de fluxo, do livro *FOUNDATIONS™, 4ª Edição* da Martin Engineering para obter orientações gerais. Consulte um fornecedor para obter recomendações específicas.

5F.1 Considere incluir a localização e suportes para os auxiliares de fluxo na fabricação original para fazer futuras instalações para adaptar auxiliares de fluxo com melhor relação custo/benefício.

5F.2 Considere isolar o chute de descarga entre o chute dianteiro e as calhas-guia para fazer um chute "vivo" que possa ser vibrado para reduzir os acúmulos e entupimentos.

5F.3 Use cabos de segurança para amarrar os auxiliares de fluxo na estrutura no caso de eles se soltarem de seus suportes.

5F.4 Para fins de segurança, os canhões de ar e vibradores somente devem ser ativados com pressão de ar positiva.

5G. Acesso à zona de carga

São necessárias inspeções e manutenção frequentes para conter materiais fugitivos. Certamente haverá a necessidade de limpeza ocasional de materiais fugitivos e derramamentos na zona de carga. Tanto a inspeção quanto a limpeza normalmente contribuem na ocorrência de acidentes graves.

5G.1 Defina a altura da zona de carga para manutenção. As áreas de acesso para limpeza devem ser projetadas para melhorar o acesso e promover os procedimentos de serviços ergonomicamente apropriados.

5G.2 A distância da superfície de trabalho (piso ou passarela) até a parte inferior dos roletes de retorno deve ser suficiente para permitir uma limpeza segura embaixo da correia em movimento, desde que os pontos de pressão do rolete de retorno e quaisquer outros riscos identificados sejam

devidamente protegidos. Uma altura típica que permita a limpeza é de no mínimo 1,2 m (≈ 4 pés).

5G.3 Roletes inclinados, chapas de desgaste, vedações das guias laterais e equipamentos de contenção/supressão de pó só devem ser acessíveis por equipes autorizadas de inspeção e manutenção. Para controlar o acesso, considere eliminar as passarelas ao redor da zona de carga e fornecer plataformas de trabalho temporário, em vez de plataformas fixas.

5G.4 Permitir pelo menos uma distância de largura da correia após a saída dantes de instalar etapas para passarelas. Se houver passarelas/plataformas fixas ao longo da zona de carga, proteja adequadamente a zona de carga e/ou instale um meio de acesso limitado, como um portão com trava para manter pessoas não autorizadas fora da zona de carga.

Figura 32.7.

Chute de descarga poligonal com painéis modulares.

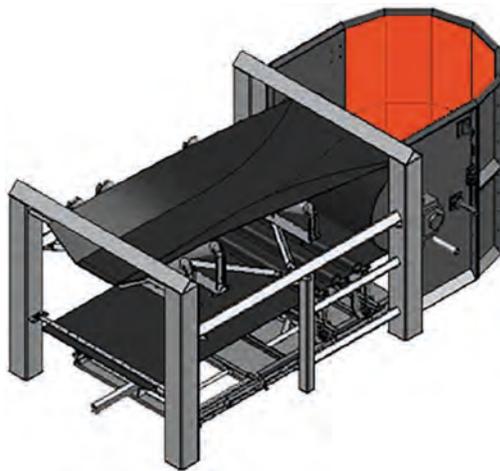
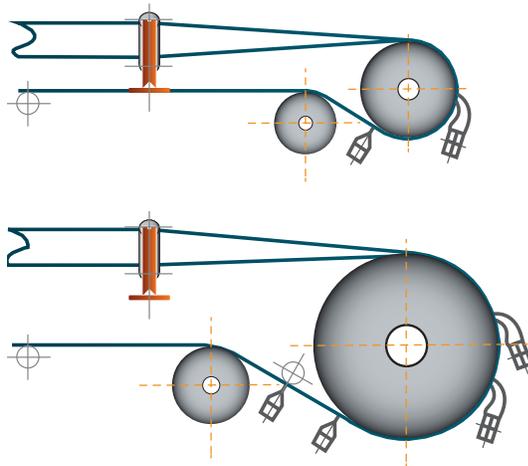


Figura 32.8.

Polia de cabeça maior permite limpeza adequada.



5G.5 Se forem fornecidas passarelas/plataformas de trabalho fixas ao longo da zona de carga, calcule a carga da estrutura necessária com base na plataforma que está completamente coberta com material a granel no seu ângulo de repouso.

5G.6 Siga as diretrizes da CEMA para acesso e zonas livres de dutos/tubulações. (Consulte a Tabela 2.28 e as Figuras de 2.29 a 2.35 *Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição* da CEMA.)

5G.7 Pavimente a área embaixo e nas proximidades da zona de carga para que a manutenção e a limpeza sejam mais seguras.

5G.8 Forneça estações de fornecimento e ferramentas necessárias para limpeza e manutenção na área imediata. As estações de fornecimento podem incluir eletricidade, saída de soldagem, ar comprimido, água e cárter ou dreno. Deve haver vassouras, pás e ferramentas especiais de ajuste em um compartimento adequado de armazenamento.

5H. Proteções

Muitos acidentes graves ocorrem quando os trabalhadores estão nas proximidades da zona de carga do transportador para realizar a limpeza e manutenção.

5H.1 Todos os pontos de pressão no lado de carregamento da correia devem ser protegidos.

Muitas normas não tratam os pontos de pressão da zona de carga entre a correia carregada e os roletes como um risco se as calhas-guia/chapas de desgaste se encontram a 50 milímetros [≈ 2 pol.] acima da correia.

Essa prática deve ser descontinuada, pois até mesmo com um espaço de 50 milímetros [≈ 2 pol.], o peso da correia carregada e a pressão da vedação da guia lateral fazem da interface entre o chute de carga, as calhas-guia e a correia um ponto de pressão perigoso.

5H.2 Se houver acesso por meio de plataformas e/ou passarelas, coloque proteções nas áreas.

A proteção das áreas deve estar interligada à transmissão do transportador. A tendência é fornecer tanto proteção geral quanto proteção de proximidade das áreas interligadas.

5H.3 Se a zona de carga for projetada para ser limpa enquanto a correia estiver em operação, todos os roletes de retorno e as bordas da linha da correia devem ser protegidos para evitar contato acidental.

5H.4 Proteção da correia contra materiais em queda deve ser fornecida com base no tamanho nominal do material a granel. De modo geral, os fragmentos de material menores que 50 milímetros [≈ 2 pol.] não devem apresentar riscos, mas um acúmulo de materiais fugitivos em estruturas elevadas pode.

6. Zona de carregamento

Na zona de carregamento há menos detalhes, porém importantes, a serem considerados a fim de proporcionar um transportador de correia limpo, seguro e produtivo.

6.1 O acesso é essencial em todas as áreas, mas especialmente em transportadores inclinados. O acesso deve ser fornecido em ambos os lados de um transportador inclinado para fins de serviço e inspeção.

A maioria dos códigos exige passarelas com uma largura mínima de 600 milímetros [≈ 24 pol.] para acesso de serviço ocasional e de 900 milímetros [≈ 36 pol.] para acesso geral. Existem outras maneiras para fornecer acesso de serviço, tais como plataformas móveis de manutenção que passam por cima ou por baixo da estrutura.

6.2 A substituição de roletes de retorno é uma atividade comum que expõe o trabalhador aos riscos de ferimentos. Assim

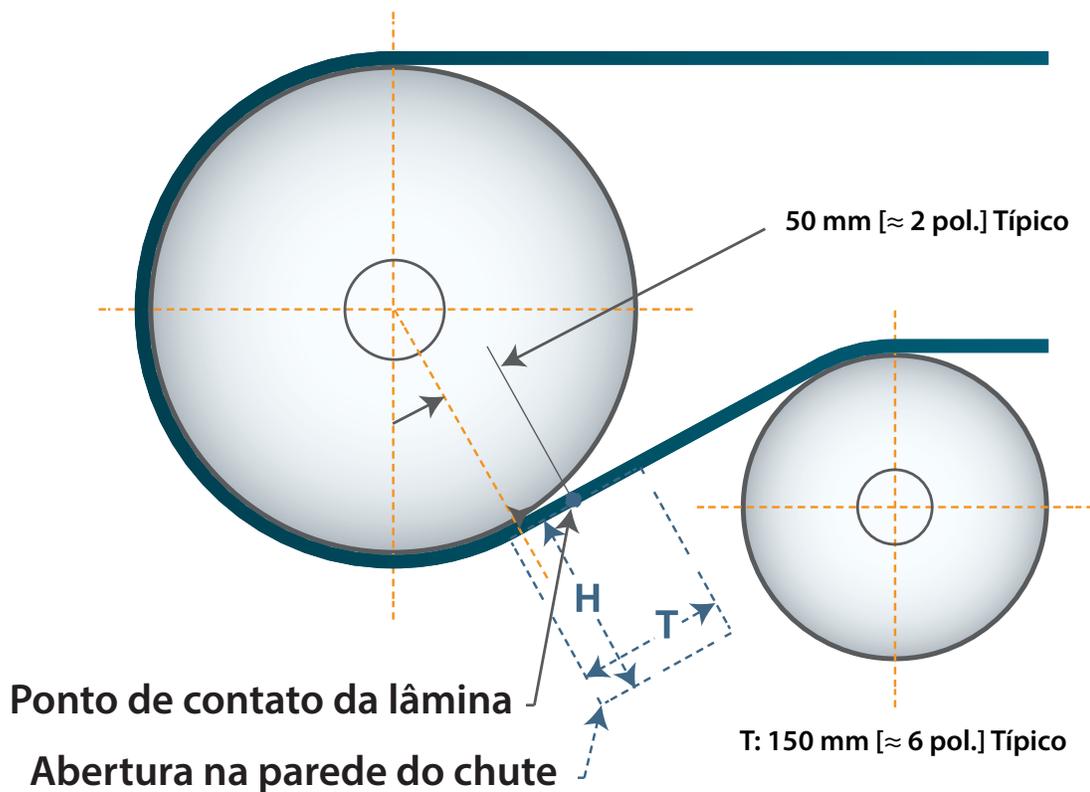


Figure 32.9.

Geometria relacionada à posição da polia tensora e ao espaço requerido para limpeza da correia.

como acontece com os roletes do lado de carregamento, a substituição de roletes de retorno supõe problemas ergonômicos e de segurança.

A inspeção e manutenção de roletes é a principal função que requer acesso em ambos os lados do transportador. Mesmo um rolete de 1.200 milímetros [≈ 48 pol.] pode facilmente pesar 40 kg [≈ 88 lb] e apresentar problemas ergonômicos (tensão muscular) e de segurança (queda, esmagamento) ao tentar realizar um serviço em um dos lados.

6.3 O acesso à passarela em ambos os lados muitas vezes é colocado nas extensões estruturais a partir da parte inferior das treliças do transportador. Essa prática faz com que os roletes de retorno fiquem embaixo da passarela, o que torna a inspeção e substituição mais difíceis e perigosas do que o necessário. Considere posicionar a passarela abaixo dos roletes de retorno ou fornecer uma plataforma de trabalho móvel ou superfícies no solo e afastamentos apropriados para a operação de elevação da caçamba.

6.4 Acesso significa acesso livre; não permita que as polias côncavas ou equipamentos auxiliares se estendam até a passarela. Forneça passarelas mais amplas nessas áreas e instale uma barreira de corrimão para evitar que as pessoas tropecem sobre esses equipamentos.

6.5 Forneça acesso em ambos os lados dos transportadores inclinados para inspeção e manutenção. Consulte o Capítulo 2, Tabela 2.28 e as Figuras de 2.29 a 2.35 *Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição* da CEMA.

6.6 A maioria das normas não exige proteção dos pontos de pressão entre a correia e os roletes de carga, mesmo que esses pontos sejam numerosos e estejam expostos na maioria dos designs. Considere a instalação de corrimãos ou grades de proteção entre a correia e as passarelas.

6.7 Em todos os transportadores, considere projetar uma maneira de atravessar os transportadores por cima e por baixo onde for necessário. Muitos componentes do lado de carregamento precisam de acesso frequente para fins de inspeção e serviço; zonas de passagem devem ser fornecidas para aliviar a tentação de subir na correia para atravessar. Alguns códigos exigem zonas de passagem para transportadores terrestres em intervalos estabelecidos na regulamentação. Consulte o Capítulo 2, página 47 do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição* da CEMA.

6.8 A estrutura da zona de carregamento deve se prestar à modularização para fins de proteção.

6.9 Considere usar coberturas sobre o transportador para reduzir o pó transportado pelo vento, as adições de umidade ao sólido a granel e o vento forte que desencaxe a correia dos roletes, ou para servir como função secundária de proteção dos pontos de pressão.

6.10 Os roletes de alinhamento na zona de carregamento geralmente não são necessários se a correia estiver carregada no centro, se a estrutura estiver alinhada e os roletes estiverem alinhados com a linha central da correia.

6.11 Forneça iluminação adequada ao longo da zona de transporte para fins de acesso e manutenção.

6.12 Os pontos de pressão entre a correia e as curvas convexas do transportador devem estar protegidos devido a que a área curvada apresenta tensões maiores.

7. Zonas de descarga

A zona de descarga é um local frequente de acidente e deve ser projetada de forma a facilitar o acesso para fins de inspeção e manutenção.

7.1 Siga as diretrizes de acesso do Capítulo 2 do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição* da CEMA.

7.2 A estrutura deve ser projetada de forma que permita o acesso aos sensores de segurança, tais como interruptores de desvio da correia e de chute entupido.

7.3 No design do chute de descarga deve-se incluir capacidade de carga adequada para condições normais de parada ou fornecer um meio de transbordamento.

7.4 A estrutura deve ser projetada para permitir a montagem de raspadores de limpeza nas correias de acordo com as recomendações de acesso da CEMA para locais de limpeza primários e secundários. Consulte o Capítulo 2 do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials, 7ª Edição* da CEMA.

7.5 Em transportadores inclinados, considere colocar um batente horizontal para abrir o acesso para fins de instalação e manutenção de raspadores de correia.

7.6 A localização da plataforma de serviço deve permitir uma inspeção e um serviço ergonômicos dos raspadores de correia. Os raspadores de correia devem estar a pelo menos 39 polegadas [≈ 1 m] da plataforma de serviço.

7.7 Forneça estações de fornecimento necessárias para limpeza e manutenção na área de descarga.

7.8 Se forem usados auxiliares de fluxo no chute de descarga, conecte-os às portas de acesso para evitar uma ativação acidental com as portas de acesso abertas.

7.9 Forneça vedação/cobertura razoável nas portas de acesso, eixos e entrada e saída da correia para reduzir a área e permitir o ar induzido.

7.10 A trajetória do material deve entrar em contato com o chute/superfície de desgaste em uma determinada angulação de forma que não produza uma velocidade de queda livre de qualquer parte do material a granel a fim de reduzir o acúmulo no chute, a possibilidade de bloqueio e o risco de cair no

chute durante a operação ou manutenção.

7.11 Considere fazer o chute modular com armação de chapas resistentes à abrasão sem revestimentos. Os painéis modulares podem ser reutilizados. Basta remover os painéis desgastados para uma posição onde não sofram desgaste ou simplesmente substituir o painel por completo. (**Figura 32.7.**)

7.12 O cabo do interruptor da parada de emergência deve circular completamente o chute de descarga e a polia traseira.

7.13 Forneça iluminação adequada na zona de descarga.

7.14 Use uma polia da cabeça maior que o mínimo exigido pela especificação da correia para auxiliar na instalação de vários raspadores primários na polia de cabeça. Recomendam-se 48 polegadas [≈ 1.200 mm]. (**Figura 32.8.**)

7.15 Estenda o chute de descarga de forma que envolva a polia tensora.

7.16 Quando os raspadores de correia estiverem instalados fora da polia de cabeça, instale um rolo de pressão em cima de cada raspador.

7.17 Os chutes de desvio devem ser verticais, sempre que possível. Quando estiverem inclinados, use um design de parede traseira viva. (**Consulte a Figura 9.16 do livro FOUNDATIONS™, 4ª Edição da Martin Engineering**)

7.18 Considere o uso de caixas de engrenagens planetárias em linha nos transportadores movidos por polia de cabeça para permitir o acesso às laterais do lado da transmissão dos raspadores de correia ou use raspadores que possam ser ajustados e passar por manutenção do lado do operador sem a necessidade de acessar pelo lado da transmissão.

7.19 Considere a localização da polia tensora em relação à polia de cabeça de forma que permita a instalação de raspadores de correia na posição secundária. A maioria dos

raspadores de correia exigem um mínimo de 6 polegadas [≈ 150 mm] de acesso livre para cada raspador. A plataforma de acesso deve ser localizada a pelo menos 39 polegadas [≈ 1 m] abaixo dos raspadores para que a limpeza dos raspadores seja realizada com facilidade. (Figura 32.9.)

Consulte o fabricante do raspador de correia sobre a instalação do raspador da correia e os afastamentos estruturais necessárias para se instalar o tensionador do raspador.

7.20 Use o sistema de Classificação da CEMA sobre dificuldades na aplicação de limpeza da correia e os Níveis de material de retorno da CEMA para especificar o nível exigido de limpeza da correia.

7.21 Para auxiliar no controle do pó, o compartimento da polia de cabeça deve ser estendido até incluir a polia tensora ou, pelo menos, até o último rolete inclinado antes de a correia atingir a polia de cabeça.

8. Controles/sensores de segurança e paradas de emergência

É importante para a segurança e produtividade do transportador monitorá-lo de forma precisa e, se houver problemas, interrompê-lo de qualquer lugar do sistema.

8.1 Chaves de desalinhamento da correia

Na zona de carga, o alinhamento da correia é fundamental para centralizar a carga e para evitar vários outros problemas relacionados à operação e manutenção.

Instale chaves de desalinhamento (desvio) da correia de dois estágios no ciclo de retorno entre o último rolete de retorno e a polia traseira. O primeiro estágio deve ser um aviso; ele deve ser configurado para permitir o desvio normal da correia. Um valor típico de aviso é de ± 50 milímetros [≈ 2 pol.]. O segundo estágio deve ser um ajuste de parada eletrônica com base na amplitude de deslocamento permitido antes que a correia entre em contato com a estrutura do transportador ou que passe pela vedação da guia lateral.

8.2 Cabos de parada de emergência

Um cabo de parada de emergência deve estar acessível em ambos os lados do transportador (caso ambos os lados permitam o acesso) e em volta da polia de cabeça e da polia traseira.

8.3 Chave de velocidade zero/sensor de rotação da polia traseira

Instale um sensor de rotação ou de velocidade no eixo da polia traseira. Evite usar sensores de objetivos expostos, pois colocam em risco a segurança.

8.4 Detector de velocidade/movimento da correia

Considere incluir um detector de movimento/velocidade para funcionar junto com o sensor de rotação/velocidade da polia traseira.

8.5 Detector de rasgo da correia

Considere a possibilidade de instalar um sistema de detecção de rasgo da correia com uma função de parada de emergência caso seja possível que metais soltos ou chapas afiadas de material possam penetrar na correia com o impacto da carga.

8.5.1 Considerar deixar espaço para a futura inclusão de um monitor de detecção de rasgo imediatamente após a região de impacto da zona de carga, mesmo que tais problemas não possam ocorrer nas condições atuais de funcionamento.

8.6 Detectores de incêndio/fumaça/gás carbônico

Detectores de incêndio/fumaça/gás carbônico são normalmente exigidos pelos códigos de segurança com base na natureza do material a granel transportado. A forma mais comum de controle de incêndio é um sistema de dilúvio de água com bicos aspersores.

8.7 Sensor de fluxo do material

Considere incluir um sensor de fluxo de material a granel na saída das calhas-guia como indicar chutes entupidos.

9. Manutenção

Os componentes da zona de carga precisam de inspeção permanente, ajuste e substituição periódica. Eles devem ser projetados para permitir fácil manutenção para que não requeira entrada em espaços confinados.

9.1 Os componentes de fácil manutenção devem ser:

- Caixa traseira e vedação
- Limpador em v traseiro
- Chapas de desgaste
- Vedações de calhas-guia
- Cortinas de pó
- Roletes
- Raspadores de correia
- Estruturas de suporte de correia:
roletes/mesas de impacto/mesas
deslizantes embaixo da zona de carga
- Equipamento de supressão/coleta de pó

CONCLUSÕES

O valor da especificação típica

Essas especificações típicas têm como finalidade auxiliar os projetistas e proprietários do sistema a determinar os elementos importantes ao projetar transportadores mais limpos, seguros e produtivos. Empregar mais tempo na etapa de design reduz consideravelmente os riscos de falha do projeto e os custos operacionais, além de melhorar a segurança. Embora seja impossível especificar todas as opções, considerações ou variáveis em uma publicação geral, essas especificações oferecem orientação sobre o que deve ser levado em consideração no desenvolvimento de um sistema transportador. ⚠



Seção 6

O RETORNO

Capítulo 33 O cálculo da segurança	507
Capítulo 34 O retorno da segurança	519
Capítulo 35 Compreensão das conexões	559



Capítulo 33 O cálculo da segurança

INTRODUÇÃO	507
Os custos dos acidentes	508
Despesas diretas versus indiretas ..	509
Comparação dos custos	510
Os custos ocultos das falhas na segurança	511
Obtenção de aprovação para as despesas de segurança	511
O retorno dos gastos em segurança	512
O elo da produtividade	513
A perspectiva do ROI	515
O retorno em prevenção	516
O caso de negócios da segurança ..	517
CONCLUSÕES	517

INTRODUÇÃO

Como dizia o velho ditado: "Se você acha que a segurança é cara, experimente os acidentes".

Os acidentes, incidentes e doenças industriais são caros, como os autores mostrarão, com conseqüências e gastos diretos e indiretos. Segurança: isto é, todas as coisas que podem ser feitas para prevenir ou evitar acidentes, incidentes e doenças, que são então agrupadas no custo de segurança. As despesas em segurança são sempre — em alguns aspectos — um meio de evitar custos.

Mas em vez de só ver as despesas, muitos locais de trabalho estão agora reconhecendo um retorno positivo de seus investimentos em segurança. Esses benefícios positivos são visíveis no aumento da produtividade, bem como na promoção de condições mais seguras. Eles fornecem um retorno rápido e significativo do investimento.

"Segundo a minha experiência, um desempenho sólido em segurança se traduz em solidez dos negócios."

Cynthia Carroll,
CEO (de 1/2007 a 10/2012)
Anglo American plc

"Mesmo sendo difícil de capturar e medir os benefícios financeiros específicos da redução de lesões, isso não significa que devemos evitar a discussão sobre o impacto da segurança nas demonstrações financeiras de uma organização."

Danny Smith,
"The Other Side of the Coin",
Occupational Health and Safety,
abril de 2015.

Este capítulo abordará os fatores econômicos de acidentes e de investimentos em segurança.

Os custos dos acidentes

Compreender plenamente todos os custos associados a uma lesão no local de trabalho pode ser difícil. Várias organizações – incluindo o National Safety Council (NSC, Conselho de Segurança Nacional) e os Centers for Disease Control and Prevention (CDC, Centros de Controle e Prevenção de Doenças) nos Estados Unidos – dispõem de modelos que tentam estimar os custos. Mas modelos diferentes podem variar bastante.

No artigo "The Other Side of the Coin", publicado pelo *Occupational Health & Safety* em abril de 2015, Danny Smith comenta que: "A média do custo médico das demandas com afastamentos é de US\$ 36.592", de acordo com o National Council on Compensation Insurance nos Estados Unidos. Ele ainda observa que: "Como esse número tem aumentado a cada ano desde 1995, é provável que o custo do tratamento médico das lesões no local de trabalho continue aumentando".

Conforme especificado em "The ROI of Safety", artigo escrito por Kyle W. Morrison,

O custo de um desastre: US\$ 11 milhões por morte

O artigo *Reducing Mine Accidents by Design*, escrito em 1991 por J.H. Daniel do United States Bureau of Mines e publicado pela Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, relatou que o custo médio de uma fatalidade em minas de carvão subterrâneas era de US\$ 1,02 milhão. Esse valor incluía médicos, compensação do trabalhador, investigação de acidentes, perda de renda para a família e custos perdidos na produção de carvão, mas não as perdas em equipamentos. Os custos de um acidente em uma mina de carvão subterrânea foram estimados em US\$ 237.000 por lesão nos casos que envolvam invalidez permanente e em US\$ 5.000 por lesão nos casos em que houver afastamento do trabalhador.

Quando se consideram as vítimas fatais, esses custos podem ser comparados com a escala do desastre da mina Upper Big Branch em 2010 nos Estados Unidos. A explosão e o incêndio da mina – o pior desastre na indústria da mineração de carvão nos Estados Unidos em quase 40 anos – resultaram na morte de 29 mineiros. O desastre resultou em enormes prejuízos para a proprietária da mina, a Massey Energy, e para a nova proprietária da empresa, a Alpha Natural Resources. De acordo com um artigo no *theguardian.com* intitulado "Who will pay for the Upper Big Branch mine disaster?", escrito por Beth Wellington, esses custos são:

Custos da Massey	US\$ 128,9 milhões	Incluindo as despesas de resgate, multas, pagamentos de familiares e, perda estimada de US\$ 56 milhões em contribuições do EBITDA (lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização).
Custos da Alpha	US\$ 209 milhões	
que incluem	US\$ 46,5 milhões	Em restituição (US\$ 1,5 milhão para os dois sobreviventes e para a família de cada uma das pessoas falecidas.)
	US\$ 80 milhões	Para melhorias em segurança.
	US\$ 48 milhões	Em estudos de segurança ao longo de um período de dois anos.
	US\$ 10,8 milhões	Em penas pelo acidente.
	US\$ 24,2 milhões	Para resolver penas civis em andamento em outras instalações (a anterior Massey).

O total de quase US\$ 338 milhões gastos no desastre significa um custo de US\$ 11 milhões por morte. Esses custos não incluem as penas de vários antigos funcionários da Massey, que enfrentam julgamentos ou penas de prisão.

Além disso, a Alpha Natural Resources aceitou um acordo de US\$ 265 milhões decorrente de uma ação coletiva herdada em que se alega que a Massey enganou os acionistas sobre o registro de segurança da empresa.

Graças à análise retrospectiva – ou em um universo hipotético – se as operações da Massey tivessem investido US\$ 80 milhões em melhorias de segurança – o montante exigido agora à Alpha – teria evitado o desastre, e teria obtido um retorno do investimento (**Return on Conveyor Safety™**) de mais de 300% (3:1) em relação às despesas (que não seriam exigidas) de US\$ 248 milhões de outros custos do desastre, agora cobrados da Alpha.

na edição de junho de 2014 da revista *Safety+Health*, a "estimativa do CDC mostra que as lesões fatais apresentam um custo médio de aproximadamente US\$ 991.027. Essa média inclui apenas os custos hospitalares". Em 2012, o NSC avaliou o custo econômico médio de uma morte no local de trabalho em US\$ 1,42 milhão, com uma lesão incapacitante média de US\$ 53.000.

Esses valores, apesar de corretos, provavelmente são inferiores aos custos reais de uma única morte, porque ambos os modelos refletem apenas os custos diretos, sem incluir os custos indiretos. Aplicando uma proporção de US\$ 2,12 de custos indiretos para cada dólar gasto em custos diretos, significa que apenas uma morte no local de trabalho passa de uma média de US\$ 1,42 milhão até chegar a quase US\$ 3 milhões.

Despesas diretas versus indiretas

No cálculo de quanto um acidente pode custar para o negócio, existem dois tipos de despesas que precisam ser consideradas: custos diretos e custos indiretos.

Há discordâncias sobre quais despesas devem ser consideradas diretas ou indiretas, mas geralmente é de se notar que as despesas indiretas excedem as despesas diretas. As despesas indiretas são normalmente responsáveis por aproximadamente de

70 a 90% do custo total do acidente; isto é frequentemente retratado como uma parte oculta (submersa) de um iceberg, que é maior do que a parte superior visível. (**Figura 33.1.**)

A definição geral de um custo direto é uma quantidade de dinheiro que pode ser totalmente atribuída à produção de determinados bens ou serviços. Custos diretos referem-se a materiais, mão de obra e despesas relacionadas com a produção de um produto. É mais difícil atribuir outros custos, tais como depreciação ou despesas administrativas, a um produto específico e, portanto, eles são considerados custos indiretos.

Os **custos diretos** (como os relacionados com segurança) são aqueles que estão explicitamente associados ao acidente, incidente ou doença. Em geral, são faturas médicas, prêmios de seguros, pagamentos de indenizações e pagamentos por invalidez temporária.

Os **custos indiretos** incluem um grande número e variedade de outras despesas que podem ser atribuídos ao acidente, incidente ou doença e que não seriam produzidos se tal acidente, incidente ou doença não tivesse ocorrido. Esses custos incluem o valor em tempo de produção perdido pelo trabalhador lesionado e por colegas de trabalho e supervisores devido ao acidente, ao fornecer primeiros socorros e realizar uma investigação.

Outros custos indiretos são:

- Tempo de limpeza e o valor do produto desperdiçado.
- Reparo e substituição do equipamento e compra e instalação de equipamentos aprimorados (mais seguros).
- Horas extras para os funcionários poderem preencher a ausência do trabalhador, e para contratar, treinar e equipar novos colaboradores, sejam eles temporários ou permanentes, bem como tempo administrativo adicional para elaborar o cronograma de pessoal e produção.

Figura 33.1.

Igualmente à parte oculta de um iceberg, os custos indiretos de um acidente são normalmente muito maiores do que os custos diretos.



- Custos e taxas legais decorrente de litígios, multas e citações pelas agências reguladoras.
- Prêmio de seguro mais caro.
- Atrasos na produção e perda de envios. Esses atrasos podem afetar as relações com os atuais e potenciais clientes devido à falta de capacidade para cumprir prazos e datas de envio. Isso se converte em clientes insatisfeitos e danifica a imagem junto aos clientes.
- Despesas associadas à baixa moral dos funcionários como aumento do absenteísmo, redução da mão de obra e perda de respeito pela administração.
- Os custos difíceis de calcular como os de publicidade negativa, aumento do controle pelos reguladores, dificuldades adicionais para contratar em condições ambientais de trabalho inseguras e salários mais altos para atrair trabalhadores a aceitarem os riscos.

Todas essas despesas representam fundos que não podem ser direcionados a outros

investimentos mais produtivos que trariam benefícios para a empresa. Eles representam oportunidades de lucro perdidas.

Diferentemente dos custos diretos, os custos indiretos não são cobertos por nenhum tipo de apólice de seguro e representam um baque nas demonstrações financeiras.

Comparação dos custos

Embora muitas vezes seja fácil se esquecer, dado que são mais difíceis de medir, os custos indiretos podem ser superiores aos custos diretos.

Alguns estudos revelam que os custos indiretos geralmente são três ou quatro vezes superiores aos custos diretos de um acidente, e podem chegar a até 20 vezes mais.

Conforme constatado por Kyle W. Morrison e de acordo com o National Safety Council dos Estados Unidos: "Para cada dólar de custo direto, pode haver aproximadamente US\$ 2,12 de custos indiretos". Um estudo feito pela American Society of Safety Engineers

A analogia do iceberg

Pense que possuir e operar um transportador de materiais a granel é como navegar um barco em uma região cheia de icebergs. Os custos diretos de uma lesão são a parte visível do iceberg que flutua na água. Junto com a lesões estão os custos indiretos que são invisíveis. De igual forma que um iceberg, as partes ocultas e invisíveis são normalmente maiores que as partes visíveis. Será muito mais difícil atravessar a água se houver mais icebergs (maior potencial de lesão), icebergs maiores (as lesões serão mais graves), ou icebergs mais próximos uns dos outros (alta frequência de lesão). Uma operação pode se prejudicar tentando atravessar a água em um barco com pouca resposta, difícil de ser navegado (programa de segurança deficiente). Uma operação pode ainda sofrer se encarar a água esperando não bater em nada (arrogância).



A região é perigosa, mas navegável; o sucesso depende do design do barco, assim como das habilidades, treinamento e recursos da tripulação.

(ASSE), intitulado *Return on Investment (ROI) for Safety, Health, and Environmental (SH&E) Management Programs*, estimou que a proporção entre custos indiretos e diretos seria bem maior, em torno de 8:1.

Até mesmo a agência Occupational Safety and Health Administration (OSHA) dos Estados Unidos estima que os custos indiretos possam variar entre uma e 4,5 vezes os custos diretos. Além disso, a OSHA calcula que a magnitude dos custos indiretos é inversamente proporcional à gravidade da lesão. Quanto menor a gravidade da lesão, maior será a proporção entre custos indiretos e diretos; esse princípio é aplicado na ferramenta de estimativa de custo on-line *OSHA SAFETY*. **(Para calcular consulte O preço de recuperação: quanto é preciso vender para recuperar um acidente.)**

Além das diferenças entre custos diretos e indiretos, outra distinção entre os custos de uma lesão no local de trabalho é que alguns deles podem ser segurados, mas outros não podem. Normalmente, os custos não segurados superam os custos segurados. Os estudos evidenciam que a relação entre os custos segurados e não segurados forma uma espécie de "iceberg", em que os maiores custos ficam ocultos e submersos. São esses custos não segurados que precisam ser retirados diretamente dos lucros e resultados financeiros.

Figura 33.2.

Ser um bom cidadão corporativo é em parte fornecer um ambiente de trabalho seguro para os funcionários.



Os custos ocultos das falhas na segurança

Quem teve a infelicidade de testemunhar ou lidar com as consequências de uma lesão grave ou fatal no local trabalho, sabe que os custos ultrapassam o que aparece no livro de contas da empresa. Eis aqui apenas alguns dos custos ocultos de um programa de segurança ineficaz.

- Para aqueles que sobrevivem ou que trabalham com a vítima de acidente, os custos continuam devido ao estresse psicológico, que pode exigir dispendiosos anos de terapia.
- Muitas vezes, os colegas de trabalho que testemunham um evento sério encontram-se impossibilitados de retornar ao local de trabalho durante um período significativo de tempo, o que representa custos adicionais para a empresa devido à abrupta ausência de trabalhadores qualificados.
- Uma planta com má reputação em relação à segurança e saúde pode ser incapaz de atrair trabalhadores, ou pode ter de pagar salários bem acima do valor de mercado.

Além disso, à medida que um número crescente de informações sobre a experiência de conformidade e lesão de segurança da empresa se torna público através da internet ou mídias sociais, os inimigos do desenvolvimento industrial podem usar essas informações para contestar pedidos de autorização ou solicitar alterações de zoneamento. Parte do que representa ser um bom cidadão corporativo, em vez de ser uma empresa que ninguém quer "no quintal de casa", supõe oferecer um ambiente de trabalho seguro para os moradores locais. **(Figura 33.2.)**

Obtenção de aprovação para as despesas de segurança

Para os profissionais de segurança cujos chefes, gestores ou empregadores não veem o valor ou benefício da segurança, a ideia de investir em segurança pode ser difícil de ser explicada ou justificada.

O primeiro que os profissionais da segurança devem aprender é como argumentar desde a perspectiva das "pessoas"; a empresa deve investir em segurança para que os trabalhadores não se machuquem, para que nenhuma família fique sem seus entes queridos.

Mas, além disso, é preciso argumentar que por meio da melhoria da segurança ocorrem outras melhorias nos negócios – melhorias essas que não podem ser percebidas antes de o investimento ser feito. O retorno financeiro do investimento – aumento da produtividade, melhoria do atendimento ao cliente e economia de recursos devido ao menor número de lesões – também pode ajudar a vender a melhoria aos gestores.

O retorno dos investimentos em segurança

Às vezes, é difícil justificar com a rigidez dos números o retorno dos investimentos em segurança. No entanto, conforme observado por Kyle W. Morrison no artigo *The ROI of Safety*:

Especialistas dizem que há economias, e os profissionais da segurança, armados com os valores sobre o custo das lesões, devem ser capazes de argumentar com êxito que os investimentos em segurança resultarão em economias nas demonstrações financeiras.

Em um white paper de 2002, *Return on Investment (ROI) for Safety, Health, and Environmental (SHE) Management Programs*, a American Society of Safety Engineers (ASSE) concluía que "havia correlação direta e positiva entre o investimento em segurança, saúde e meio ambiente e o subsequente ROI".

O white paper da ASSE também informou que 95% dos executivos americanos entrevistados acreditavam que a segurança no trabalho provoca um impacto positivo no desempenho financeiro da empresa. Desses executivos, 61% acreditam que suas empresas apresentam um

retorno do investimento de US\$ 3 ou mais a cada dólar investido na promoção da segurança no local de trabalho.

A publicação da ASSE observa que a agência de segurança do governo dos Estados Unidos concorda e cita a análise regulatória da OSHA que diz:

Nossa evidência sugere que as empresas que implementam programas de saúde e segurança eficazes podem esperar descontos de 20% ou mais em suas taxas de lesões e doenças e um retorno de US\$ 4 a US\$ 6 por cada dólar investido.

O artigo "Financial Decision Makers' Views of Safety", escrito em 2009 por Yueng-Hsiang Huang, Tom B. Leamon, Theodore K. Courtney, Sarah DeArmond, Peter Y. Chen e Michael F. Blair e publicado na revista *Professional Safety* da ASSE, observa um estudo que explora as percepções dos tomadores de decisão financeiros corporativos sobre questões de segurança. Os resultados do estudo mostraram que os participantes perceberam que, em média, para cada dólar gasto na melhoria da segurança no local de trabalho, haveria aproximadamente US\$ 4,41 de retorno.

No artigo "The Other Side of the Coin", em *Occupational Health and Safety*, Danny Smith observa:

O artigo publicado pela OSHA em 2012 cita uma pesquisa com 231 empresas e mais de 100 funcionários. Foi descoberto que 43% dos tomadores de decisão na área de finanças acreditavam que o aumento da produtividade era o maior benefício do programa de segurança aplicado ao local de trabalho.

O retorno dos gastos em segurança

De acordo com a apresentação em uma conferência de WP Van Den Raad, *Safety & The Bottom Line: Proving The Financial*

Benefits Of Your Safety Initiatives, o ROI adicional também pode ser demonstrado pelo impacto positivo na segurança que exercem as melhorias na produtividade. A empresa Foster Wheeler Energy UK Ltd realizou "um estudo nos seus registros de desempenho e melhorias de segurança na construção para um período de 17 anos, englobando uns 19 projetos de construção". Foram utilizados quatro indicadores financeiros:

1. *Relação de custos* – (Orçamento total de controle do projeto)/(Custo real do projeto)
2. *Relação de cronograma* – (Tempo de construção planejada em meses)/(Tempo de construção real em meses)
3. *Segurança* – (Número de horas de trabalho de exposição real ou estimada em milhões)/(Número de lesões com afastamentos)
4. *Relação de produtividade* – (Orçamento de horas de trabalho em campo)/(Horas de trabalho em campo reais).

O estudo descobriu que:

[...] há uma correlação de 65% entre a melhoria da segurança e a melhoria da produtividade, o que indica que os benefícios dos custos em segurança são significativamente mais elevados do que o calculado anteriormente pelo modelo de redução de custos não planejados. Essa pesquisa mostrou que reduzir pela metade a taxa de LTA (acidente com afastamento, lost-time accident) produz um aumento de 6% na produtividade.

Figura 33.3.

Projetos de transportadores que melhoram a segurança e a produtividade possuem mais chances de serem "vendidos" à gestão.



A produtividade é vista como a quantidade de produto produzido por hora de trabalho, por exemplo, 6% a mais em toneladas de material produzidos com a mesma quantidade de trabalho.

A apresentação de Van Den Raad prosseguia:

Mesmo se a relação entre custo e benefício for inferior a 1% na produtividade, isso representaria uma economia anual significativa. Por exemplo, uma empresa que utiliza um milhão de horas de trabalho por ano (cerca de 500 funcionários), a um custo direto médio de £30 [≈US\$ 45] por hora poderia fazer uma economia anual de custo salarial de £300.000 [≈US\$ 450.000].

O elo para a produtividade

A produtividade aplicada a qualquer operação é um termo que o diretor executivo vai gostar de escutar. Esse argumento de que uma determinada despesa em segurança aumentará a produtividade sempre pode ser usado; ele apresenta uma enorme vantagem ao vender o programa e obter o financiamento do projeto. Isso se dá porque a despesa em segurança sempre fornece um benefício duplo: segurança e produtividade. (**Figura 33.3.**)

Rockwell Automation, em seu *Safety Maturity Index* cita o estudo de Aberdeen Group com argumento, mostrando que:

Os melhores fabricantes do setor percebem que a combinação entre comportamento do funcionário, processos e procedimentos da empresa e implementação da tecnologia os habilita a alcançar de 5 a 7% de OEE [overall equipment effectiveness, eficácia geral de equipamentos], redução de 2 a 4% no tempo de inatividade não programado e metade da taxa de lesão dos desempenhos médios.

O Index ainda estabelece que:

Essas empresas de alto desempenho também experimentaram muito menos acidentes de trabalho, em comparação à média de empresas – com taxas de 1 a cada 2.000 funcionários em comparação a de 1 a cada 111.

É evidente que a segurança e a produtividade são complementares. Quando uma organização possui cultura, procedimentos e equipamentos de segurança adequados, o desempenho da segurança aumenta, a velocidade e a utilização das máquinas aumentam e a eficiência operacional melhora. Esses resultados positivos

estão relacionados e são interdependentes.

Como Danny Smith concluía no artigo *The Other Side of the Coin*:

Então, mesmo que o objetivo da gestão seja obter a maior eficiência do dinheiro investido em programas de segurança e mesmo que suas empresas já cumpram as normas reguladoras, é possível argumentar de forma segura que, em vez de cortar gastos, é preciso investir mais em segurança, pois esse fato resultará em prêmios de seguros mais baixos e maior produção.

O preço da recuperação: Quanto é preciso vender para recuperar um acidente

Certamente o impacto de um acidente nas demonstrações financeiras pode ser devastador. E as receitas adicionais necessárias para compensar ou recuperar os gastos são consideráveis.

A OSHA criou uma ferramenta on-line, a "*Safety Pays*", que usa informações econômicas específicas fornecidas por uma empresa para avaliar o potencial impacto econômico das lesões ocupacionais na rentabilidade da empresa em questão. O programa usa as estimativas de custos diretos e indiretos e as compara com as informações financeiras fornecidas pela empresa.

Nos custos diretos, o calculador de custos "*Safety Pays*" usa as estimativas do custo médio de indenização fornecidas pelo National Council on Compensation Insurance (NCCI) dos Estados Unidos.

Para desenvolver os custos indiretos de um acidente, o programa usa um multiplicador de escala que varia entre 4,5 vezes (para os custos diretos mais baixos) e 1,1 vez (para os custos diretos mais altos). Essas estimativas de custos indiretos foram retiradas da publicação Business Roundtable, em *Improving Construction Safety Performance*, que por sua vez tem como base um estudo conduzido pelo departamento de engenharia civil da Universidade de Stanford.

Os custos diretos e indiretos são então combinados para formar o custo total de acidente. Para calcular o impacto do acidente na rentabilidade, margem de lucro da empresa

é usada para determinar as vendas necessárias para pagar o custo total.

Os resultados dos cálculos feitos no programa "*Safety Pays*" da OSHA podem ser esclarecedores, ou até desconcertantes. Por exemplo, suponha que a empresa vende anualmente US\$ 10 milhões, com uma margem de lucro antes de impostos de 3%. Conforme avaliado pela ferramenta *Safety Pays*, o custo de uma única lesão com esmagamento – uma lesão comumente encontrada em instalações com transportadores de correia de alta potência – foi estimado em:

Média de custo direto:	US\$ 56.557
Média de custo indireto:	US\$ 62.212
Custo total estimado:	US\$ 118.769
Vendas adicionais necessárias:	
Para cobrir os custos indiretos:	US\$ 777.658
Para cobrir os custos totais	US\$ 1.484.612

Em suma, para recuperar os custos perdidos devido o acidente – e fornecer a mesma quantidade de lucros – a operação em questão precisa produzir e vender um volume adicional de quase US\$ 1,5 milhão. Isso representa um aumento não planejado de 15% nas vendas e na produção.

Para saber mais sobre o calculador de custo "*Safety Pays*" da OSHA, visite www.osha.gov/dcspl/smallbusiness/safetypays/index.html.

A perspectiva do ROI

A palavra justificativa é usada para descrever o processo pelo qual as despesas de um projeto são comparadas às melhorias que o projeto oferece. Isso permite que uma empresa verifique se o projeto possui boas razões para ser executado, com um benefício legitimador.

A maneira como os custos de projetos se justificam, em muitas instalações industriais, depende da demonstração do retorno da despesa; ou seja, o horizonte em que o dinheiro gasto será recuperado pela organização, aumentando a produtividade e a

lucratividade. Às vezes, a justificativa é reduzir alguns problemas e despesas, o que é mais difícil de comprovar.

Como com qualquer outro projeto corporativo, uma das melhores maneiras de se justificar o gasto em segurança é mostrar aos encarregados pela aprovação das despesas que o projeto irá gerar um retorno do investimento (ROI) positivo.

Essa justificativa de retorno é geralmente calculada de acordo com um período de tempo; ela estabelece quanto tempo levará para que o dinheiro gasto seja recuperado em

Segurança: um impulso no desempenho corporativo, ou evidência de boa gestão, ou ambos

As empresas que constroem uma cultura direcionada à saúde com foco no bem-estar e na segurança da sua força de trabalho produzem maior valor para seus investidores. Essa é a conclusão a qual chega o artigo "The Link Between Workforce Health and Safety and the Health of the Bottom Line: Tracking Market Performance of Companies that Nurture 'a Culture of Health'", publicado no *Journal of Occupational and Environmental Medicine* em 2013.

Os pesquisadores observaram as empresas que recebiam o prêmio Corporate Health Achievement Award (CHAA) da entidade American College of Occupational and Environmental Medicine (ACOEM), um prêmio anual que reconhece as empresas mais seguras e saudáveis na América do Norte. Para receber o prêmio CHAA, as empresas devem estar engajadas e praticar esforços substantivos e demonstráveis para reduzir a exposição dos seus funcionários aos riscos de segurança e saúde.

O estudo mostrou que as empresas premiadas com o CHAA superaram o S&P 500 em todos os quatro cenários de investimento testados.

De acordo com o artigo, focar em saúde e segurança de uma força de trabalho afeta o desempenho, a produtividade e os custos com cuidados médicos. Essas empresas não apenas passaram a empregar funcionários saudáveis e seguros; elas construíram "culturas de saúde e segurança", que por sua vez passaram a fornecer uma "vantagem competitiva no mercado".

Apesar de admitir que é preciso mais estudos, os autores constataam: "Nossos resultados corroboram fortemente a hipótese de que focar na saúde e segurança da força de trabalho é um bom negócio".

Talvez a pesquisa tenha identificado uma associação entre empresas que focam na saúde e segurança e as empresas que gerenciam igualmente bem outros aspectos da sua atividade. "Embora correlação não seja o mesmo que causa, resultados sugerem consistente e significativamente que as empresas que focam na saúde e segurança dos seus funcionários produzem mais valor para seus investidores", escrevem os autores.

Ao concluir, o relatório resume assim suas conclusões:

Um grupo de empresas reconhecidas e premiadas pelas suas abordagens na saúde e segurança de seus funcionários supera os resultados do mercado. Isso pode representar uma associação sem relação causal, ou pode refletir a ideia de que as empresas que têm como foco a saúde e a segurança dos seus trabalhadores gerenciam igualmente bem outros aspectos de seus negócios.

Uma empresa segura é bem gerida e uma empresa bem gerida é segura. Seja como for, esse estudo indica que as duas categorias estão relacionadas; o senso comum nos diz que vale a pena perseguir ambas.

função das melhorias realizadas. Se um projeto proposto tem um período de retorno inferior a um ano, ele é geralmente aprovado pela gerência da planta, sempre que o custo esteja dentro dos limites de aprovação da despesa nos níveis da planta.

Mas o retorno é difícil de ser calculado e provado nos projetos de segurança, porque a despesa é um investimento em coisas que não aconteceriam ou não acontecerão; é um investimento em prevenção, não em fazer as coisas acontecerem. O retorno é mais difícil de ser medido e é comumente chamado de "Retorno em prevenção".

O retorno em prevenção

Contabilizar os efeitos do investimento nas melhorias em segurança e saúde acaba sendo uma atividade bastante complexa. Como regra, uma medição direta não é possível. Os sistemas de contabilidade dos gestores financeiros e de desempenho, como escrituração contábil, demonstrações financeiras e contabilidade de custos, não fornecem informações adequadas.

Embora as melhorias nos programas de segurança deem origem a despesas no curto prazo, os benefícios da prevenção surgem ao economizar o dispêndio de receitas no longo prazo.

Em contraste com a contabilidade mais tradicional, a contabilidade de prevenção explicitamente incide sobre os custos e benefícios do trabalho de prevenção.

A contabilidade da prevenção, portanto, pode ser considerada uma forma específica para analisar a relação entre custo e benefício.

Esse retorno é composto da soma dos benefícios diretos decorrentes da prevenção de acidentes de trabalho e problemas de saúde e dos benefícios indiretos dos efeitos secundários, que geram vantagens econômicas para a empresa.

Esse "Retorno em prevenção" representa a relação entre os benefícios monetários da

prevenção e os custos da prevenção.

O principal indicador de desempenho resultante, o Retorno em prevenção (ROP), é uma representação abstrata do potencial benefício econômico da segurança e saúde ocupacional. O Retorno Em Prevenção expressa a direção dos programas de segurança e saúde ocupacional e a força que desempenham para ajudar a alcançar os objetivos da empresa. Essa métrica fornece um indicador conciso sobre se os gastos em prevenção existem e sua extensão.

O retorno em prevenção foi debatido em 2011 no relatório *The return on prevention: Calculating the costs and benefits of investments in occupational safety and health in companies—Summary of results*, publicado pela International Social Security Association (ISSA). Como faltam indicadores precisos (mensuráveis) sobre os benefícios da prevenção em questões de segurança e saúde ocupacional, o projeto da ISSA baseou-se no estudo das percepções e estimativas de especialistas. O relatório explicava que:

Os resultados não devem ser interpretados com base em campos metodológicos e estatísticos, dado que são apenas avaliações e estimativas. No entanto, as conclusões são valiosas porque os entrevistados são os respectivos especialistas de suas empresas, e os estudos empíricos foram baseados em entrevistas que representam uma metodologia de pesquisa ambiciosa.

O estudo da ISSA também descobriu que:

Existem benefícios nos investimentos em segurança e saúde ocupacional em termos microeconômicos, com resultados que oferecem um retorno em prevenção com proporção de 2,2. Na prática, isso significa que para cada euro (ou qualquer outra moeda) investido em prevenção no local de trabalho por funcionário/ano, as empresas podem esperar um retorno econômico potencial de 2,20 euros (ou qualquer outra moeda).

O relatório ISSA concluiu: "Saúde e segurança ocupacional são obrigações legais dos empregadores para beneficiar os funcionários, mas é igualmente um fator de sucesso para o negócio".

O caso de negócios da segurança

No artigo "Financial Decision Makers' Views on Safety", apresentado em 2009 na revista *Professional Safety* da ASSE, se afirma que: "Os executivos financeiros entrevistados disseram que os principais benefícios de um programa eficaz de segurança no local de trabalho são por natureza predominantemente financeiros (por exemplo, aumento na produtividade, redução de custos)".

Os benefícios financeiros dos programas de melhoria da segurança podem ser vistos em três áreas. Em primeiro lugar, desde uma perspectiva do controle da perda, há um ROI considerável na redução de acidentes, já que permite manter a receita arduamente conseguida como lucros em vez de perdas. Em segundo lugar, uma melhoria no desempenho da segurança aumenta a produtividade e isso significa um aumento nos lucros.

Além disso, há um terceiro fator que proporciona retorno do investimento em segurança: o benefício humano. O ROI em termos humanos pode ser entendido como maior engajamento e aumento da moral da força de trabalho. Isso por si só já representa um retorno significativo do investimento. Além dos sentimentos positivos da gestão e da força de trabalho gerados pela satisfação de saber que todos estão fazendo o máximo para ajudar a garantir a segurança.

Pode parecer impossível ou, pelo menos, muito difícil, quantificar a moral. Mas como Douglas Hubbard sugere em seu livro, *How to Measure Anything: Finding the Values of Intangibles in Business*, bastam cinco observações para se ter uma boa ideia sobre o valor médio, com uma precisão superior a 90%. Para medir a moral, é preciso, em cinco dias diferentes, observar

aleatoriamente 10 trabalhadores para avaliar quantos deles parecem felizes e motivados (ou pelo menos sorridentes). Com a observação das cinco amostras de 10 trabalhadores, a média oferecerá uma boa ideia sobre a moral, na hipótese de que haja relação entre a moral e a atitude positiva do trabalhador. Em seguida, em intervalos adequados após a introdução de um novo programa ou alguma alteração, repita as medições simplificadas e avalie se os indicadores melhoraram.

Um bom resumo dos benefícios econômicos da segurança foi descrito por Joseph J. Lazzara em uma coluna, com título "Why Machine Safety Makes Dollars and Sense" e publicado pelo *EHSToday.com*. Ele conclui:

É evidente que impedir um único acidente mais do que paga o equipamento de segurança da máquina. Quando você inclui no conjunto a satisfação do trabalhador e a atitude positiva no local de trabalho, fica óbvio que um investimento em segurança faz sentido e atrai dólares!

CONCLUSÕES

O fim da analogia

Quando o navio se movimenta, faz sentido navegar de forma cuidadosa e prudente para minimizar os riscos de colisão com icebergs. Um investimento em coletes salva-vidas ajudará os membros da tripulação a sobreviverem se alguém cair na água ou se o barco colidir com um iceberg. Mas investir em um radar para saber onde estão os icebergs faz mais sentido. ⚠

AVISO

USAR ESSES MÉTODOS DE CÁLCULOS PARA JUSTIFICAR OS INVESTIMENTOS EM SEGURANÇA, COMBINADOS COM UMA CULTURA DA SEGURANÇA, PODE RESULTAR EM UMA OPERAÇÃO MAIS LIMPA, SEGURA E PRODUTIVA.

Capítulo 34 O retorno da segurança

INTRODUÇÃO	519
Contabilidade com precisão métrica	520
Uma revisão bibliográfica	523
Medição dos custos menos tangíveis.....	524
Uma análise da "Regra dos cinco" ..	524
Calcular os investimentos segundo o conceito Return on Conveyor Safety™ (R.O.C.S.™)	525
A importância da medição	535
Projeção da economia ao investir em segurança.....	536
CONCLUSÕES	544
Capítulo 34 Anexo Pesquisa bibliográfica sobre valores	545

INTRODUÇÃO Segurança não é custo, é investimento

Custos enormes estão ocultos no sistema de cálculo operacional, mas, com a abordagem correta, eles podem ser revelados e reduzidos mediante o aprimoramento contínuo da segurança. As economias feitas graças a uma cultura sólida em relação à segurança são enormes. Elas podem parecer, à primeira vista, inacreditáveis, especialmente se comparadas com a abordagem da "escola tradicional", em que economizar se resume a limitar os orçamentos dedicados à operação e manutenção.

Por exemplo:

- De acordo com o artigo *Return on Investment (ROI) For Safety, Health, and Environmental (SH&E) Management Programs*, publicado no site da associação American Society of Safety Engineers (ASSE, Sociedade Americana dos Engenheiros de Segurança), em 1986,

em dois canteiros de obra da usina de energia da Georgia Power, "as economias de custos diretos com acidentes evitados foram de US\$ 4,14 milhões em um canteiro e de US\$ 0,5 milhão no outro".

- A filial francesa da Schneider Electric reduziu sua taxa de ferimentos de 3,6 para 0,5 a cada 100 trabalhadores a tempo integral em 10 anos graças à identificação e eliminação dos riscos, de acordo com os registros da agência Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Administração de Segurança e Saúde Ocupacional). Isso resultou em economias anuais de US\$ 15 milhões somente em custos diretos, conforme observado por Kyle W. Morrison em um artigo publicado pela revista *Health+Safety* intitulado "The ROI of Safety."

Na indústria de manuseio de materiais a granel, a maioria das operações é administrada em função da produção, em detrimento da segurança. Justificar investimentos em segurança, sejam em treinamento, equipamentos de proteção individual ou equipamentos mais seguros, resultou ser problemático durante algum tempo. Os governos têm aplicado uma abordagem negativa, por meio da intensificação da regulamentação, seguida de inspeção após inspeção, multas sobre multas. Essa abordagem negativa fez com que a indústria chegasse a enfrentar retornos decrescentes em relação à segurança, e por isso muitas empresas agora consideram investir apenas para cumprir normas de segurança, em vez de exceder as exigências. As estatísticas mostram que, apesar da enorme pressão regulatória, só houve uma melhoria marginal na segurança nas últimas décadas.

Muitos capítulos deste livro fornecem razões e exemplos de por que a abordagem atual sobre segurança precisa mudar. Talvez sejam duas as razões mais comuns de por que não são feitos investimentos em segurança com maior frequência. Em primeiro lugar, o transportador funciona mesmo sem equipamentos de segurança ou acessórios de controle de material

fugitivo. Em segundo lugar, não há, muitas vezes, um retorno claro de curto prazo em relação aos gastos em segurança.

É difícil resistir ao desejo de produzir (e sacrificar trabalhadores e equipamentos) quando a planta e seus gestores são julgados pelos resultados financeiros de curto prazo. É difícil para os gestores convencer os auditores corporativos de que investir dinheiro em segurança aumentará a vida útil do equipamento, preservará os trabalhadores e melhorará os resultados.

Talvez os profissionais encarregados pelos cálculos estejam recebendo e contrastando os números errados. Esse capítulo põe ênfase em maneiras de se justificar esses investimentos em transportadores por meio do conceito **Production Done Safely™** (Produção com segurança).

Contabilidade com precisão métrica

Os contadores geralmente usam Princípios contábeis geralmente aceitos (GAAP) ou Normas internacionais de relato financeiro (IFRS) na preparação das demonstrações financeiras. Essas demonstrações consistem geralmente em um demonstrativo de lucros e perdas (P&L) e em um balanço.

Uma demonstração de resultados é a reconciliação entre receitas e despesas e representa as atividades ao longo de um determinado período de tempo; um balanço representa o valor dos ativos, passivos e patrimônio líquido dos acionistas em um determinado momento. Essas demonstrações geralmente se tornam documentos públicos usados por investidores, pesquisadores e governos para uma ampla variedade de propósitos. Embora as empresas respeitáveis desejem relatar com precisão a sua posição financeira, as empresas, e seus administradores, também desejam maximizar o lucro e minimizar os impostos.

Por outro lado, os governos e pesquisadores de segurança desejam mostrar os benefícios dos investimentos e frequentemente usam métodos

não tradicionais (alternativos aos GAAP ou IFRS), porém reconhecidos para analisar o impacto das políticas da empresa na indústria ou na população em geral. O resultado comum de tal análise é a familiar alegação de governos de que o custo de um regulamento é X, mas o benefício para a sociedade é um múltiplo de X ainda maior, portanto o regulamento apresenta uma relação aceitável entre o custo para a indústria e o benefício para a sociedade. Este capítulo apresentará uma combinação de medições tradicionais e não tradicionais a fim de justificar os investimentos em segurança dos transportadores de materiais a granel.

As demonstrações de fim de ano ou trimestrais de acordo com as normas GAAP ou IFRS são produzidas na tentativa de representar adequadamente a condição financeira da empresa e permitir comparações com outras empresas e entre períodos de relatório anteriores. Na preparação dessas demonstrações, são feitas numerosas estimativas, médias e suposições razoáveis. Existem pouquíssimos custos ou valores intangíveis relacionados nas demonstrações contábeis formais. Uma exceção típica no balanço patrimonial é o ativo intangível denominado "Imagem junto a clientes". (Figura 34.1.)

Figura 34.1.

A Imagem junto a clientes é um ativo intangível que representa a marca, a base de clientes e as patentes ou tecnologia proprietária da empresa, assim como a boa relação entre clientes, funcionários e comunidade.



A Imagem junto a clientes é um tipo especial de ativo intangível, pois representa aquela parcela do valor total do negócio que não pode ser atribuída a outros ativos geradores de renda, sejam eles tangíveis ou intangíveis. O valor da marca de uma empresa, uma base sólida de clientes, boas relações com os clientes, boas relações com funcionários e quaisquer patentes ou tecnologia proprietária representam essa Imagem junto a clientes. A Imagem junto a clientes é muitas vezes baseada nos relacionamentos ou na reputação desenvolvida por uma empresa como resultado dos resultados de segurança, das relações com a comunidade ou outros atributos positivos. O valor da reputação não é convertido em um valor monetário sujeito a ser incluído no balanço da empresa, mas é muito importante na execução de uma operação limpa, segura e produtiva.

Uma das maiores ameaças que uma empresa enfrenta é um desastre – tais como um acidente com múltiplas vítimas fatais ou uma catástrofe ambiental em grande escala – que, em última análise, resulte no fechamento do negócio. Quando ocorre um evento dessa magnitude, perdem-se todas as economias feitas ao comprar pelo menor preço e ao se adequar aos padrões mínimos de segurança ambiental e laboral para maximizar a produção. Esse foi o caso do desastre ocorrido na mina de carvão Upper Big Branch em 2010, nos Estados Unidos, que resultou em várias mortes e expôs as questionáveis práticas de gestão, presumivelmente projetadas para maximizar a produção e evitar as multas de inspeções de segurança. Após o acidente, o valor das ações da empresa despencou de US\$ 70 por ação para menos de um dólar. Os ativos da empresa foram vendidos e ela deixou de existir. Vários empregos foram perdidos. Os acionistas e os fornecedores perderam dinheiro e os custos humanos foram enormes, como resultado desse desastre que afetou toda a empresa. (Consulte o Capítulo 33 Custos de uma fatalidade.)

Em muitos casos, decidir por investir em segurança com base nas mudanças previstas

dos custos intangíveis será visto como um passo de fé de que o investimento realmente valerá a pena. Os executivos muitas vezes traçam objetivos de desempenho no longo prazo, relacionados aos resultados financeiros que são relatados trimestral ou anualmente por meio de demonstrações financeiras formais. Como resultado, os executivos não estão dispostos a tomar decisões que não possam comprovadamente produzir resultados no papel. Por sua vez, os gestores de operações e manutenção são frequentemente avaliados em função de orçamentos e metas de produção mensais do departamento. Os gestores locais que são julgados em função dos resultados de curto prazo não são susceptíveis a tomar decisões de investimento que não assegurem a

redução dos custos ou o aumento da produção dentro do seu ciclo orçamentário. Assim, o ciclo continua: compra com base no menor preço, gestão para maximizar a produção, corte nos custos diretos de funcionamento e nas despesas de manutenção e ainda assim esperança de resultados melhorados.

É nosso argumento que os custos intangíveis são na verdade custos "menos tangíveis", pois podem ser mensurados e usados para justificar e acompanhar os investimentos em segurança. (**Consulte Custos tangíveis e custos menos tangíveis.**) O acompanhamento desses investimentos mostra um efeito incrível sobre as finanças da empresa, segurança do funcionário, produtividade da planta e segurança ambiental.

Incidente ou atividade Custo ou benefício (US\$)	Valor mínimo	Média ou valor "padrão"	Valor máximo
Custo direto de acidente fatal	US\$ 56.000	US\$ 1.000.000	US\$ 2.150.000
Custos diretos de um acidente com afastamento	US\$ 8.000	US\$ 20.000	US\$ 680.000
Custos diretos de lesões que requeiram primeiros socorros	US\$ 900	US\$ 1.450	US\$ 2.200
Custos hospitalares de uma doença industrial	US\$ 7.000	US\$ 20.000	US\$ 1.700.000
Catástrofe com impacto em toda a empresa	US\$ 5.600.000	US\$ 300.000.000	US\$ 600.000.000
Proporção entre custos diretos e indiretos	1,1:1	3,75:1	8:1
ROI de programas e cultura de segurança	25%	225%	600%
Aumento da produtividade devido à segurança	2%	14%	35%
Custos de parada não programada por hora	US\$ 5.000	US\$ 25.000	US\$ 50.000

Figura 34.2.

Resumo bibliográfico:
Custos do empregador e Economias da segurança (US\$).

Probabilidade de uma lesão ou doença por trabalhador por ano	Valor mínimo	Média ou valor "padrão"	Valor máximo
Acidente fatal	0,000038	0,00034	0,00095
Lesão com afastamento (3 dias ou mais)	0,00043	0,0375	Dados insuficientes
Lesão de primeiros socorros	0,01445	0,050	Dados insuficientes
Doença industrial fatal	0,00043	0,00063	0,000893

Figura 34.3.

Resumo bibliográfico:
Probabilidade de uma lesão ou doença.

Uma revisão bibliográfica

Quase todos os artigos sobre segurança apresentam uma afirmação do tipo: "É óbvio que a segurança vale a pena".

Há muitos artigos sobre segurança que apresentam, de forma anedótica, as economias realizadas, mas a indústria ainda precisa compreender as conexões e reuni-las em um corpo de conhecimento comum e uma metodologia que possa ser usada para justificar

Custos tangíveis e custos menos tangíveis

A lista de custos tangíveis e menos tangíveis pode ser extensa dependendo da complexidade do sistema e do tamanho da operação. A seguinte lista de sugestões

destina-se a fornecer ideias sobre onde procurar custos que podem ter um efeito nos investimentos em segurança.

Custos mais tangíveis (de fácil medição)	Custos menos tangíveis (de difícil medição)
Despesas de capital inicial	Qualquer perda de produção devido à parada não planejada
Custos de transporte	Custos de conformidade em segurança
Montagem e instalação	Funcionalidade do sistema
Manutenção	Vida útil esperada do componente
Custo de peças sobressalentes	Custos de garantias
Custos operacionais	Custo de substituição
Custo inicial dos componentes	Previsão do tempo de reparo
Custo da mão de obra para manutenção	Gestão para caso de lesão
Custo de eletricidade por quilowatt-hora	Custos médicos de cirurgia, remédios e reabilitação
Seguro contra acidente de trabalho	Produtividade perdida/reduzida
Perda de produtos ou serviços	Tempo para ir a consultas médicas
Relatórios e inspeções governamentais	Parada de produção
Tempo de execução	Custos administrativos
Espera de ferramentas ou peças	Exigência de pagamentos de horas extras
Aguardar operações de limpeza ou desligamento do sistema	Tempo de contratação de substituto
Custos de seguro de saúde	Entrevistar e treinar novo funcionário
	Atrasos nos envios e encomendas
	Atenção negativa da mídia
	Sanções e multas
	Honorários advocatícios
	Danos aos equipamentos, máquinas, materiais e instalações
	Perda de reputação
	Degradada a fidelização e o apoio de clientes
	Custos de gestão devido ao acidente, incluindo inspeções e inquéritos
	Perda de tempo de funcionários que, durante um acidente, precisam prestar auxílio, administrar primeiros socorros e servir de testemunhas
	Enfraquecimento da moral dos funcionários
	Redução do ritmo de trabalho devido a que outros funcionários temem sofrer lesões

os investimentos em segurança. Como indústria, nós ainda precisamos oferecer aos gestores as ferramentas para provar o óbvio.

Quase todos os artigos de pesquisas sobre o custo da segurança abordam três categorias de custos. Aqui, eles serão chamados de: Custos do empregador, custos humanos e custos comunitários. Em todos os casos, conclui-se que o empregador arca com a menor parte dos custos, enquanto a sociedade e o trabalhador (ou a família do trabalhador) compartilham a maior parte deles. Estima-se que os custos a serem imputados ao empregador variem entre alguns por cento e um terço do custo total, ficando o restante quase igualmente repartido entre o trabalhador e a comunidade.

O fundamento dos cálculos dos investimentos segundo o conceito **Return on Conveyor Safety™** (Retorno do investimento na segurança ao trabalhar com transportadores) é estabelecer os custos que devem ser reduzidos e a probabilidade de que ocorra um incidente que ameace a segurança. A literatura cita uma série de custos diretos e indiretos em relação a categorias comuns de relatórios de lesões. Os relatórios e as definições das classes de ferimentos variam de país para país, bem como a inclusão ou não dos custos indiretos. Ao refinar os dados de várias fontes, a intenção era detalhar os custos do empregador na **Figura 34.2** e as probabilidades na **Figura 34.3**.

Medição dos custos menos tangíveis

Gerentes de operações e manutenção muitas vezes não conseguem justificar esses investimentos óbvios, porque eles não têm os dados ou comprovações para fazer com que os executivos se sintam seguros na tomada de decisão. Ao lançar o "próximo grande programa do mês", os executivos normalmente não conseguem convencer os gestores locais dos benefícios óbvios do programa.

Em seu livro *How to Measure Anything*, Douglas W. Hubbard descreve vários métodos sobre como medir o valor de custos e os

benefícios menos tangíveis das empresas. Duas de suas premissas básicas são: 1) aquilo que estiver diretamente relacionado com a tomada de decisão deve ser mensurado e 2) não é preciso uma grande quantidade de dados para estar confiante de que as medições refletem um valor estatisticamente válido. Hubbard promove a "Regra dos cinco". Ela se refere ao fato estatístico de que há 93,75% de chances de que o valor da mediana do que está sendo medido (ou seja, ponto em que a metade dos valores fica acima e a outra metade, abaixo) se encontrará entre os menores e os maiores valores de cinco amostras aleatórias do total do grupo em questão.

Essa metodologia fornece mais de 90% de confiança de que o resultado estimado será alcançado.

Uma análise sobre a "Regra dos cinco"

A Regra dos cinco é uma técnica útil para reduzir a quantidade de dados necessários para se provar a necessidade ou o resultado de um investimento com 90% (ou mais) de confiança. Ela começa com a coleta de cinco amostras aleatórias da população.

Como Hubbard observa, a chance de se escolher aleatoriamente um valor acima de uma mediana (desconhecida) é de 50%. Há, portanto, a mesma chance de 50% de se selecionar um valor abaixo da mediana.

Demonstração: se uma moeda for lançada para cima cinco vezes, a chance de se obter "cara" todas as cinco vezes é de 3,125% ($50\% \times 50\% \times 50\% \times 50\% \times 50\% = 3,125\%$ de chance que sejam todas "Caras"). O mesmo para se obter "Coroa". Portanto, a probabilidade de que pelo menos um indivíduo esteja acima e de que outro esteja abaixo da mediana da população é de 93,75% ($100\% - (2 \times 3,125\%) = 93,75\%$). (**Figura 34.4.**)

Assim, se uma seleção aleatória for feita cinco vezes, há uma probabilidade de 93,75% de que a mediana da população total esteja entre

os maiores e menores valores no grupo das seleções aleatórias.

Eis aqui um exemplo: Os trabalhadores de manutenção têm reclamado que uma ferramenta usada com frequência provoca beliscões quando operada. O fornecedor é contatado e diz que a ferramenta pode ser reparada, mas que isso será caro, o que torna relevante pensar em "reparar ou substituir" a ferramenta. Além disso, o vendedor considera que a ferramenta continua sendo segura para uso, não representando um risco real. Como os ferimentos são menores, e não sujeitos a serem registrados, o chefe sugere atrasar o reparo e esperar até o orçamento do próximo ano. Mas alguns dos trabalhadores estão usando métodos diferentes, menos produtivos, para evitar o uso da ferramenta e, mais cedo ou mais tarde, o método alternativo resultará em um incidente de primeiros socorros. O que convenceria o chefe a dispor do dinheiro agora?

Uma das abordagens é usar a Regra dos cinco para se obter os fatos necessários para convencer o chefe. Para fazer isso, observe e registre informalmente cinco situações. A ferramenta foi ou não usada? Quanto tempo levou o procedimento alternativo a mais que o procedimento feito com a ferramenta?

Suponha que os resultados mostrem que a ferramenta não foi utilizada 3 de cada 5 vezes,

Figura 34.4.

A "Regra dos cinco" indica que de cada cinco amostras, haverá 93,75% de chances de que ao menos uma amostra esteja acima e outra, abaixo da mediana.



Figura 34.5.

Cálculos de retorno do investimento (ROI)

$$\text{ROI} = \frac{\text{Economia total}}{\text{Custos totais}}$$

$$\text{ROI} \times 100 = \text{ROI\%} \quad \frac{1}{\text{ROI}} = \text{Anos até o retorno}$$

e que o tempo extra de mão de obra necessário para concluir o procedimento seja de 1 hora e que cada hora de trabalho valha US\$ 75. Informe ao chefe que, com 90% de confiança, o procedimento exige 60% a mais de tempo (3/5) para ser concluído e que o custo para a empresa é de 60% da hora de trabalho, o que representa US\$ 45 cada vez que o procedimento é necessário.

Adiar a compra da ferramenta evidencia a redução da produtividade na manutenção. Além disso, não é uma questão de "se" haverá um incidente de primeiros socorros, e sim de "quando" ele ocorrerá. Como resultado, o chefe concorda com a substituição da ferramenta.

Depois da compra da nova ferramenta, observe novamente cinco procedimentos e registre que a ferramenta nova foi usada todas as vezes (eliminando o risco) e que ninguém sofreu beliscões (eliminando os riscos de utilização da ferramenta antiga).

Para concluir o projeto, apresente os resultados ao chefe.

Calcular os investimentos segundo o conceito Return on Conveyor Safety™ (R.O.C.S.™)

Como resultado de décadas de "Gestão por objetivos" e "Compra baseada no menor preço", existem muitas mais possibilidades de se economizar eliminando custos indiretos e menos tangíveis do que simplesmente controlar orçamentos e emitir decretos de gestão. Dependendo da operação, certamente há oportunidades para se reduzir custos diretos. Mas investir em equipamentos, treinamento e programas que tornam a operação mais limpa, segura e produtiva oferecerão uma economia de custos muito maior.

Os consultores de gerenciamento da EY Global analisaram a questão da produtividade. Em uma publicação de 2014, *Productivity in Mining*, eles observaram que, durante o

último ciclo de crescimento em commodities, a tentativa das mineradoras de maximizar a produção estendendo os períodos de produção ou aumentando o fluxo de produção na verdade resultou em uma diminuição de 44% na produtividade. Foram precisos 44% a mais de mão de obra por unidade de produção com a abordagem de gestão baseada no corte de gastos e no "funcionamento até quebrar" do que antes do ciclo de crescimento. Uma série de outros estudos indica uma forte ligação entre segurança e produtividade.

As seções a seguir descrevem vários cálculos úteis na avaliação dos investimentos com base no conceito Return On Conveyor Safety™ (R.O.C.S, Retorno do investimento na segurança ao trabalhar com transportadores).

Retorno do investimento

Em sua forma mais simples, o Retorno do investimento (ROI) é a economia produzida por uma melhoria dividida pelo custo dessa melhoria. O período de tempo para que se estabeleçam os valores de custo direto e economia direta é geralmente de um ano. (**Figura 34.5.**) O ROI pode ser expresso de várias formas: como uma proporção, uma porcentagem ou em tempo. Embora um conceito que seja fácil de entender, essa abordagem geralmente não inclui os custos indiretos nem leva em consideração o valor do tempo do dinheiro. A abordagem do ROI para justificar investimentos é a mais adequada para fins de comparação básica dos custos não classificados como investimentos de capital. Ela funciona melhor nas compras com vida útil de menos de um ano e/ou nas compras com nível de custo estabelecido pela empresa como sendo inferior à sua classificação de gastos de capital. Em outras palavras, quando o investimento possa ser gasto no mesmo orçamento fiscal anual.

Para análise de investimentos de longo prazo, é necessário considerar os investimentos iniciais, além das receitas e despesas que se acumulem ou ocorram ao longo do tempo. Exceto para empresas muito pequenas que

estão autorizadas a prestar contas com base no regime de caixa, a legislação fiscal exige que as empresas contabilizem as despesas de forma que correspondam com as receitas geradas em um mesmo ano fiscal. Esse tipo de contabilidade é conhecido com contabilidade de exercício.

Custos

Os custos geralmente são divididos entre custos diretos e custos indiretos. Os primeiros são aqueles especificamente envolvidos com a produção do produto ou serviço, tais como mão de obra, materiais e energia. Os custos indiretos, facilmente identificados, são aqueles relacionados a funções de apoio, tais como manutenção, limpeza, vendedores, gestão e até mesmo os contadores.

Os custos ainda podem ser classificados como fixos e variáveis. Custo fixo é aquele que não varia em função da produção, tais como a segurança. Custo variável é aquele que, sim, varia em função da produção, como a quantidade de energia consumida.

Os custos diretos e indiretos podem ser fixos e variáveis. Para efeitos de análise de um investimento em segurança, muitas vezes, é útil alocar os custos que são associados a um problema e distribuí-los ao longo de um período de tempo. Um custo fixo seria o mesmo a cada ano, enquanto um custo variável pode mudar de ano para ano. Um custo fixo típico poderia ser um contrato de serviço anual para fins de diagnósticos avançados. Um custo variável típico poderia ser uma despesa interna de manutenção, que pode aumentar ao longo do tempo à medida que o equipamento se desgasta. Algumas empresas chamam os custos indiretos de despesas gerais e elaboram uma fórmula que distribui esses custos indiretos pelas horas de mão de obra direta ou toneladas de material produzido. Sejam eles diretos ou indiretos, variáveis ou fixos, o mais importante é identificar o máximo de custos possíveis e ajustá-los o mais próximo possível do período de tempo em que se espera que ocorram.

Economias

Receitas — em termos contábeis, às vezes, chamadas de volume de negócios ou vendas — também podem representar a economia ou receita adicional produzida por um investimento. A economia feita pelos investimentos em segurança pode ser menos óbvia ou menos tangível do que a economia mediante a redução de custos diretos, como a redução de sucata ou da mão de obra na produção. Assim como com as despesas, é necessário estimar as mudanças ao longo do tempo nas economias realizadas pelos investimentos em segurança.

Como os pressupostos para a melhoria na segurança são frequentemente baseados em atividades e incidentes futuros desconhecidos, podem-se usar estatísticas, como a probabilidade de ocorrência de um evento, para se estimar as economias. Por exemplo, a probabilidade de que ocorra um acidente com afastamento, de acordo com a Organização Internacional do Trabalho das Nações Unidas, é de 0,003% por trabalhador por ano em média. Em outros casos, existem relações estabelecidas com base em dados da planta ou pesquisas que podem ser usados para estimar as economias. De acordo com outro exemplo, foi demonstrado que os investimentos na redução de material fugitivo normalmente prolongam a vida útil dos componentes do transportador de 25 a 40%.

Assim como acontece com os custos, é importante identificar a máxima economia possível e ajustá-la da forma mais aproximada possível com o período de tempo em que se espera que ocorra.

Despesa de capital

O custo inicial, se for significativo, muitas vezes é chamado de despesa de capital ou valor "CapEx". Esse valor de capital inclui tanto a compra quanto os custos iniciais de instalação do equipamento. Um equipamento que é considerado capital é chamado de ativo. Programas de longo prazo que envolvem quase que exclusivamente a mão de obra — como treinamento ou a contratação de recursos

externos para se estabelecer uma cultura de segurança — podem ser capitalizados, mas normalmente são despesas realizadas no ano em que ocorrem.

As regras de contabilidade exigem que as empresas compatibilizem as despesas com as receitas geradas, de modo que os investimentos de capital devem ser distribuídos em um determinado período de tempo que represente um tempo de vida útil razoável. A maioria dos governos define esses prazos em suas regulamentações contábeis para ajudar a equilibrar as receitas e a facilitar a comparação do desempenho financeiro entre as empresas.

Despesa de depreciação

Para compatibilizar ou distribuir o custo do capital durante a vida útil do equipamento, utiliza-se um método de contabilidade chamado despesa de depreciação, chamada frequentemente apenas de depreciação. Existem diferentes fórmulas usadas, mas a abordagem mais básica é chamada de depreciação linear, em que o custo de capital é dividido pela vida útil em anos. A despesa resultante é retirada anualmente da receita na declaração de lucros e perdas; o valor decrescente do capital em equipamento é contabilizado no balanço, reduzindo a cada ano o valor de acordo com a quantidade de depreciação.

Se uma peça de equipamento instalado tiver um custo de US\$ 100.000 e uma vida útil de 10 anos, o custo anual no demonstrativo de lucros e perdas seria de US\$ 10.000 por ano (US\$ 100.000 divididos por 10 anos). No balanço anual, o valor do equipamento sofreria a redução desse valor até ser totalmente depreciado. O valor do equipamento listado como ativo seria de US\$ 100.000, menos a depreciação acumulada, então o valor do ativo diminui ao longo do tempo até atingir zero. Uma peça de equipamento de US\$ 100.000 seria depreciada em US\$ 10.000 a cada ano. Assim, o valor líquido do ativo seria: 1º ano: (US\$ 100.000 - US\$ 10.000 = US\$ 90.000), 2º ano: (US\$ 90.000 - US\$ 10.000 = US\$ 80.000) e assim por diante.

Os governos, para incentivar o investimento, muitas vezes, manipulam as regras de capitalização e tributação. Por exemplo, se o governo determinar que a sociedade se beneficiaria se todos os equipamentos de proteção fossem atualizados, ele poderia aprovar uma lei para que as empresas possam deduzir as proteções no ano em curso, em vez de depreciá-lo ao longo dos anos. O efeito líquido é diminuir os impostos pagos nesse ano pela empresa, o que muitas vezes é um incentivo suficiente para que as empresas invistam. O governo, para justificar tal alteração, pode ter calculado que haverá menos pessoas com deficiência no futuro, reduzindo assim as despesas do governo relacionadas à incapacidade e assim proporcionar um benefício líquido para todos os contribuintes.

Custo de oportunidade e disponibilidade

O custo de oportunidade é o valor da produção perdida devido a eventos não programados, como falhas no maquinário, desligamentos para fins de limpeza ou incidentes de segurança. O conceito determina que se o produto não estiver disponível para processamento e, conseqüentemente, para venda, perde-se uma oportunidade de lucro. A equação é mostrada na **Figura 34.6**.

Um conceito relacionado é o da disponibilidade. A disponibilidade, normalmente expressada como porcentagem, representa o tempo que se prevê que o sistema (um transportador, por exemplo) ficará disponível para produção em comparação com o tempo em que ele realmente permanece em produção. A equação é mostrada na **Figura 34.7**.

O tempo médio entre falhas (MTBF) pode ser qualquer evento que cause uma paralisação não planejada do transportador, tal como uma lesão, necessidade de limpeza ou falha de um componente essencial. (O tempo médio é o número que deixa a metade dos períodos de tempo entre falhas acima e a outra metade abaixo. Ele é um termo estatístico ligeiramente diferente da média aritmética do tempo entre falhas.) Para efeitos de avaliação de investimentos em segurança, o tempo médio entre incidentes é utilizado indistintamente com o tempo médio entre falhas na

Figura 34.7.

Os custos de oportunidade aumentam quando a disponibilidade é menor que 100%.

Confiabilidade

A tecnologia de transportadores não se desenvolve de forma coordenada e incremental, mas sim em etapas descontínuas. Atualmente, as correias transportadoras são fortes, largas e rápidas o suficiente para transportar grandes volumes de materiais a granel em grandes distâncias. No entanto, muitos dos componentes não são capazes de suportar velocidades, desgaste, forças de impacto ou materiais fugitivos durante tempo suficiente para evitar paradas não planejadas do equipamento. Além disso, como os custos de capital dos transportadores são altos e os riscos que mudanças não comprovadas podem oferecer à produção, a engenharia de transportadores tende a ser conservadora e o desenvolvimento de novas tecnologias pode levar décadas.

A incapacidade de incluir objetivos razoáveis referentes à confiabilidade e capacidade dos transportadores nos estudos de viabilidade

Figura 34.6.

Cálculo do custo de oportunidade.

Figura 34.7.

Cálculo da disponibilidade.

$$\text{Custo de oportunidade} = \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}} \times \text{Parada não planejada (horas)} \times \left[\frac{\text{Vendas}(\$)}{\text{tonelada}} - \frac{\text{Custo das vendas}(\$)}{\text{tonelada}} \right]$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo médio entre falhas}}{\text{Tempo médio entre falhas} + \text{Tempo médio de reparo}}$$

Cálculo de confiabilidade do sistema transportador

A confiabilidade de um sistema tal como ilustrado nas tabelas a seguir é calculada conhecendo ou estimando a taxa de falha de cada componente durante o período de tempo em questão. Para transportadores, um período de tempo típico é o período entre as principais paradas. O objetivo é que o sistema funcione de forma confiável entre as principais paradas programadas.

Valores de confiabilidade considerados entre as principais paradas no cálculo do exemplo

Componente principal	Confiabilidade dos componentes	Componente sensor	Confiabilidade dos sensores	Acessório	Confiabilidade dos acessórios
Transmissão	0,999	Temperatura e vibração	0,985	Calha-guia e chapas de desgaste	0,875
Correia	0,990	Velocidade zero	0,975	Alinhador de correia	0,825
Polias	0,997	Deteção de rasgo	0,998	Raspadores de correia	0,750
Chute	0,950	Chute entupido	0,925	Proteções	0,800

Para o sistema principal em série, calcule a confiabilidade:

$$R_{\text{Sistema principal}} = R_{\text{Transmissão}} \times R_{\text{Correia}} \times R_{\text{Polias}} \times R_{\text{Chute}} = (0,999) \times (0,990) \times (0,997) \times (0,950) = 0,937.$$

Nesse exemplo, há 93,7% de chances de que o sistema estará disponível conforme o desempenho exigido da Transmissão, Correia, Polias e Chutes, dado que a falha de qualquer desses componentes faz com que todo o sistema falhe.

Se um Sensor ou Acessório falhar, isso não causará a falha de todo o sistema, mas pode contribuir para a falta de confiabilidade do sistema.

Calcule a confiabilidade dos sensores:

$$R_{\text{Sensores}} = R_{\text{Temp/Vib}} \times R_{\text{Rasgo}} \times R_{\text{Zero}} \times R_{\text{Entupimento}} = (0,985) \times (0,975) \times (0,998) \times (0,925) = 0,887$$

Os Sensores e Acessórios não estão em passagens críticas, mas operam em paralelo com os sistemas principais.

Calcule a confiabilidade dos acessórios:

$$R_{\text{Acessórios}} = R_{\text{Calha/Chapa}} \times R_{\text{Alinhador}} \times R_{\text{Raspadores}} \times R_{\text{Proteções}} = (0,875) \times (0,825) \times (0,750) \times (0,800) = 0,433$$

Combine as confiabilidades do sistema principal, sensores e acessórios para se obter a confiabilidade ou probabilidade de que o transportador não sofrerá uma parada não programada antes da principal parada planejada.

Para determinar a confiabilidade do sistema transportador, combine as confiabilidades

Os sensores e acessórios são tratados como um sistema em série:

$$R_{\text{Sensores+Acessórios}} = R_{\text{Sensores}} \times R_{\text{Acessórios}} = (0,887) \times (0,433) = 0,384$$

Os Sensores e Acessórios são colocados em paralelo com o Sistema principal para receber toda a confiabilidade do sistema:

$$R_{\text{Transportador}} = 1 - [(1 - R_{\text{Principal}}) \times (1 - R_{\text{Sensores+Acessórios}})] = 1 - [(1 - 0,937) \times (1 - 0,384)] = 96,1\%$$

Observação: se todos os subsistemas funcionassem com uma confiabilidade de 99,9% entre as principais paradas programadas, a confiabilidade global do transportador seria de 99,9%.

$$R_{99,9} = 1 - [(1 - 0,937\%) \times (1 - 0,992)] = 0,999 \text{ ou } 99,9\% \text{ confiável.}$$

Isso mostra que é importante cuidar de todos os sistemas para alcançar a melhor confiabilidade.



Diagrama de confiabilidade entre combinação em série e paralela.

de um projeto é uma das principais razões pelas quais os sistemas transportadores são projetados com expectativas não razoáveis e, com frequência, não atingem sua capacidade projetada. A planta e seu sistema transportador foram projetados para produzir a tonelagem necessária e processar o material a granel de forma lucrativa, mas não para obter a confiabilidade do equipamento transportador.

Examinar a equação de confiabilidade (Figura 34.8) de transportadores requer entender a probabilidade de falhas de todos os componentes críticos do sistema transportador. A falha de qualquer desses componentes poderia causar uma interrupção não programada do sistema.

A combinação mais simples das confiabilidades do componente descritas de forma linear é chamada de confiabilidade da série. Se um componente falhar, o sistema também falhará. Conforme mostrado na Figura 34.9, se uma polia principal falhar inesperadamente, o sistema transportador disponível passa a ser um sistema indisponível.

A manutenção e o funcionamento dos transportadores são frequentemente focados nos componentes principais. Essa filosofia de operação, como mostrada na Figura 34.10, é comum: enquanto a carga está saindo da correia, não há necessidade de uma parada não planejada para corrigir problemas.

Confiabilidade = $\frac{\text{Tempo médio entre incidentes}}{\text{Tempo médio até a falha}}$

Confiabilidade de sistemas de funcionamento em série = $R_1 \times R_2 \times R_n \dots$
 Confiabilidade de sistemas de funcionamento em paralelo = $1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_2) \times (1 - R_n) \dots]$
 Em que R = Probabilidade de falha de um sistema entre manutenção programada
http://rliawiki.com/index.php/RBDs_and_Analytical_System_Reliability

Figura 34.8.

Cálculo da equação de confiabilidade cortesia de <http://reliawiki.com/index>.

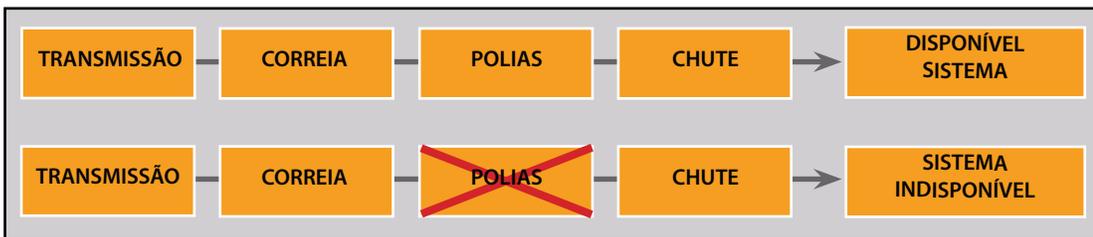


Figura 34.9.

Gráficos de série de confiabilidade dos principais componentes do transportador. Superior: Todos os componentes estão operando e o sistema transportador está disponível. Inferior: Uma falha na polia principal tornou o transportador indisponível.



Figura 34.10.

Confiabilidade paralela em um sistema transportador – A.



Figura 34.11.

Confiabilidade paralela em um sistema transportador – B.



Mas a confiabilidade do sistema transportador é mais complicada do que a simples relação em série de todas as probabilidades de falhas dos componentes principais. A **Figura 34.10** mostra um gráfico de confiabilidade de sistema em paralelo em que os componentes principais são protegidos pelos sensores do sistema paralelo, e o desempenho de todo o sistema foi aprimorado por meio da utilização de acessórios comuns. Mas como mostrado na **Figura 34.11**, um sensor de chute entupido foi desconectado devido à frequente trepidação e os raspadores de correia não estão funcionando. Ainda assim, o sistema principal – transmissão/correia/polias/chute – é considerado operacional e a produção continua. Mas nesse caso, a gestão da planta é essencialmente uma loteria. Se a sorte continuar soprando a favor, as metas de produção serão cumpridas e eles poderão corrigir os problemas na próxima parada programada. Mas qual é o risco que estão tomando? Eles estão jogando roleta russa com o investimento de capital e com a saúde e segurança dos trabalhadores.

Pesquisas mostram que as empresas que param para corrigir os problemas assim que possível e praticam gestão de manutenção avançada tendem a ser de 20 a 30% mais seguras e de 20 a 25% mais produtivas.

Valor presente líquido e Taxa interna de retorno

O Valor presente líquido (VPL) é uma medida financeira amplamente utilizada para comparar

investimentos de todos os tipos. A ideia básica é adiantar uma sequência de investimentos e custos anuais para fornecer uma comparação mais precisa das alternativas de investimento. (**Figura 34.12.**) Uma forma de VPL é o custeio do ciclo de vida em que duas ou mais opções são avaliadas com base no preço inicial, nos custos anuais e na vida útil esperada expressa em valores atuais. Geralmente, a opção com o VPL mais alto seria a escolha mais sensata.

A Taxa interna de retorno (TIR) mostra a taxa de retorno anual composta de um investimento e é definida como a taxa de juros (ou de desconto) que torna o VPL igual a zero. (**Figura 34.13.**)

Tanto o VPL quanto a TIR são ferramentas financeiras que podem ser usadas para comparar opções de investimento, incluindo investimentos em segurança.

Nas figuras **34.12** e **34.13**:

- Fluxo de caixa = as economias esperadas em um ano específico menos os custos de operação e manutenção do projeto nesse ano.
- I = o número total de períodos (normalmente anos) usado na análise.
- Investimento inicial = os custos iniciais de compra, entrega e instalação do projeto.
- R = o custo ponderado do dinheiro para a empresa de todas as fontes: empréstimos, venda de estoque, entre outros.

Figura 34.12.

Cálculo do Valor presente líquido (VPL)

$$\text{Valor presente líquido} = - \text{Investimento inicial} + \sum_{i=1}^I \frac{\text{Fluxos de caixa anual}}{(1 + R)^i}$$

$$\text{VPL} = - \text{Investimento inicial} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 1}}{(1 + R)^1} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 2}}{(1 + R)^2} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 3}}{(1 + R)^3} \dots$$

Figura 34.13.

Cálculo da Taxa interna de retorno (TIR).

$$\text{Taxa interna de retorno} = \text{Que taxa } R \text{ tornará um VPL} = 0?$$

$$0 = - \text{Investimento inicial} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 1}}{(1 + \text{TIR})^1} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 2}}{(1 + \text{TIR})^2} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 3}}{(1 + \text{TIR})^3} \dots$$

Expresso em decimais e normalmente chamado de taxa de desconto.

Ele também pode ser considerado como a taxa de inflação.

- TIR = a taxa de desconto que torna o VPL igual a zero.

O VPL permitirá que uma empresa analise as economias futuras totais obtidas ao longo da vida de um aprimoramento. A TIR deve ser encontrada usando tentativa e erro para descobrir a taxa que torna o VPL igual a zero. A TIR mostrará a que taxa de juros do investimento ultrapassar o ponto de equilíbrio (break even). Se a TIR de um novo projeto exceder a taxa de retorno exigida pela empresa, esse projeto poderá ser desejável. Se a TIR ficar abaixo da taxa de retorno exigida, o projeto poderá ser rejeitado.

O VPL e a TIR podem ser mais bem utilizados para comparar diferentes decisões de investimento ao longo do mesmo período de tempo e taxas de desconto. Normalmente é aconselhável relatar o VPL e a TIR em conjunto, dado que existem várias limitações à interpretação da TIR.

Não deixe essas fórmulas aparentemente complexas impedirem seus cálculos. Assim que as anotações matemáticas passarem, é bem fácil compreender os resultados. Praticamente todos os softwares de planilhas dispõem de funções VPL e TIR em que os números podem ser inseridos e o computador realiza os cálculos.

Muitas vezes, comprar com base no menor preço em vez de comprar com base em valor ou no custo do ciclo de vida resulta em VPL e TIR negativos, o que significa que esses investimentos subótimos realmente representam custos, em vez de economias.

Em transportadores de correia, obter um VPL negativo é um resultado comum ao se investir em componentes para reduzir materiais fugitivos que não passam por manutenção ou ao comprar equipamentos de segurança que não são usados. Como resultado, os custos relacionados a materiais fugitivos e incidentes

de segurança continuam, porque os sistemas de controle desses problemas não são uma exigência absoluta na produção. A compra de equipamento e a sua não utilização, ou não manutenção, aumentam os custos da empresa. As economias feitas devido à ausência de manutenção ou com a não utilização de um subsistema são economias fantasmas.

A operação sofre duas penalizações, ou seja, paga os custos inicial sem receber qualquer benefício.

Infelizmente, é muito comum tomar uma decisão míope ao comprar equipamentos especializados e, em seguida, depender da manutenção da equipe interna para mantê-los produtivos. A realidade é que a maioria das empresas ainda é gerida usando os conceitos da "escola tradicional", como a filosofia do "funcionar até quebrar", de forma que os orçamentos de manutenção têm sido espremidos e os cronogramas de produção ampliados ao ponto de não haver equipes nem tempo de parada suficientes para realizar a manutenção de todos os equipamentos. Como resultado, a falta de manutenção e treinamento da equipe de manutenção torna-se uma das principais causas de acidentes.

Como representam investimentos de longo prazo com benefícios menos tangíveis, os sistemas que promovem a segurança e o controle de materiais fugitivos não são priorizados frente aos equipamentos relacionados à produção. Como consequência, os departamentos de manutenção internos raramente dispõem dos recursos para manter esses sistemas, ou seja, o equipamento que promove a saúde e segurança dos trabalhadores no longo prazo. Uma pesquisa das equipes de manutenção e vendas da Martin Engineering estimou que menos de 20% dos transportadores são devidamente equipados com raspadores de correia e outros sistemas de controle de material fugitivo e, dentre os que possuem esses sistemas, apenas 25% são os que recebem manutenção adequada.

Utilização da classificação dos níveis de material de retorno para avaliar o desempenho da limpeza dos sistemas de limpeza da correia

Níveis de limpeza da correia, usados como um objetivo ou como um guia para avaliar o desempenho dos sistemas de limpeza de correias, são discutidos na 7ª edição do livro da CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) *Belt Conveyors for Bulk Materials*.

No capítulo “Belt Cleaners and Accessories”, o livro da CEMA explica como usar os níveis, estabelecendo o seguinte:

O material de retorno não pode ser totalmente eliminado assim que o nível de material de retorno deve ter como referência os requisitos da aplicação específica. Por exemplo, um transportador em uma instalação portuária pode exigir uma correia muito limpa, em Nível IV, para minimizar a queda de material de retorno na água e, dado que o transportador transmite diversos materiais, para evitar a contaminação que não pode ser tolerada. Em outras aplicações como a mineração a céu aberto, é possível tolerar maior nível de material de retorno, tipicamente em Nível II, em virtude da localização e do design das transferências, pois os acúmulos de material de retorno podem ser removidos com equipamentos automatizados, não afetando assim a produção.

Nível de material de retorno	Quantidade de material de retorno, peso seco, valor médio
Nível I	> 0,05 lbf/pés ² (250 g/m ²)
Nível II	> 0,02 a 0,05 lbf/pés ² (100 a 250 g/m ²)
Nível III	> 0,002 to 0,02 lbf/pés ² (10 a 100 g/m ²)
Nível IV	0,0004 to 0,002 lbf/pés ² (2 a 10 g/m ²)

Tabela 11.5 Níveis de material de retorno da CEMA

O nível de desempenho do raspador (ou a quantidade de material de retorno remanescente na correia) é determinado pela medição real. O livro *Belt Conveyors for Bulk Materials* observa:

Os fabricantes de raspadores de correia e alguns consultores independentes podem realizar testes de material de retorno para estabelecer o desempenho do sistema de limpeza da correia. Embora a metodologia possa variar, é importante reconhecer que a limpeza da correia é um processo e, portanto, exigem-se muitas medições sob condições variáveis para estabelecer um valor médio de material de retorno.

No livro, *FOUNDATIONS™, 4ª edição: Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo do Pó e Material a*

Granel, a Martin Engineering foi a primeira a propor a utilização de determinada escala. A versão da Martin Engineering usa o Nível 0 como referência básica da quantidade de material de retorno com "nenhum" raspador instalado. Os níveis ascendem à medida que aumenta o número de raspadores instalados incrementando eficiência até alcançar o Nível 3. O que se apresenta a seguir é parte do Capítulo 31, Índices de desempenho no *FOUNDATIONS™, 4ª edição*:

O sucesso de uma operação para eliminar o material de retorno pode ser categorizado em "níveis" arbitrários. A definição desses níveis deve ser determinada por uma medida da quantidade de material de retorno que permanece em uma determinada área prescrita (geralmente, um metro quadrado) das correias. Para os fins dessa discussão, a linha de base para material de retorno restante na correia (ou "Nível 0" de limpeza) seria superior a 250 gramas de material por metro quadrado.

O Nível I de limpeza seria aquele que permite de 101 a 250 gramas de material de retorno por metro quadrado na correia. Um sistema típico de limpeza de correia que alcance o Nível I de limpeza teria apenas um único raspador primário ou um raspador secundário no estilo em v.

O Nível II de limpeza é aquele que deixa de 11 a 100 gramas por metro quadrado de correia. Para atingir esse nível de material de retorno, um sistema típico precisaria de um sistema de limpeza duplo ou triplo, composto de um pré-raspador com um raspador secundário e, às vezes, até mesmo de um terceiro raspador de correia.

O Nível III de limpeza é aquele que permite de 0 a 10 gramas de material de retorno por metro quadrado.

O sistema de limpeza que pode alcançar esse nível de desempenho em circunstâncias típicas seria um sistema de lavagem de correia que envolva uma ou várias barras de spray de água, vários conjuntos de limpeza e um método de remoção do excesso de umidade da correia. Os sistemas mais complicados ou sofisticados possuem melhor desempenho de limpeza; porém sua aquisição e manutenção são mais caras.

O livro *FOUNDATIONS™, 4ª edição*, também oferece uma metodologia chamada a Escala de Swinderman de material fugitivo para avaliar o desempenho de limpeza de correia de um transportador (ou da planta), bem como o controle de pó e derramamento. Para maiores detalhes sobre a Escala de Swinderman e suas avaliações de material fugitivo, consulte o livro ou visite martin-eng.com/FOUNDATIONS

Comparação de VPL e TIR dos sistemas de raspadores de correia

A avaliação dos níveis de material de retorno é importante ao considerar a segurança dos transportadores de correia, porque está comprovado que quanto mais material fugitivo for gerado nos transportadores de correia, maior será a necessidade de se trabalhar nas proximidades dos equipamentos. Quanto maior for a necessidade de se trabalhar nas proximidades dos transportadores de correia, maiores serão as chances de acidentes e ferimentos. Fica assim evidente que melhorar a limpeza da correia minimizará incidentes de segurança e permitirá que os investimentos da planta nesses sistemas possam oferecer um **Return on Conveyor Safety™** (Retorno do investimento na segurança ao trabalhar com transportadores).

É instrutivo comparar as diferentes opções de investimentos em raspadores de correia para reduzir os custos de limpeza. As estimativas são baseadas na comparação dos investimentos exigidos para se alcançar vários Níveis de material de retorno da CEMA. (**Consulte Utilização das classificações dos níveis de material de retorno.**)

Todos os investimentos sugeridos utilizam sistemas de limpeza da mesma Classe de aplicação da CEMA. As classes de Aplicação de raspadores de correia da CEMA foram estabelecidas com a publicação da *Norma CEMA nº 576 Classification of Applications for Bulk Material Conveyor Belt Cleaning* em 2013. Ela fornece um procedimento uniforme para determinar a severidade da aplicação de qualquer transportador de correia. Depois de determinar a gravidade da aplicação, um projetista de transportadores ou comprador de

Nível de material de retorno da CEMA (g/m ²)		Investimento inicial (US\$)	Custos de limpeza anuais (US\$)	Custos de manutenção anuais (US\$)	Fluxo de caixa líquido (US\$)
Estado atual: Nível I	>250	1.000	50.000	1.500	-50.000 + 1.500 = -48.500
Estado futuro A: Nível III de limpeza	De 10 a 100	5.000	25.000	2.500	-25.000 + 2.500 = -22.500
Estado futuro B: Nível de limpeza IV	<10	25.000	4.500	3.500	-4.500+3.500 = -1.000

Figura 34.14.

Dados de resumo do VPL e TIR do exemplo.

Estado	Taxa de desconto R	Investimento inicial anual 0	Fluxo de caixa anual 1	Fluxo de caixa anual 2	Fluxo de caixa anual 3	Fluxo de caixa anual 4	Fluxo de caixa anual 5	Fluxo de caixa anual 6	Fluxo de caixa anual 7	VPL	TIR
Estado atual	10%	1.000	-48.500	-48.500	-48.500	-48.500	-48.500	-48.500	-48.500	(215.562)	0%
Estado de futuro A	10%	5.000	-22.500	-22.500	-22.500	-22.500	-22.500	-22.500	-22.500	(104.127)	0%
Estado de futuro B	10%	25.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	(27.153)	0%

Figura 34.15.

Exemplo de cálculo do Valor presente líquido (VPL) e Taxa interna de retorno (TIR).

raspadores de correia selecionaria um sistema de limpeza que correspondesse à classificação da aplicação. Para obter mais informações, consulte a *Publicação nº 576 da CEMA*, que se encontra disponível gratuitamente para download no site da CEMA, *cemanet.org*.

A vida útil das principais estruturas dos raspadores de correia é de 7 anos; a taxa de desconto usada é de 10%.

Investimento inicial é o preço de compra de um sistema de limpeza de correia e o custo (principalmente mão de obra) para instalar dito sistema.

Custos anuais de limpeza são os custos de mão de obra e equipamentos usados na limpeza do material nas proximidades de transportadores de correia.

Custos anuais de manutenção são os gastos de substituição das lâminas, bem como da mão de obra na inspeção dos raspadores de correia e substituição de lâminas.

Os números usados no exemplo são fictícios, porém realistas; eles mostram que a manutenção do status quo é a opção mais cara. (**Figura 34.14 e Figura 34.15.**) Todas as opções resultam em um VPL negativo, porque nem todas as despesas de limpeza são eliminadas. A TIR é zero porque não há retorno positivo. O fluxo de caixa anual pode ser variado para refletir as diferenças na produção ou a necessidade de manutenção adicional à medida que o equipamento envelhece.

O Estado futuro A pode ser uma alternativa viável, mesmo com um VPL e TIR negativos, dada a necessidade de investimentos significativamente maiores para ir do Nível III ao Nível IV de limpeza. Por exemplo, a decisão de fazer o investimento de Nível III de US\$ 5.000 pode exigir somente uma decisão local (em nível de planta), mas o investimento de Nível IV de US\$ 25.000 pode exigir a aprovação da empresa. Nesse caso, escolher o Estado futuro A não é necessariamente uma má ideia e, do ponto de vista da saúde

e segurança, muito melhor do que o estado atual.

Se a comparação fosse feita com um ROI simples, sem considerar o valor temporal do dinheiro, os resultados seriam:

ROI simples do Estado futuro A

$[(50.000 - 25.000) + (1.500 - 2.500)]/5.000 = 24.000/5.000 = 4,8$ ou (480%) ou 2,5 meses de retorno.

ROI simples do Estado futuro B

$[(50.000 - 4.500) + (1.500 - 3.500)]/25.000 = 43.500/25.000 = 1,74$ ou (174%) ou 6,9 meses de retorno.

A importância da medição

O objetivo desta análise é reduzir a incerteza na tomada de decisões para que a administração possa alocar recursos nos investimentos que aumentem a produtividade com risco mínimo. A incerteza e o risco não podem ser reduzidos a zero, por isso é importante medir os custos que incidem diretamente no aumento da produtividade e da segurança.

Há muitas desculpas para evitar a medição de custos menos tangíveis. Elas incluem: "Isso não pode ser medido", "É muito caro", "Demanda muito tempo", "É uma invasão de privacidade", "Isso irá expor informações confidenciais", "As estatísticas mentem", entre outras. O livro *How to Measure Anything – Finding the Value of Intangibles in Business*, de D.W. Hubbard, é uma referência valiosa para aqueles que se dedicam a melhorar a segurança e que se deparam com essas desculpas comuns da gerência. Normalmente, apenas algumas coisas realmente importam na hora de tomar uma decisão sobre um investimento em segurança, mas o valor dessas poucas informações é geralmente muito importante. E, se é importante, pode ser medido. A única objeção válida em relação à medição é se o custo dela exceder o valor da informação ao tomar uma decisão de segurança.

Como medir o Return on Conveyor Safety™

É possível demonstrar que um sistema limpo e com boa manutenção é mais rentável do que um sistema sujo e com manutenção deficiente.

Além de um ambiente limpo, é importante manter um ambiente seguro. Além de razões éticas, há repercussões financeiras relacionadas a incidentes e acidentes. Um ambiente mais limpo diminuirá os riscos à segurança. O objetivo deve ser nenhum incidente de segurança, mas os custos para chegar a zero deve ser considerado. Nenhuma quantidade de dinheiro pode mitigar todos os riscos e cada empresa tem recursos limitados para mitigar esses riscos. No entanto, um investimento em segurança não só auxilia na taxa de transferência de material, mas também diminui os incidentes de segurança.

Projeção da economia ao investir em segurança

Essa seção proporciona um modelo que permite prever as economias feitas graças a investimentos em segurança. A maioria dos modelos financeiros foca nos investimentos em equipamentos e na redução dos custos diretos. Existe uma quantidade relativamente pequena de informações sobre como prever um ROI dos investimentos em segurança.

A segurança não é um valor fixo. É importante observar que há muita vulnerabilidade nos dados relacionados a segurança. Por causa dessa variabilidade, qualquer modelo provavelmente exigirá que sejam feitas estimativas gerais. Além da implementação física de investimentos em segurança, a gestão pró-ativa de ativos e o desenvolvimento de uma filosofia com base na cultura de segurança são necessários para um ambiente de segurança com aprimoramento contínuo. Qualquer planta pode sempre melhorar a segurança, então é necessária uma abordagem de gestão de aprimoramento contínuo.

Valor da vida estatística

Um conceito importante que será utilizado para desenvolver análises de investimento em segurança é o Valor da vida estatística (VSL). O VSL é uma ferramenta amplamente utilizada pelos economistas para comparar os efeitos das políticas sobre os custos para a sociedade. O VSL é definido como o valor monetário que uma sociedade ou grupo de indivíduos estão dispostos a pagar para reduzir o risco de mortalidade por uma morte estatística. Isso não deve ser confundido com o valor real da vida, que alguns considerariam inestimável, ou o valor que os indivíduos estariam dispostos a pagar para estender sua própria vida.

O Valor da vida estatística varia de indústria para indústria e até em um mesmo país. Esse tópico é tema de muitos trabalhos acadêmicos e de muito debate. Nossa interpretação dos números de VSL de 1995 mostrados no estudo *Variations between Countries in Values of Statistical Life*, de Ted R. Miller, é que eles variam entre US\$ 40.000 na Nigéria e Bangladesh, e US\$ 4.680.000 no Japão, com base nos valores de 1995. Em 2016, esses valores de VSL podem ser atualizados para US\$ 51.000 e US\$ 5.987.000 respectivamente.

Devido a variações nos dados publicados, a melhor abordagem para usar os cálculos do Valor da vida estatística é chegar a um acordo sobre um valor com o departamento de contabilidade da empresa ou de uma associação industrial relevante. O Departamento de Transportes (DOT) dos Estados Unidos tem elaborado uma enorme quantidade de trabalho detalhado com base na análise do VSL. O VSL e o modelo de investimento em segurança mostrados aqui são baseados no programa do DOT dos EUA. A primeira equação a ser introduzida será o valor de uma vida estatística de um determinado ano.

O DOT dos EUA utilizou vários estudos para determinar que o VSL de 2013 foi de

US\$ 9,2 milhões nos Estados Unidos. Para compensar a inflação nos fluxos de caixa futuros associados ao VSL, o DOT dos EUA propõe ajustar o VSL usando a **Figura 34.16**.

O VSL foi estabelecido para avaliar os custos associados a mortes. A fim de avaliar ferimentos que não resultam em morte, será usada a Escala abreviada de lesões (AIS). A AIS associa a "disposição para pagar" valores devido a lesões que não resultam em morte. A escala AIS tornou-se uma das escalas anatômicas mais amplamente utilizadas para classificar a severidade das lesões.

Figura 34.16.

Cálculo do Valor da vida estatística (VSL) com valor ajustado.

$$VSL_{2013+n} = VSL_{2013} \times (1 + PPI/100)^n$$

n = Número de anos desde 2013

Em que PPI representa o Índice de preços ao produtor e o VSI é específico do país

Figura 34.17.

Resumo bibliográfico: Custo do empregado e economia da segurança.

Nível de AIS	Multiplicador de VSL	Gravidade
1	0,003	Menor
2	0,047	Moderada
3	0,105	Séria
4	0,266	Grave
5	0,593	Crítica
6	1,000	Máxima

Figura 34.18.

Estimativa do Valor da vida estatística nos Estados Unidos (Departamento de Transporte dos EUA).

Categoria de relatório	Fator de escala de lesão AIS (Nível)	Custo por incidente (VSL2015 = 9,42 milhões de dólares)
Lesão fatal	1,000 (AIS nº6)	US\$ 9.420.000
Lesão com afastamento	0,025 (Média AIS nº2 a nº5)	US\$ 235.500
Lesão sem afastamento	0,003 (AIS nº1)	US\$ 28.260

Figura 34.19.

Estimativa das probabilidades globais de lesões relacionadas ao trabalho (Organização Internacional do Trabalho).

Probabilidade por trabalhador (segundo a OIT)			
Lesão relacionada ao trabalho		Doenças relacionadas ao trabalho	
Fatal	0,015%	Fatal	0,015%
Com afastamento	0,075%	Invalidez permanente	0,075%
Sem afastamento	0,225%	Deficiência limitada/Com afastamento	0,225%

A escala AIS varia entre 1 e 6, em que um representa ferimentos leves e seis, ferimentos mais graves ou acidentes praticamente sem sobreviventes, e pode ser combinada com estatísticas de ocorrências de cada categoria.

A **Figura 34.17** mostra os valores de AIS com as respectivas descrições de gravidade e os fatores da escala. Os fatores da escala correspondem à fração de uma fatalidade a que cada nível de AIS está associado. A disposição para pagar por cada nível se eleva a cada aumento no nível de severidade de AIS.

Vários países e indústrias relatam incidentes de forma significativa distinta. O nome e a definição das categorias variam, de forma que nem sempre correspondem aos níveis de AIS. As categorias e as probabilidades de lesões se encontram especificadas na publicação de 2005 da Organização Internacional do Trabalho das Nações Unidas *Introductory Report: Decent Work – Safe Work*.

Nesse estudo, a escala de AIS de 1 a 6 é condensada para representar as classificações comuns de relatos de lesão industrial: "Sem afastamento", "Com afastamento" e "Com fatalidade". Embora a utilização de dados atuais e de moeda local é sempre melhor ao avaliar os investimentos, o uso desses pressupostos dará uma estimativa razoável sobre a média global.

A **Figura 34.18** apresenta os custos diretos de lesões com base na abordagem do Valor da vida estatística da metodologia do Departamento de Transporte dos Estados Unidos. A estimativa de custo de outras fontes é consistente com essas estimativas.

O custo das lesões nos Estados Unidos está na extremidade superior da curva de custo.

A **Figura 34.19** mostra as estimativas da média global da Organização Internacional do Trabalho das Nações Unidas sobre as probabilidades dos níveis de lesão e doenças. Observe que se estima um número semelhante de mortes e deficiências tanto em função de doenças quanto de mortes acidentais. As doenças relacionadas com o trabalho muitas vezes levam muito tempo para se manifestar, enquanto os resultados de acidentes em geral são imediatos.

Proporção de incidentes

Existem várias proporções diferentes utilizadas por vários governos para estabelecer uma taxa ou proporção de acidentes. Essas taxas são utilizadas pelas empresas para medir as melhorias da segurança, pelas companhias de seguros para fixar os prêmios de seguro e pelos governos para definir multas ou intervenções. Do ponto de vista dos investimentos em segurança, esses números são úteis para indicar melhorias nos programas de segurança, mas são indicadores reativos, não pró-ativos.

Para investimentos em segurança, o fator mais interessante é a proporção de melhoria. As taxas alvo de melhoria podem ser usadas em combinação com o Valor da vida estatística e com a probabilidade de uma lesão ou doença a fim de estimar a quantia que pode ser investida.

Por exemplo, se desejar uma melhoria de 25% na taxa de incidentes, a probabilidade de cada classe de lesão pode ser reduzida na mesma porcentagem. A diferença nos custos de VSL fornece uma indicação da quantia de dinheiro disponível para investimentos.

A redução de lesões e doenças pode ser estimada a partir da literatura de diferentes

estudos que foram oferecidos pelos fornecedores com base em estudos de caso dos seus respectivos equipamentos, ou simplesmente com base nos objetivos estabelecidos pela gestão.

Custos menos tangíveis

Do ponto de vista do investimento em segurança, qualquer custo significativo que tenha influência na decisão de investimento deve ser medido.

Tradicionalmente, os contadores estão mais preocupados com os custos diretos ou mais tangíveis. (**Consulte Custos tangíveis e custos menos tangíveis.**) Isso se dá porque os custos diretos são mais fáceis de medir e, muitas vezes, se exige que sejam incluídos nas demonstrações financeiras oficiais. Custos de acompanhamento e coletas de dados não usados diretamente na tomada de decisão são um desperdício de tempo e um exemplo de custos indiretos que não contribuem para uma boa tomada de decisão em relação à segurança. É normal que seja empregado muito mais tempo e esforço em relatórios e métricas inúteis do que naqueles que realmente exercem um impacto no processo de decisão de segurança.

Ao tomar decisões sobre um investimento em segurança, é importante concentrar-se na coleta de dados e em estimativas fundamentadas desses custos indiretos, menos tangíveis, porque o programa *Safety Pays* da OSHA mostra que os custos indiretos podem representar 4,5 vezes os custos diretos. (**Figura 34.20.**)

Custos (diretos) tangíveis	Multiplicador de custos (indiretos) menos tangíveis
US\$ 0 - US\$ 2.999	4,5
US\$ 3.000 - US\$ 4.999	1,6
US\$ 5.000 - US\$ 9.999	1,2
Acima de US\$ 10.000	1,1

Figura 34.20.

Proporção entre custos indiretos e custos diretos dos incidentes de segurança.

Metodologia de projeção de economias em segurança

A abordagem pretende:

1. Estimar as economias anuais por meio de:
 - a. Valor da vida estatística (VSL).
 - b. Probabilidade de ocorrência (P_{ix}).
 - c. Redução percentual de incidentes (ΔP_{ix}).
2. Estimar os efeitos dos custos indiretos.
3. Estimar os custos de manutenção e capital das opções de investimento.
4. Determinar o Retorno do investimento de 1 ano.
5. Calcular o VPL ao longo da vida das opções de investimento. (Figura 34.21.)

Quantas opções devem ser consideradas?

Um transportador é geralmente apenas uma parte de um conjunto complexo de equipamentos, estruturas, sistemas de informação e estações de fornecimento. Particularmente, para uma mina ou unidade de processamento completamente nova, há uma infinidade de cenários interrelacionados a serem considerados, cada um deles com diferentes intervalos de resultados possíveis. Uma técnica comum para uma tomada de decisão complexa é usar a classe de simulações de computador amplamente chamada de método de Monte Carlo. O método de Monte Carlo é uma técnica de resolução de problemas avançada usada para se chegar a uma probabilidade aproximada de certos resultados por meio de simulações múltiplas e variáveis

aleatórias. A simulação de Monte Carlo fornece ao tomador de decisão uma gama de resultados possíveis e as probabilidades de ocorrência de cada resultado em função da ação escolhida. Geralmente, esse método é apropriado quando a solução ideal não é óbvia e quando um grande número de opções de investimento se combina com variáveis incertas.

Os métodos desse capítulo são projetados para comparar um número limitado de opções de investimento relacionado à limpeza, segurança e produtividade do transportador. No mínimo, o estado atual deve ser comparado com o estado futuro, o que significa que pelo menos duas opções devem ser consideradas.

Nem todas as técnicas de análise financeira se aplicam a qualquer investimento em segurança, portanto escolher a abordagem apropriada é o primeiro passo importante. Geralmente, os investimentos em segurança têm um ROI elevado no primeiro ano. Por isso, sem examinar seus retornos ao longo da vida útil, os investimentos que se encontrem no nível errado podem ser realmente mais caros do que manter o estado atual. É uma boa prática usar a abordagem VPL ao comparar pelo menos duas opções para cada proposta de investimento em segurança.

Também é útil examinar quão sensíveis são os resultados em relação a mudanças nas hipóteses iniciais. Isso se chama Análise de sensibilidade e pode ser aplicada com bastante facilidade na análise de investimentos em segurança.

Se a hipótese for de que um investimento reduzirá a taxa de acidentes em 25%, quão sensível será o investimento em relação a mudanças nessa porcentagem?

Figura 34.21.

Cálculo da economia anual projetada dos investimentos em segurança.

Economias anuais = n° de trabalhadores × VSL × [$\Delta P_{\text{Fatalidade}}$ + $\Delta P_{\text{Com afastamento}}$ + $\Delta P_{\text{Sem afastamento}}$] × Multiplicador de custo indireto

ΔP_{ix} = Probabilidade de classe de incidente × % Redução dos incidentes

O que acontecerá com o retorno se a alteração da taxa de acidentes terminar sendo de 15%, ou de 35%? É simples mudar a hipótese sobre a taxa de acidentes e executar a análise VPL novamente.

A análise de sensibilidade é uma abordagem menos complexa do que a utilização de técnicas avançadas, como o método de Monte Carlo, e pode ser realizada por meio de um software de planilhas básico. Um inconveniente da análise de sensibilidade simples é que outros dados também podem ser influenciados pela mudança de uma variável.

Independentemente das desvantagens, a VPL e as técnicas de análise de sensibilidade são úteis para fins de comparações comuns de investimento em segurança.

ESTUDO DE CASO Return On Conveyor Safety™ em uma mina de carvão

Esse estudo de caso é baseado em uma investigação de 2015 em uma mina de carvão nos Estados Unidos, realizada pelo Ph.D. Dr. Antonio Nieto e pelo estudante de pós-graduação Daniel P. Brown para a Martin Engineering, ambos do Departamento de Engenharia de Energia e Mineral da Universidade Estadual da Pensilvânia.

Uma mina de carvão tem uma média de 14 incidentes não fatais relacionados a transportadores por ano. Foi feito um investimento de US\$ 350.000 para comprar e instalar equipamentos de controle de materiais fugitivos e um contrato assinado para terceirizar a manutenção desses sistemas. A meta era reduzir o número anual de incidentes a 3 por ano.

Custos/incidentes	Antes dos investimentos R.O.C.S.™	Investimentos R.O.C.S.™
Manutenção	Interna	US\$ 100.000/ano.
Custo do dinheiro (Taxa de desconto)	N/A	4%
Intervalo de tempo da análise	N/A	10 anos
Incidentes	14	3
Transportadores	14 milhas (22,6 km)	14 milhas (22,6 km)
Tempo de transporte até o portal	2 h	2 h
Roletes de carga	14.783	14.783
Roletes de retorno	7.392	7.392
Paradas devido a chutes entupidos	5 h/dia	0 h/dia
Produtividade	500 t/h	1.500 t/h
Ruptura de correia	4/mês	1/ano
Desvio de correia/transmissão	2 h/semana	0 h/semana
Preço de venda do carvão	US\$ 45/t	US\$ 45/t
Força de trabalho	30	30
Custo de trabalho: Salários + Benefícios	US\$ 75/h	US\$ 75/h
Exposição a riscos de lesões musculoesqueléticas	1 h/dia	2 h/ano
Exposição a riscos elétricos	2 h/semana	1 h/semana
Cultura	Produção	Segurança

Figure 34.22.

Dados coletados no estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

A adoção da filosofia "uma mina segura é uma mina produtiva" se tornou o principal foco das operações. Essa premissa implica que a ênfase na segurança melhorará a produção e, portanto, os resultados.

Tal como acontece com muitos investimentos, a análise financeira pode levar a muitos caminhos. A disponibilidade de dados, nesse caso, é superior à que é normalmente encontrada no campo e, portanto, permite várias análises diferentes. **(Figura 34.22.)** Alguns dos dados são incluídos como referência e para indicar a extensão da operação. Alguns efeitos da aplicação do conceito Return on Conveyor Safety™ (Retorno do investimento na segurança ao trabalhar com transportadores), como o aumento da vida útil dos roletes, não foram considerados.

Suposições do estudo de caso

Algumas suposições devem ser feitas para completar a análise financeira do estudo de caso.

- Não há dados sobre as Horas de operação planejadas, de modo que será considerado um cronograma de produção planejada de 24 horas por dia, 5 dias por semana durante 50 semanas ou 6.000 horas.
- Não há informações sobre Paradas programadas para reparos maiores, de modo que o cálculo da confiabilidade atribuirá duas paradas de uma semana

por ano ou 25 semanas entre as principais paradas planejadas para reparo.

- Não há nenhum dado sobre objetivo corporativo em relação à Disponibilidade, de modo que o exemplo de cálculo será feito com base nas informações disponíveis sobre produção perdida de uma média de cinco horas por dia devido ao entupimento do chute. Não há um detalhamento das taxas de incidentes ou de reduções, de modo que o cálculo da Economia anual utilizará as probabilidades por trabalhador da Organização Internacional do Trabalho da ONU.
- A média do Valor de vendas de carvão a US\$ 45 por tonelada é baseada em pesquisa na Internet em relação a esse período de tempo.
- Não há nenhuma informação sobre o Custo de vendas, de modo que os cálculos de ROI e do Custo de oportunidade considerarão um Custo de vendas de US\$ 40, com um lucro bruto por tonelada de US\$ 5.
- Será considerada uma Taxa de desconto de 4%.

O primeiro ano é frequentemente usado para fornecer uma estimativa inicial a fim de determinar se o projeto garante subsequente coleta de dados e análise financeira. Exceto para pequenos investimentos no curto prazo, um ROI de um ano não é

Figura 34.23.

Cálculos de retorno do investimento do primeiro ano: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

$$\begin{aligned} \text{Equação 1: ROI} &= \frac{\text{Economia total}}{\text{Custos totais}} & \text{ROI} \times 100 &= \text{ROI\%} & \frac{1}{\text{ROI}} &= \text{Anos até o retorno} \\ \text{ROI} &= \frac{\text{Toneladas adicionais produzidas anualmente (t)} \times \left[\text{Preço de venda} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{t}} \right) - \text{Custo das vendas} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{t}} \right) \right]}{\text{Investimento em equipamentos (US\$)} + \text{Custos de manutenção anuais (US\$)}} \\ \text{ROI} &= \frac{\left(1.500 \frac{\text{t}}{\text{h}} - 500 \frac{\text{t}}{\text{h}} \right) \times 6.000(\text{h}) \times 5 \frac{\text{US\$}}{\text{t}}}{\text{US\$ } 350.000 + \text{US\$ } 100.000} = \frac{\text{US\$ } 270.000.000}{\text{US\$ } 450.000} = 66,7 \\ \text{ROI\%} &= 66,7 \times 100 = 6.670\% \text{ e } \text{ROI}_{\text{anos}} = \frac{1}{66,67} = 0,015 \text{ ano} = 5,4 \text{ dias} \end{aligned}$$

$$\text{Equação 2: Custo de oportunidade} = \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}} \times \text{parada (horas)} \times \left[\text{Vendas} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{tonelada}} \right) - \text{Custo das vendas} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{tonelada}} \right) \right]$$

$$\text{Custo de oportunidade} = 500 \left(\frac{\text{t}}{\text{h}} \right) \times 5 \left(\frac{\text{h}}{\text{dia}} \right) \times 5 \left(\frac{\text{dias}}{\text{semana}} \right) \times 50 \text{ semanas} \times 5 \left(\frac{\text{US\$}}{\text{t}} \right) = \text{US\$ } 625.000$$

Figura 34.24.

Cálculo do custo de oportunidade: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

$$\text{Equação 3: Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo médio entre falhas}}{\text{Tempo médio entre falhas} + \text{Tempo médio de reparo}}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Produção diária real (h)}}{\text{Produção planejada (h)}} = \frac{24(\text{h}) - 5(\text{h})}{24(\text{h})} = \frac{19(\text{h})}{24(\text{h})} = 0,79 = 79\%$$

Figura 34.25.

Cálculo da disponibilidade: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

$$\text{Equação 4: Confiabilidade} = \frac{\text{Tempo médio entre incidentes}}{\text{Tempo médio até a falha}}$$

$$\text{Confiabilidade} = \frac{\text{Tempo médio entre incidentes}}{\text{Tempo médio até a falha}} = \frac{(24\text{h} - 5\text{h})}{25 \text{ semanas} \times 5 \frac{\text{dias}}{\text{semana}} \times 24 \left(\frac{\text{h}}{\text{d}} \right)}$$

$$\text{Confiabilidade} = \frac{19\text{h}}{3.000\text{h}} = 0,006 \quad \text{Confiabilidade} = 0,006 \times 100 = 0,6\%$$

Figura 34.26.

Cálculo da confiabilidade: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

$$\text{Equação 7: } \text{VSL}_{2013+n} = \text{VSL}_{2013} \times 1,0118^n$$

$$\text{VSL}_{2015} = \text{VSL}_{2013} \times 1,0118^2 = \text{US\$ } 9.420.000$$

Figura 34.27.

Cálculo do Valor da vida estatística: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

$$\text{Equação 8: Economia anual} = \text{Nº de trabalhadores} \times \text{VSL} \times [\Delta P_{\text{ifatalidade}} + \Delta P_{\text{icom afastamento}} + \Delta P_{\text{isem afastamento}}] \times \text{Multiplicador de custo indireto}$$

$$\Delta P_{ix} = \text{Probabilidade da classe do incidente} \times \text{Redução dos incidentes}$$

$$\Delta P_{ix} = \text{Probabilidade da classe do incidente} \times \text{Redução dos incidentes} = 0,015\% \times \left(1 - \frac{3}{14} \right) = 0,0118\%$$

$$\Delta P_{ix} = \text{Probabilidade da classe do incidente} \times \text{Redução dos incidentes} = 0,075\% \times \left(1 - \frac{3}{14} \right) = 0,0589\%$$

$$\Delta P_{ix} = \text{Probabilidade da classe do incidente} \times \text{Redução dos incidentes} = 0,225\% \times \left(1 - \frac{3}{14} \right) = 0,1768\%$$

$$\text{Economia anual} = 30 \times \text{US\$ } 9.420.000 \times \frac{[0,0118\% + 0,0589\% + 0,1768\%]}{100\%} \times 1,1 = \text{US\$ } 769.379$$

Figura 34.28.

Cálculo da economia anual devido à redução de lesões: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

$$\text{Equação 5: Valor presente líquido} = - \text{Investimento inicial} + \sum_{i=1}^1 \frac{\text{Fluxos de caixa anual}}{(1 + R)^i}$$

$$\text{VPL} = -\text{US\$ } 350.000 + \sum_{i=1}^1 \frac{\text{US\$ } 769.379 - \text{US\$ } 100.000}{(1 + 0,04)^i} = -\text{US\$ } 350.000 + \text{US\$ } 643.633 = \text{US\$ } 293.633$$

Figura 34.29.

Calculation for Net Present Value: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

um método particularmente preciso para avaliar investimentos. (Figura 34.23.)

Outros cálculos úteis são mostrados entre as Figuras 34.24 e 34.31.

Análise financeira

Os resultados financeiros são resumidos na Figura 34.32. Para ilustrar todos os cálculos disponíveis, vários resultados diferentes são apresentados. Conservadoramente, o investimento produziu um ROI de 65%, reduziu as lesões e aumentou a produção.

Observação: o resultado de uma TIR de 191% deve ser usado ao comparar opções de investimento relacionadas, e não visto como um ROI possível.

À primeira vista, isso pode parecer um conflito de resultados ou que esse resultado deve estar correto e os outros errados. Todos os resultados são válidos; escolha o melhor método de análise para o investimento, dependendo dos dados disponíveis e sofisticação financeira corporativa.

Benefícios menos tangíveis

Além dos benefícios financeiros, esse investimento em segurança e mudança de cultura nessa mina melhorou muitas das facetas da operação.

Antes de qualquer investimento e implementação da cultura de segurança, a mina era incapaz de sustentar continuamente a sua planta de preparação com material de alimentação e por isso perdia encomendas.

Figura 34.30.

Cálculo da Taxa interna de retorno: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

$$\text{Equação 6: } 0 = -\text{Investimento inicial} + \sum_{i=1}^n \frac{\text{Fluxo de caixa anual}}{(1 + \text{IRR})^i}$$

$$0 = -\text{US\$ } 350.000 + \sum_{i=1}^{10} \frac{\text{US\$ } 669.379}{(1 + 1,91)^{10}} \quad \text{TIR} = 191\%$$

Figura 34.31.

Cálculo do retorno do investimento com base no estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

$$\text{ROS} = \frac{\text{VPL}_{\text{Segurança}}}{\text{Custo}} = \frac{\text{US\$ } 293.118}{\text{US\$ } 350.000 + \text{US\$ } 100.000} = \frac{1}{0,65} = 1,54 \text{ anos}$$

Figura 34.32.

Resumo dos resultados: Estudo de caso sobre Return on Conveyor Safety™.

Método de análise	Antes do investimento em segurança	Depois do investimento em segurança
Retorno do investimento (ROI) no primeiro ano	N/A	5,4 dias
Custo de oportunidade (por ano)	US\$ 625.000	US\$ 0
Disponibilidade	79%	100%
Confiabilidade	0,6%	100%
Valor da vida estatística	US\$ 9.420.000	US\$ 9.420.000
Economias devido à redução de lesões (por ano)	N/A	US\$ 769.379/ano
Valor presente líquido (VPL) com base no VSL	N/A	US\$ 293.118
Taxa interna de retorno (TIR)	N/A	191%
ROI com base no Return on Conveyor Safety™	N/A	1,54 ano

Como o foco da operação era o corte de custos, nenhum dinheiro estava sendo gasto no transportador de correia.

Uma das novas implementações foi um programa de cartas que habilitava os funcionários a escrever e apresentar observações pertinentes que acreditavam que poderia melhorar a segurança ou beneficiar a operação da mina. As cartas eram avaliadas diariamente para identificar e classificar as tendências diárias e mensais. Através da utilização desse sistema de cartas, foi adotado um objetivo para diminuir a exposição a possíveis acidentes identificados. Os problemas eram corrigidos e as mudanças eram feitas com foco nas tendências relacionadas às práticas inseguras. Identificavam-se algumas questões fundamentais, como componentes prematuramente quebrados, danificados ou desgastados, chute entupidos, correia/transmissão deslocada e correias danificadas. Até mesmo questões como a limpeza de entradas para novas rotas de fuga, melhorias nas escadas e a colocação de sal nas passarelas durante o inverno eram abordadas e melhoradas.

Esses investimentos proporcionaram melhorias, como o aumento na disponibilidade e na produção, assim como a diminuição de acidentes. Desde que esse investimento foi implementado, a empresa não passou por um acidente com afastamento.

A análise não mostra as vendas adicionais nem os lucros realizados, mesmo havendo uma depressão prolongada no preço de mercado de carvão para vapor. Essas vendas e lucros, e a produção que as criou, foram possíveis graças à ausência de acidentes.

Esses resultados demonstram claramente os efeitos positivos de um pequeno investimento em segurança – o **Return on Conveyor Safety™**.

CONCLUSÕES

Como calcular o retorno da segurança

Ao utilizar os métodos de contabilidade aqui mostrados a fim de atribuir valor de forma detalhada aos benefícios intangíveis criados pelos investimentos em segurança, os funcionários da planta, sejam eles responsáveis pela contabilidade, produção ou segurança, podem justificar investimentos e sistemas transportadores que melhorem a segurança no trabalho e evidenciar o valor de sistemas que proporcionam transportadores mais limpos, seguros e produtivos. ⚠



Capítulo 34 Anexo

Pesquisa bibliográfica sobre valores

Esse anexo apresenta as fontes dos dados sobre custos incorporados no Capítulo 34.

- A1. Custos de uma fatalidade
- A2. Custos de incidente com afastamento
- A3. Custos de um incidente de primeiros socorros
- A4. Custos de doenças industriais
- A5. Custos de um incidente de segurança em toda a empresa
- A6. Custos indiretos versus diretos
- A7. Retorno do investimento dos programas de segurança
- A8. Benefícios da segurança na produtividade
- A9. Benefícios do controle do material fugitivo
- A10. Benefícios da extensão da vida útil de vários componentes do transportador
- A11. Probabilidade de acidentes
- A12. Custos de parada de produção
- A13. Economias em seguros devido a programas de segurança
- A14. Melhoria dos resultados financeiros (como aumento no preço das ações)
- A15. Benefícios da prevenção na etapa de design (design para segurança)
- A16. Custos devido a medidas regulatórias (USA)

A1. Custos de uma fatalidade

US\$ 991.027	Custos médios de ferimento fatal (estimativa do CDC)	Conforme citado por Morrison, Kyle W., "The ROI of safety", <i>Safety+Health</i> , na revista oficial do NSC Congress & Expo, maio de 2014. Da fonte NSC Injury Facts, 2014
US\$ 1.420.000	Média do custo social da fatalidade (modelo do NSC)	Conforme citado por Morrison, Kyle W., "The ROI of safety", <i>Safety+Health</i> , na revista oficial do NSC Congress & Expo, maio de 2014. Da fonte NSC Injury Facts, 2014
US\$ 1.450.000	Morte, com custos para o empregador, da fonte Average Economic Cost by Class and Severity, 2013 (Tabela) (página 2)	<i>NSC Estimating the costs of Unintentional Injuries</i> , National Safety Council, Itasca, IL 20150
US\$ 1.390.000	Custo por morte/ Custos de lesão no trabalho, (páginas 62)	<i>Injury Facts 2013 Edition</i> . National Safety Council, Itasca, IL, 2013, www.ncs.org
US\$ 2.992.532	Mortes relacionadas ao acidente	Lebeau, Martin, Patrice Duguay, Alexandre Boucher; <i>Estimating the Costs of Occupational Injuries, A Feasibility Study in the Mining Industry</i> , Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Quebec, 2013. (página 39) Table 5.3 Cost of occupational injuries in the mining industry by type of injury, Quebec, 2005-2007.
US\$ 1.020.000	Custos da fatalidade	Chai, D.N., e J.J. Hamilton, "Trends in Mining Accidents and Their Costs (1975-1984)" Bureau of Mines, Pittsburgh, PA 1986, <i>Journal of Safety Research</i> , Verão de 1987, página 96.
US\$ 55.595	Média de custos médicos por lesões (lesões fatais). Da fonte Table 1: Estimated Number and Medical Costs of Nonfatal and Fatal Occupational Injuries, 2007	Leigh, J. Paul, "Economic Burden of Occupational Injury and Illness in the United States" <i>The Milbank Quarterly</i> , Vol. 89, No. 4 (dezembro de 2011), páginas 728-772
US\$ 8.700.000	Fatalidade, tabela de padrões de custo de lesão de acidente usada no ano fiscal de 2015	FY 2015 Updated Cost per Injury Type Estimate Table, US Army Combat Readiness/Safety Center, injury_Cost_Table_25Sept 14.pdf Disponível em https://safety.army.mil/Portals/0/Documents/REPORTINGANDINVESTIGATION/REGULATIONSGUIDANCE/Standard/Injury_Cost_Table_25Sep14.pdf
C\$ 2.992.532 Canadá	Custo de morte relacionada ao acidente, Custo médio por caso	Lebeau, Martin, Patrice Duguay, Alexandre Boucher; <i>Estimating the Costs of Occupational Injuries, A Feasibility Study in the Mining Industry</i> , Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Quebec, 2013. (página 39) Table 5.3 Cost of occupational injuries in the mining industry by type of injury, Quebec, 2005-2007.
AU\$ 1.246.800 Austrália	Custo unitário lesão / fatalidade. Segundo a fonte Table 2.4 Unit costs (\$ per incident) and total costs (\$ million) of work-related injury and illness by severity and nature, 2005-06 (página 26)	<i>The cost of Work-related Injury and Illness for Australian Employers, Workers and the Community, 2005-06</i> , Australia Safety and Compensation Council, Março de 2009
AU\$ 2.200.000 Austrália	Fatalidade, segundo a fonte Table 2.4 Unit costs (\$ per incident) and total costs (\$ million) of work-related injury and illness by severity and nature, 2012-13 (página 33)	<i>The cost of Work-related Injury and Illness for Australian employers, workers and the community, 2012-13</i> . Safe Work Australia, Canberra, novembro de 2015
¥1.200.000 China (~US\$ 153.000)	Compensação à família mais multa do governo local	Jianjun, Tu, "Coal Mining Safety: China's Achilles' Heel," <i>China Security</i> , World Security Institute, Vol 3 No 2, primavera de 2007, páginas 36 - 53

Notas

Conversão de moeda

Yuan Renminbi chinês ¥1.200.000 a 0,15 x = US\$ 180.000.

Dólar australiano = 0,72 US\$: 0,72 x 1.246.800 = US\$ 897.696.

Dólar canadense = 0,72 US\$: 2.992.532 x 0,72 = US\$ 2.154.632.

Média entre todos = 1.867.661.

Sugestão

Use US\$ 56.000 como mínimo.

Máximo de US\$ 8.700.000; supondo que se trata de custos diretos e indiretos.

Média (sem 8,7 milhões) = 1.013.619.

Use US\$ 1.000.000 como média; US\$ 2.150.000 como máximo.

A2. Custo de um incidente com afastamento

Afastamento definido como três ou mais dias.

US\$ 36.592	Média de custos médicos de demandas com afastamento	Smith, Danny, "The Other Side de the Coin", <i>Occupational Health and Safety</i> , abril de 2015 (citando o National Council on Compensation Insurance)
US\$ 61.000	Lesão incapacitante, lesão de trabalho com custos para o empregador, da fonte Average Economic Cost by Class and Severity, 2013 (Tabela).	<i>Estimating the costs of Unintentional Injuries, 2013</i> , National Safety Council, Itasca IL, abril de 2015, página 2.
US\$ 53.000	Lesão incapacitante, lesão de trabalho com custos para o empregador, da fonte Average Economic Cost by Class and Severity, 2012.	"NSC Estimating the costs of Unintentional Injuries-2012", National Safety Council, Itasca, IL, February, 2014.pdf.
US\$ 37.000	"Custo por lesão com consulta médica" inclui estimativas de perdas salariais, despesas médicas, despesas administrativas e custos de empregador.	<i>Injury Facts 2013 Edition</i> , National Safety Council, Itasca IL 2013, página 62
US\$ 237.000	Custos de invalidez permanente	Chai, D.N., e J.J. Hamilton, "Trends in Mining Accidents and Their Costs (1975-1984)" Bureau of Mines, Pittsburgh, PA 1986, <i>Journal of Safety Research</i> , Verão de 1987, página 96.
US\$ 681.615	Média de custos médicos por lesões: Invalidez total permanente	Leigh, J. Paul, "Economic Burden of Occupational Injury and Illness in the United States" <i>The Milbank Quarterly</i> , Vol. 89, No. 4 (dezembro de 2011), páginas 728-772.
US\$ 8.046	Média de custos médicos por lesões: Invalidez total temporária	
US\$ 49.925	Média de custos médicos por lesões: Invalidez parcial permanente	
	Todos segundo a fonte Table 1 Estimated Number and Medical Costs of Nonfatal and Fatal Occupational Injuries, 2007.	
US\$ 1.100.000	Custo por lesão/lesão de invalidez total e permanente (funcionários civis)	FY 2015 Updated Cost per Injury Type Estimate Table, US Army Combat Readiness /Safety Center, injury_Cost_Table_25Sept 14.pdf Disponível em https://safety.army.mil/Portals/0/Documents/REPORTINGANDINVESTIGATION/REGULATIONSGUIDANCE/Standard/Injury_Cost_Table_25Sep14.pdf
US\$ 762.000	Custo por lesão/lesão de invalidez parcial e permanente (funcionários civis)	
US\$ 26.100	Custo por lesão/3 dias de hospitalização a US\$ 8.700/dia (funcionários civis)	
US\$ 7.200	Custo por lesão/3 dias de afastamento a US\$ 2.400/dia (funcionários civis)	
	Todos de acordo com a tabela de padrões de custo de lesão de acidente usada no ano fiscal de 2015	
AU\$ 25.900 Austrália	Custo unitário da lesão/longa abstenção	<i>The Cost of Work-related Injury and Illness for Australian Employers, Workers and the Community, 2005-06</i> , Australia Safety and Compensation Council, março de 2009. 2005-06 ISBN 978 0 642 328 01 4 PDF
AU\$ 347.300 Austrália	Custos de lesão por incapacidade parcial	
AU\$ 1.345.700 Austrália	Custos de lesão/incapacidade total	
	Tudo de acordo com a fonte Table 2.4 Unit costs (\$ per incident) and total costs (\$ million) of work-related injury and illness by severity and nature, 2005-06 (página 26)	

A2. Custo de um incidente com afastamento (continuação)

Afastamento definido como três ou mais dias.

AU\$ 36.200 Austrália	Custo unitário da lesão/longa abstenção	<i>The Cost of Work-related Injury and Illness for Australian Employers, Workers and the Community, 2012-13.</i> Safe Work Australia, Canberra, novembro de 2015.
AU\$ 808.820	Custos de lesão por incapacidade parcial	
AU\$ 4.000.000	Custos de lesão/incapacidade total	
	Tudo de acordo com a fonte Table 2.4 Unit costs (\$ per incident) and total costs (\$ million) of work-related injury and illness by severity and nature, 2012-13 (página 33)	

Notas

Afastamento definido como três ou mais dias.

Conversão de moeda

AU\$ 25.900 x 0,72 = /US\$ 18.648

Sugestão

Use US\$ 8.000 como mínimo (dados de 2011 versus 1986).

Use US\$ 680.000 como máximo (supondo que US\$ 762.000 provavelmente incluíam os custos indiretos).

Média sem invalidez permanente = US\$ 18.657; use US\$ 20.000.

A3. Custos de um incidente de primeiros socorros

US\$ 935	Média de custos médicos por lesões: Lesões sem dias de afastamento do trabalho e lesões com afastamentos de 1 a 4 dias. Segundo a fonte Table 1 Estimated Number and Medical Costs of Nonfatal and Fatal Occupational Injuries, 2007.	Leigh, J. Paul, "Economic Burden of Occupational Injury and Illness in the United States", <i>The Milbank Quarterly</i> , Vol. 89. No.4, dezembro de 2011, páginas 728-772.
US\$ 1.300	Nenhum afastamento por lesão, de acordo com a tabela "Mishap Injury Cost Standards Table for use in FY15"	FY 2015 Updated Cost per Injury Type Estimate Table, US Army Combat Readiness/Safety Center, injury_Cost_Table_25Sept14.pdf Disponível em https://safety.army.mil/Portals/0/Documents/REPORTINGANDINVESTIGATION/REGULATIONSGUIDANCE/Standard/Injury_Cost_Table_25Sep14.pdf
AU\$ 3.100 Austrália	Custo unitário da lesão/afastamento breve de acordo com a fonte Table 2.4 Unit costs (\$ per incident) and total costs (\$ million) of work-related injury and illness by severity and nature, 2005-06 (página 26)	<i>The cost of Work-related Injury and Illness for Australian Employers, Workers and the Community, 2005-06</i> , Australia Safety and Compensation Council, março de 2009. 2005-06 ISBN 978 0 642 328 01 4 PDF
AU\$ 4.180 Austrália	Custo unitário da lesão/afastamento breve de acordo com a fonte Table 2.4 Unit costs (\$ per incident) and total costs (\$ million) of work-related injury and illness by severity and nature, 2012-13 (página 33)	<i>The cost of work-related injury and illness for Australian employers, workers and the community, 2012-13.</i> Safe Work Australia, Canberra, novembro de 2015

Notas

Conversão de moeda

AU\$ 3.100 = 0,72 x AU\$ 3.100 = US\$ 2.232

Sugestão

Média sem US\$ 7.000 = US\$ 1.452.

Use US\$ 900 como mínimo, US\$ 1.450 como média e US\$ 2.200 como máximo.

A4. Custos de doenças industriais

AU\$ 4.100 Austrália	Breve ausência por doença	<i>The Cost Of Work-Related Injury and Illness for Australian Employers, Workers and the Community: 2005-06</i> , Australian Safety and Compensation Council, Commonwealth of Australia, março de 2009. ISBN 978 0 642 328 01 4 PDF, tabela 2.4 (Fatal) página 26
AU\$ 27.600 Austrália	Longa ausência por doença	
AU\$ 295.000 Austrália	Incapacidade parcial por doença	
AU\$ 1.184.00 Austrália	Incapacidade total por doença	
AU\$ 615.400 Austrália	Fatalidade por doença	
	Custo unitário (\$ por incidente)	
C\$ 301.556 Canadá	Doença ocupacional	Lebeau, Martin, Patrice Duguay, Alexandre Boucher; <i>Estimating the Costs of Occupational Injuries, A Feasibility Study in the Mining Industry</i> , Institut de echerché Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Quebec, 2013. (página 39) Table 5.3 Cost of occupational injuries in the mining industry by type of injury, Quebec, 2005-2007
C\$ 1.357.417 Canadá	Mortes relacionadas a doenças	
	Custo médio por caso	

Notas

Conversão de moeda

AU\$ 3.100 Austrália = 0,72 x AU\$ 3.100 = US\$ 2.232

Sugestões

Mínimo = US\$ 6.851; use US\$ 7.000.

Use no máximo US\$ 1.700.000.

Média = US\$19.922; use US\$ 20.000.

A5. Custos de um incidente de segurança em toda a empresa

Valor	Incidentes (Todos os incidentes nos EUA)
US\$ 602.900.000	Mina Upper Big Branch – 2010 – explosão e incêndio – 29 fatalidades.
US\$ 56.000.000*	Massey, como resultado do acidente na mina Upper Big Branch (maior multa aplicada pela MSHA na história: US\$ 10.825.368), acordo de US\$ 209.000.000.
US\$ 1.800.000	Crandall Canyon – 2007 – colapso – 9 fatalidades (seis mineiros, além de três membros da equipe de resgate). Multa de US\$ 1.340.000, além de US\$ 300.000 por outras violações.
US\$ 4.200.000	Mina Aracoma Alma – 2006 – incêndio – 2 fatalidades. Multa criminal de US\$ 2.500.000, além de US\$ 1,7 milhão em multas civis.
US\$ 342.000 em multas	Mina Darby No. 1 – 2006 – explosão – 5 fatalidades.

Notas

*Perda EBITDA

Média = 329.450.000

Sugestão

Use US\$ 300.000.000 como média; US\$ 600.000.000 como máximo.

A6. Custos indiretos versus diretos (em segurança)

4:1	Custos indiretos não cobertos pelo Seguro de acidente de trabalho	Leigh, J. Paul, "Economic Burden of Occupational Injury and Illness in the United States", <i>The Milbank Quarterly</i> , Vol. 89. No.4, dezembro de 2011, páginas 728-772
5:1	Estudo de caso sobre falha na polia de cabeça	Roberts, Alan W., "Conveyor System Maintenance and Reliability", <i>ACARP Project C3018 Final Report</i> , Australian Coal Industry's Research Program (ACARP), Novembro de 1996, acarp.com.au
4,5:1	Estudo de caso sobre falha na emenda	
De uma proporção máxima de 20:1 a uma mínima de 1:1	"Estudos mostram que a proporção entre custos indiretos e custos diretos varia amplamente, de um máximo de 20:1 a um mínimo de 1:1. A abordagem da OSHA mostrada aqui mostra que, quanto menores os custos diretos de um acidente, maior a proporção entre custos indiretos e custos diretos."	"Costs of Accidents" em <i>Safety & Health Management Systems eTool</i> , Occupational Health and Safety Administration, Departamento do Trabalho dos EUA, Washington DC, disponível em https://www.osha.gov/SLTC/etools/safetyhealth/mod1_costs.html OSHA cita: Business Roundtable, <i>Improving Construction Safety Performance: A Construction Industry Cost Effectiveness Project Report</i> , Relatório A-3, Janeiro de 1982.
De 4 a 6:1	O Office of Regulatory Analysis da OSHA declara: "... As evidências sugerem que as empresas que implementam programas de segurança e saúde podem esperar reduções de 20% ou mais em suas taxas de lesão e doença e um retorno de US\$ 4 a US\$ 6 por cada US\$ 1 investido..."	Office of Regulatory Analysis da OSHA, conforme citado em "White Paper The Return On Investment For Safety, Health, And Environmental (SH&E) Management Programs" ASSE Board Of Directors, 8 de junho de 2002. Disponível em http://www.asse.org/bosc-article-6/
Os custos indiretos podem chegar a ser "até 20 vezes superior aos custos diretos"	"Os custos indiretos das lesões podem superar em 20 vezes os custos diretos. Os custos indiretos incluem: treinamento e compensação dos trabalhadores substitutos; reparo de bens danificados; investigação de acidentes e implementação de ações corretivas; agendamento de atrasos e perda de produtividade; despesas administrativas; perda da moral dos funcionários e aumento do absenteísmo; relações precárias entre cliente e comunidade."	Smith, Lee, "Do You Know How Much Accidents Are Really Cutting Your Business" Colorado State University Health & Safety Consultation Program, 1996, conforme citado em "White Paper The Return On Investment For Safety, Health, And Environmental (SH&E) Management Programs", ASSE Board Of Directors, 8 de junho de 2002 Disponível em http://www.asse.org/bosc-article-6/
A proporção entre custos não segurados e custos segurados variava entre 8 e 36:1	"A questão da quantificação dos custos dos acidentes foi abordada na edição de março de 1994 da Quarry Management. Utilizando dados de cinco estudos de caso de empresas com um total de mais de 6.000 acidentes, verificou-se que a proporção entre os custos não segurados resultantes de acidentes (por exemplo, danos materiais e de produtos, custos legais, provisões de emergência, trabalho temporário, tempo de gestão e multas) e os custos segurados (para cobrir lesões, doenças e danos) variava entre 8 e 36:1."	<i>Mining Annual Review-1995</i> , um suplemento do <i>Mining Journal</i> , London England (agora propriedade da Aspermont, Perth, Austrália)
2.12:1	Página 38, "A proporção média estimada entre custos diretos e custos indiretos associados a lesões ocupacionais foi de US\$ 2,12 com um desvio padrão (DP) de 1,9. Isso significa que para cada dólar gasto em custos diretos, os participantes acreditavam que aproximadamente US\$ 2,12 seriam gastos em custos indiretos..." (Figura 1, página 42.)	Huang, Yueng-Hsiang, et. al., "Financial Decision Makers' Views on Safety", <i>Professional Safety</i> , (ASSE), abril de 2009

Notas

Mínimo = 1,1:1. Máximo (sem 20:1) = 8:1. Média (sem 3% e 20:1) = 3,74:1

Sugestão

Use 3,8:1.

A7. Retorno do investimento dos programas de segurança

US\$ 8 para cada US\$ 1 investido	"Um diretor de segurança, saúde e meio ambiente de uma empresa de serviços ambientais em Massachusetts informou que seus dados indicaram a economia de US\$ 8 por cada dólar gasto em um programa de qualidade SH&E (Segurança, saúde e meio ambiente)."	Extraído de um artigo de Adele L. Abrams, Safety Management Programs Make Dollars and Sense, ASSE Management Practice Specialty Newsletter, <i>The Compass</i> , Volume 2, Inverno de 2001-2002, conforme citado em "White Paper The Return On Investment For Safety, Health, And Environmental (SH&E) Management Programs", ASSE Board Of Directors, 8 de junho de 2002 Disponível em http://www.asse.org/bosc-article-6/
ROI de 441%, US\$ 4,41 (por dólar investido)	Página 39, "...é claro que os participantes acreditavam que o dinheiro gasto na melhoria da segurança no local de trabalho teria retornos significativos. A média percebida de retorno dos investimentos em segurança foi de US\$ 4,41 (DP = 12,0)"	Huang, Yueng-Hsiang, et. al., "Financial Decision Makers' Views on Safety", <i>Professional Safety</i> , (ASSE), abril de 2009
ROI de 200% a 441% RTS	Extraído da página 38 "Os participantes perceberam que, em média, por cada dólar gasto na melhoria da segurança no local de trabalho, retornariam aproximadamente US\$ 4,41 (DP = 12,0). A mediana foi de US\$ 2" (Figura 2, página 42).	
ROI de 400% a 600%	"A agência OSHA (2007) afirma com base em suas evidências que as empresas que executam programas eficazes da segurança e da saúde podem reduzir as taxas de lesão e doença em 20% ou mais e gera um retorno de US\$ 4 a US\$ 6 para cada dólar investido."	Citando <i>Safety and Health Management Systems eTool: Module 1– Safety and Health Payoffs, Helpful Statistics</i> . Occupational Health and Safety Administration, Departamento do Trabalho dos EUA, Washington, DC, Extraído de http://www.osha.gov/SLTC/etools/safetyhealth/helpfulstatistics.html .
De 400 a 600%	"Estudos mostraram um retorno de US\$ 4 a US\$ 6 por cada dólar investido em segurança e saúde."	OSHA. (2007). <i>Safety and Health Management Systems eTool: Module 1–Safety and Health Payoffs, Helpful Statistics</i> . Washington, DC Occupational Health and Safety Administration, Departamento do Trabalho dos EUA, Washington DC, Extraído de http://www.osha.gov/SLTC/etools/safetyhealth/helpfulstatistics.html . https://www.osha.gov/SLTC/etools/safetyhealth/helpfulstatistics.html
220%	"Retorno do investimento em prevenção de 2,2, isso significa que para cada euro (ou qualquer outra moeda) investido por funcionário e por ano em prevenção no local de trabalho, as empresas podem esperar um possível retorno econômico de 2,20 euros, (ou qualquer outra moeda)".	<i>The return on prevention: Calculating the costs and benefits of investments in occupational safety and health in companies— Summary of results</i> , International Social Security Association (ISSA), Genebra, 2011. Página 7
De 3 a 10 dólares economizados a cada dólar investido (retorno de 300 a 1.000 por cento.)	"De acordo com o Departamento de Trabalho de Vermont, os empregadores podem economizar de US\$ 3 a US\$ 10 para cada dólar investido em segurança em qualquer lugar do local de trabalho – principalmente ao economizar em indenizações a trabalhadores."	Citado em Smith, Danny, "The Other Side of the Coin", <i>Occupational Health and Safety</i> , abril de 2015. Disponível em https://ohsonline.com/Articles/2015/04/01/The-Other-Side-of-the-Coin.aspx
35%	Medição da relação entre segurança e cultura da segurança	Stuwe, David, <i>Safety Climate: The Role of Leadership in Enhancing Workplace Safety</i> , IWH Nachemson Memorial Lecture, Toronto, 30 de outubro de 2007 (extrapolado dos Slides 24 e 25). Disponível em https://www.iwh.on.ca/system/files/documents/nach_2007_stuwe_slides.pdf
50%	O aumento das conversas de segurança do supervisor reduz atos inseguros (média dos exemplos A, B e C, conforme interpretada/extraída das Figuras 1b, 2, 3 e 4)	Zohar, Dove e Gil Luria, "The Use of Supervisory Practices as Leverage to Improve Safety Behavior: A Cross-Level Intervention Model", <i>Journal of Safety Research</i> , Vol. 34, No. 5, 2003, páginas 567-577. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsr.2003.05.006
30%	"Taxa interna de retorno do programa de segurança durante 10 anos para reduzir incidentes pela metade..."	Steward, D.A., e A.S. Townsend "There Is More To 'Health And Safety Is Good Business' Than Avoiding Unplanned Costs?" (Foster Wheeler Study) Disponível em: http://www.behavioral-safety.com/articles/There_is_more_to_safety_than_avoiding_unplanned_costs.pdf

A7. Retorno do investimento dos programas de segurança (continuação)

	"Como indicação do possível benefício em relação a custos dos investimentos em segurança, considerou-se uma melhoria de 1% na produtividade, número bem conservador. Isso aumentou a taxa interna de retorno de 7% para 30%."	Página 6 (empresa de embalagem de carne)
10%	"Isso mostra que para reduzir pela metade a frequência de lesão basta aumentar a produtividade em 10% (Fig. 1)."	Página 3 (registros da Foster Wheeler)
15%	"Reduzir a taxa de frequência de lesões está relacionado a uma melhoria de 15% na produtividade."	Página 3 (um único site petroquímico na União Europeia)
12%	"...o aumento de produtividade deve ser da ordem de 12% para reduzir pela metade as taxas de frequência de lesões."	Página 5 (dois estudos de construção: Foster Wheeler e um único site petroquímico da UE)
(300+%) US\$ 3 (ou mais) para cada US\$1 investido	"Noventa e cinco por cento dos executivos de negócios relatam que a segurança no trabalho tem um impacto positivo sobre o desempenho financeiro da empresa. Desses executivos, 61% acreditam que suas empresas apresentam um retorno do investimento de US\$ 3 ou mais a cada dólar investido na promoção da segurança no local de trabalho."	Conclusões do The Executive Survey of Workplace Safety, apresentadas pelo Liberty Mutual Group, conforme citadas no informativo Huang et al "Financial Decision Makers' Views on Safety" do Liberty Mutual (2001): "A Majority of U.S. Business Report Workplace Safety Delivers a Return on Investment." Disponível em http://www.larsafe.com/pdfs/Liberty-Mutual-Survey.pdf , como observado em "Executives Believe Workplace Safety Worth Investment", 6 de setembro de 2001, em ehstoday.com , disponível em http://ehstoday.com/news/ehs_imp_34706
144,5% ROI	"Benefício líquido da prevenção" extraído de "Prevention Balance Sheet (Benefícios de segurança e saúde por funcionário por ano MENOS Custos de segurança e saúde por funcionário por ano) = 1,445"	<i>Calculating the International Return on Prevention for Companies: Costs and Benefits of Investments in Occupational Safety and Health</i> , Relatório 1/2013e, publicado pelo instituto alemão de seguros para acidentes, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung [DGUV], Berlim, fevereiro de 2013, "Prevention Balance Sheet", página 32.
Proporção média de 2,2 entre custo e benefício (retorno da prevenção)	"As despesas com segurança e saúde ocupacional são um investimento que compensa. De acordo com as empresas entrevistadas, o retorno do investimento em prevenção (ROP) se estima em 2,2." (Sumário, página 34).	<i>Calculating the International Return on Prevention for Companies: Costs and Benefits of Investments in Occupational Safety and Health</i> , Relatório 1/2013e, publicado pelo instituto alemão de seguros para acidentes, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung [DGUV], Berlim, fevereiro de 2013.
300% "para cada dólar investido em segurança é possível esperar de US\$ 3 a US\$ 6 de retorno"	Segurança geral	De acordo com Liberty Mutual Research Institute... Citado em "The ROI of Safety", na seção de publicidade especial da <i>Business Week</i> , publicado no dia 12 de setembro de 2005, artigo de <i>Business Week</i> . www.businessweek.com/adsections/2005/pdf/0534_roi.pdf
Redução de 51 a 55%		The Benefits of Participating in VPP, U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2001.
25%	O American Textile Manufacturers Institute (ATMI) instituiu o programa "Quest for the Best in Safety and Health" em 1993.	The Benefits of Participating in VPP, U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2001.

Notas

Porcentagem mínima sem redução = 25%.

Máxima = 600%.

Porcentagem média sem redução = 224,6%

Sugestão

Use 225%.

A8. Benefícios da segurança na produtividade

20%	Redução das taxas de lesões e doenças.	Huang, Yueng-Hsiang, et. al., "Financial Decision Makers' Views on Safety", <i>Professional Safety</i> , (ASSE), abril de 2009.
6%	Melhoria da produtividade com redução de 50% na taxa de acidentes.	Van Den Raad, W.P., <i>Safety & The Bottom Line: Proving The Financial Benefits of Your Safety Initiatives</i> , apresentado em: Proactive Accident and Incident Reporting & Investigation Conference. IIR Ltd, Stakis St Ermins Hotel, Londres, 7-8 de dezembro de 1999. W.P Van Den Raad BSMS Inc. Franklin, IN, 46131, EUA.
32%	Redução das lesões reportáveis (Mobil Chemical)	"The Benefits of Participating in VPP", U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), conforme citado em <i>White Paper Addressing The Return On Investment for Safety, Health, And Environmental (SH&E) Management Programs</i> , Business of Safety Committee (BOSC) artigo nº6 American Society of Safety Engineers (ASSE), 8 de junho de 2002. Disponível em http://www.asse.org/bosc-article-6/
13%	Melhoria da produtividade (Ford)	
16%	Redução de fragmentos (Ford)	
35%	Aumento da produção (Kerr McGee)	
"43% dos executivos acreditam que o maior benefício da segurança é o aumento da produtividade."	O artigo publicado pela OSHA em 2012 cita uma pesquisa com 231 empresas e mais de 100 funcionários. Foi descoberto que 43% dos tomadores de decisão na área de finanças acreditavam que o aumento da produtividade era o maior benefício do programa de segurança aplicado ao local de trabalho.	Citado em Smith, Danny, "The Other Side of the Coin", <i>Occupational Health and Safety</i> , abril de 2015. Disponível em https://ohsonline.com/Articles/2015/04/01/The-Other-Side-of-the-Coin.aspx
De 5 a 7% de melhoria da produtividade	O melhor relatório do fabricante da categoria: "De 5 a 7% de melhoria na produtividade (OEE); redução de 2 a 4% no tempo de inatividade e de 50% na taxa de acidentes". Melhor do que a média...	Ludwig, Steve, <i>Safety Maturity: Three Crucial Elements of Best-in-Class Safety</i> , Rockwell Automation, 2014 (disponível em www.rockwellautomation.com/go/smiwp) página 3.
94% de redução na taxa de acidente	As melhores empresas da categoria (os 20% com melhor pontuação de desempenho) apresentam consideravelmente menos acidentes de trabalho – apenas 1 acidente a cada 2.000 funcionários, versus 1 em cada 111 funcionários. 1 acidente a cada 111 trabalhadores representa uma taxa de incidente de 0,9%, por outro lado a de 1 acidente a cada 2.000 é de 0,05%. A relação que há entre ir de quase um por cento para aproximadamente 0,05% é de 94,4%.	
-44%	Estratégia "Funcionar até quebrar"	Dados de "US coal industry challenged by over a decade of declining productivity", SNL Financial, 6 de março de 2014, conforme citado em <i>Productivity In Mining A Case For Broad Transformation</i> , Ernst & Young Global Mining & Metals, Ltd; 2014. (Página 3)

Notas

Mínimo = 2%. Média (excluindo [-44%]) = 13,7%

Sugestão

Use 14%. Máximo = 35%.

A9. Benefícios do controle do material fugitivo

Redução de 67% de derramamentos (e dos consequentes custos de limpeza)	Redução de derramamentos (de 8.000 t/mês a 5.000 t/mês, com custos de limpeza de US\$ 5 por tonelada.)	Contrato CST da Martin (de acordo com a apresentação de Lou G).
30% (de 18 a 23,5 meses de vida útil)	Aumento da vida útil do rolete devido à redução de material fugitivo.	Contrato CST da Martin (de acordo com a apresentação de Lou G).
404%	ROI da modificação do chute para controlar o derramamento.	Contrato CST da Martin.
50% de aumento na vida útil do rolete em boas condições de limpeza.	Redução de até 50% na vida útil em ambientes úmidos ou sujos.	<i>Bulk Material Belt Conveyor Troughing and Return Idlers: Selection and Dimensions</i> . Standard 502-2004, Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), 2004. (Figura 2-5).
O material de retorno causa entre 5 e 25% do total do desgaste da correia.	"Esse material de aderência provoca deterioração que pode variar de 5 a 25% do desgaste total da correia."	Ridgeway, John J. A, "An Automatic Belt Cleaner", <i>Engineering and Mining Journal</i> , Volume 92, 26 agosto de 1911, página 391.

A10. Benefícios da extensão da vida útil de vários componentes do transportador

45% (US\$ 5.680)	Aumento da vida útil da polia por meio do custo do ciclo de vida útil	Oxley, T., e M. Myers, "Economics Of Conveyor Systems Component Selection: The Total Cost Of Ownership Approach", <i>Mining Engineering</i> , Vol. 57, Nº 3; março de 2005, página 43.
8% (US\$ 255.800)	Economia de energia a partir da seleção do motor por meio do cálculo do ciclo de vida útil	
400%	Aumento da vida útil usando água	Martin Engineering Key Account Report (Proprietary) mina de cobre El Abra, 2005 (8.000 tph de minério de cobre, correia de 60 polegadas, 7 m/s)
+3%	Custos adicionais de manutenção nos primeiros dois anos devido ao comprar em função do preço em vez de nos custos do ciclo de vida.	Moore, Ron, "The business case for life cycle cost", <i>Reliable Plant</i> , (4-3-2008), disponível em http://www.reliableplant.com/Read/11309/life-cycle-cost
3,123% (US\$ 102.703)	Economia por ano devido à lubrificação automatizada que melhora a vida útil do rolamento e reduz o tempo de parada.	Bommer, Kathleen, e Mark Hawkins, "Automatic Lubrication in Mining Applications Improves Reliability and Decreases Maintenance Costs", <i>Proceedings of the 2015 SME Annual Conference & Expo, Denver, CO</i> , fevereiro de 2015, página 622.
150%	ROI ao instalar SHD após um ano	MIBRAG beltcleanercoanalysis.xls, agosto de 2002, pesquisa da Martin Engineering.
258%	ROI ao instalar SHD após três anos	

Sugestão

Use 30%

A11. Probabilidade de acidentes

Probabilidade de acidentes			
Fatalidades relacionadas ao trabalho (2001)	Acidentes industriais fatais a cada 100.000 pessoas	Acidentes industriais com afastamento (três ou mais dias) a cada 100.000 pessoas	Doenças industriais fatais a cada 100.000 pessoas
Mínimo	3,8	2.887	43,0
Médio	12,7	9.725	63,0
Máximo	19,1	14.542	89,3
Takala, Dr. J., <i>Introductory Report: Decent Work – Safe Work</i> , XVII Congresso Mundial de Segurança e Saúde no Trabalho, Organização Internacional do Trabalho, Genebra). Também apresentado no evento 27th World Congress on Safety and Health at Work, Orlando, 2005. (Extraído da Tabela 2)			
Taxa de acidentes a cada 1.000 trabalhadores		Acidentes fatais	Acidentes com afastamentos
Taxas anuais em período de 12 anos (1998 a 1999)			
Taxas de mortalidade e lesão/transportadores da África do Sul		0,23 a cada 1.000 trabalhadores	0,43 a cada 1.000 trabalhadores
Taxas de mortalidade e lesão/indústria da mineração da África do Sul		0,9 a cada 1.000 trabalhadores	13,6 a cada 1.000 trabalhadores
Totalizados na Tabela 2 (página 16). Conforme citado em Dreyer, E., e P.J. Nel, <i>Final Project Report: Best Practice Conveyor Belt Systems</i> , Safety In Mines Research Advisory Committee (SIMRAC), Anglo Technical Division Project Number GEN 701, África do Sul, julho de 2001, disponível em http://docslide.us/documents/best-practice-conveyor-belt-systems.html			
Comparação entre as taxas de mortalidade em sistemas transportadores nas indústrias de mineração da África do Sul e dos EUA (fonte: banco de dados DME e site COM) US Mining Industry Accident Data, conforme citado em Dreyer, E., e P.J. Nel, <i>Final Project Report: Best Practice Conveyor Belt Systems</i> , Safety In Mines Research Advisory Committee (SIMRAC), Anglo Technical Division Project Number GEN 701, África do Sul, julho de 2001, disponível em http://docslide.us/documents/best-practice-conveyor-belt-systems.html		Taxa de mortalidade em transportadores da África do Sul em 1998/1999 de ~0,03 a cada 1.000 trabalhadores	Taxa de mortalidade em transportadores dos EUA em 1998/1999 de ~0,010 a cada 1.000 trabalhadores

Sugestão

Fatal – Mínimo = 3,8/100.000; Média = 34/100.000;

Máximo = 95/100.000.

Afastamento – Mínimo = 43; Média = 3.756.

Use 3.750.

A12. Custos de parada de produção

AU\$ 60.000 Austrália	Falha na polia de cabeça	Roberts, Alan W., "Conveyor System Maintenance and Reliability", <i>ACARP Project C3018 Final Report</i> , Australian Coal Industry's Research Program (ACARP), novembro de 1996. acarp.com.au
AU\$ 18.750 Austrália	Falha na emenda	
US\$ 7.000 por hora	Parada da máquina	Campbell, Bill, "Taking Safety to the Bank", <i>Rock Products</i> , Volume 118, 6ª edição, Mining Media International, Denver, Colorado, junho de 2015, página 26-27
\$30.000 coroas suecas por hora	Derramamento interrompe transportador	Oberg, Ola, <i>Material Spillage at Belt Conveyors</i> , Royal Institute of Technology, Estocolmo, 1987.
\$40.000 coroas suecas por hora	Derramamento interrompe transportador	
US\$ 30.000	ROI ao instalar SHD após um ano	Questionário de vendedor da Martin patentado, Martin Engineering, agosto de 2015
US\$ 50.000	Chutes entupidos	Questionário de vendedor da Martin, agosto de 2015, Brad Neptune

Sugestão

Use US\$ 40.000/h.

A13. Economias em seguros devido a programas de segurança

De US\$ 13,78 a cada US\$ 100 em salários a US\$ 1,28/US\$100 em salários	Programa de segurança de mineração de carvão	Todos os três conforme citados em <i>The Return On Investment (ROI) For Safety, Health, And Environmental (SH&E) Management Programs</i> (Business of Safety Committee (BOSC), artigo nº6. Council on Practices and Standards (CoPS) da entidade American Society of Safety Engineers (ASSE). 8 de junho de 2002, disponível em http://www.asse.org/bosc-article-6/
US\$ 4,25/hora a US\$ 0,18/hora	Proteção contra quedas	
US\$ 70.000/ano a US\$ 7.000/ano	Programa de consultoria da OSHA	
De uma taxa de incidente de 28,5 (US\$ 50.000/ano) para 8,3 (US\$ 4.000/ano)	Programa de redução de lesões nos ombros e nas costas para reduzir custos diretos e indiretos	
De um fator de modificação de 1,7 a um de 0,999; US\$ 61.000 de custos diretos e indiretos	Redução dos custos de indenizações laborais	
De 17,9 a 0,6	Redução de 85% na taxa de indenização laboral	
75% para históricos excelentes; 300% para históricos deficientes	Mudanças nos prêmios de seguros devido ao histórico de segurança da empresa.	Malesic, Christian, "The Savings in Safety" <i>Insights</i> [Magazine of Independent Electrical Contractors (IEC)]. Maio/junho de 2011, ieci.org .
As empresas que apresentam históricos sem incidentes ou somente com pequenos incidentes podem pagar prêmios de seguro que correspondem a apenas 75% do que pagam seus concorrentes pela mesma apólice, enquanto aquelas com histórico elevado de incidentes podem chegar a pagar de prêmios de seguro com 300% acima da taxa.		
De 2,7 a 0,1	Redução das taxas casos de indenização laboral	Thrall Car
70%	Redução dos custos de indenizações laborais	Monsanto
De 6,84 a 1,84 (economia de 73%)	Redução das taxas casos de indenização laboral	Occidental
De 47 a 97%	Custos de seguro reduzidos	Estado de Oklahoma - Safety Pays Program
20%	Custos de seguro reduzidos	Alberta Canada Workman's Comp Board
Históricos de vários casos, fonte: The Benefits of Participating in VPP, U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2001.		
Todos os cinco acima mencionados conforme citado em <i>White Paper Addressing The Return On Investment for Safety, Health, And Environmental (SH&E) Management Programs</i> (Business of Safety Committee (BOSC) artigo nº 6, Council on Practices and Standards (CoPS) da entidade American Society of Safety Engineers (ASSE). 8 de junho de 2002. Disponível em http://www.asse.org/bosc-article-6/ http://www.asse.org/professionalaffairs/action/return-on-investment-for-safety/		
De 4,9 a 9,0%	Redução média da taxas de lesões e doenças	"Dentre os participantes que relataram uma redução nas suas taxas de lesões e doenças, a redução média anual foi de 4,9% para 9,0%. Com base nos relatórios dos participantes sobre a gestão de custos de lesões, apenas alguns participantes forneceram dados completos com os quais calcular o valor do impacto da melhoria ergonômica na redução de lesões. Chegou-se a um cálculo entre US\$ 2.977 e US\$ 4.854 por ano (com base na incidência dos custos devido a lesões musculoesqueléticas e custos de indenização laboral de cada local)." <i>White Paper: Cost and Return on Investment of Ergonomics Programs</i> , Humantech, Inc., 2014, página 7.
Entre US\$ 2.977 e US\$ 4.854 por ano	Valor da melhoria ergonômica na redução de lesões	

Sugestão

Use Custo real x Porcentagem de redução na taxa de incidente

A14. Melhoria dos resultados financeiros (como aumento no preço das ações)

Aumento no valor das ações devido a programas meio ambientais	De 0,2 a 0,5%	<i>White Paper: The Return On Investment (ROI) For Safety, Health, And Environmental (SH&E) Management Programs</i> (Business of Safety Committee (BOSC) artigo nº6, Council on Practices and Standards (CoPS) da entidade American Society of Safety Engineers (ASSE), 8 de junho de 2002, disponível em http://www.asse.org/bosc-article-6/
Investimentos em gestão ambiental	De 6,0 a 16,2%	
Empresas com bons históricos meio ambientais em comparação com a média das empresas de energia elétrica	7%	
A Alcoa, fabricante de alumínio baseada em Pittsburgh, afirma que, quando começou a colocar o foco em como se tornar uma empresa mais segura, viu seus lucros aumentarem de US\$ 0,20 por ação para US\$ 1,41 em apenas cinco anos, e suas vendas crescerem 15% a cada ano durante o mesmo período. Além do aumento nos lucros, a empresa relatou que os afastamentos devido a lesões de funcionários foram reduzidos ao longo de 10 anos.		Morrison, Kyle W., "The ROI of safety" <i>Health+Safety Magazine</i> , Vol. 189, nº 6, National Safety Council, Itasca, IL, junho de 2014
Em 2002, a filial francesa da Schneider Electric acreditava que já tinha um bom programa de segurança. A taxa de lesões da empresa que devem ser reportadas à OSHA era de 3,6% dos trabalhadores a tempo integral – abaixo da média das indústrias na época. "...Como resultado do investimento em segurança, a empresa experimentou uma redução da taxa até alcançar 0,5 em 2013. Isso equivale a aproximadamente 900 pessoas feridas a menos..." Além disso, a Schneider Electric está economizando mais de 15 milhões de dólares apenas em custos diretos. Como observado anteriormente, os custos diretos perdem importância quando comparados com os custos indiretos, já que estes podem ser de 2 a 3 vezes superiores aos custos diretos.		
Benefício da cultura que promove o aprimoramento do desempenho • Aumento do preço da ação em 12 vezes... • Aumento da receita em 4 vezes... das empresas sem cultura que promove a melhoria do desempenho, para o estudo de 12 anos (1977-1988)	"As empresas com a cultura que promove a melhoria do desempenho superam significativamente as empresas sem tal cultura."	Ryan, Dennis, "Safety Perception Survey Yes, You Can Conduct Your Own" <i>Professional Safety</i> , American Society of Safety Engineers, dezembro de 2009. www.asse.org , citando Kotter, J.P., e J.L. Heskett, <i>Corporate Culture and Performance</i> , Free Press, Nova Iorque, 1992.
Em <i>Corporate Culture and Performance</i> , John P. Kotter e James L. Heskett descobriram que uma cultura que promove a melhoria do desempenho contribui para um crescimento significativo nas receitas, emprego, preço das ações e lucro líquido.	"Partindo de uma perspectiva abrangente, Kotter e Heskett afirmam: 'O fato de que a apreciação do valor do patrimônio líquido possa variar entre 900% e 75% de alguma forma em função da relevância da cultura corporativa de uma empresa destaca a importância dessa questão que é muitas vezes negligenciada.'"	Citado em Charfen, Alex, "Creating a Culture of Performance" <i>Shale Oil & Gas Business Magazine</i> , 27 de janeiro de 2016, disponível em http://shalemag.com/2016/01/27/culture-of-performance

Sugestão

Use 7%

A15. Benefícios da prevenção na etapa de design (design para segurança)

37%	Porcentagem de fatalidades no local de trabalho que definitivamente ou provavelmente tenham relação com o design.	Guidance On The Principles Of Safe Design. The Australian Safety and Compensation Council, 2006, página 6; citando <i>The role of design issues in work-related injuries in Australia 1997-2002</i> NOHSC (National Commission), 2002. Occupational Health & Safety.
30%	Porcentagem de lesões sérias não letais relacionadas ao trabalho em que o design contribuiu	
De 4,9% a 9,0% Redução anual da taxa de doença/lesões (média).	"Dentre os participantes que relataram uma redução nas suas taxas de lesões e doenças, a redução média anual foi de 4,9% para 9,0%.	White Paper: Cost and Return on Investment of Ergonomics Programs, Humantech, Inc., Ann Arbor, MI, 2014. Páginas 7 e 10.
378%. Média de retorno do investimento em programas de ergonomia.	"Dos participantes da pesquisa, quatro (4) deles forneceram dados completos, que nos permitiram concluir o cálculo de ROI de cada local. Com base nesses quatro conjuntos de dados, o ROI dos programas de ergonomia dos locais variou entre 77% e 1.513% por ano. A média do grupo foi um ROI anual de 378%."	

Sugestão

Use 30%



"Para mim, uma das principais utilizações deste livro será responder a seguinte questão: 'Como convenço o chefe que a segurança compensa?' Os orçamentos são gerenciados de forma tão apertada que nenhum gestor deseja se arriscar e gastar agora para economizar depois. Então, quando um projeto é apresentado com base na redução de custos diretos, ele passa a ser uma venda mais difícil."

R. Todd Swinderman, P.E., autor

Capítulo 35 **Compreensão das conexões** A relação entre segurança e produtividade

INTRODUÇÃO 559

Uma revisão das técnicas financeiras 560

Perguntas a serem respondidas... 564

**Pelo funcionário:
Como convenço o patrão de que a segurança compensa? ..** 564

**Pelo fornecedor:
Como convenço os clientes a comprarem em função do valor, e não do preço?.....** 566

**Pela empresa de engenharia:
Como podemos convencer o cliente que um design mais seguro justifica um nível de investimento mais elevado?..** 568

**Pelo executivo sênior:
Como os investimentos em segurança aumentam o valor para o acionista?** 569

CONCLUSÕES 570

INTRODUÇÃO

Apesar de milhares de artigos e livros escritos sobre a segurança, apesar dos esforços regulatórios dos governos em todo o mundo, apesar dos esforços promocionais de associações e profissionais que pregam a segurança por décadas, a indústria ainda não percebeu a conexão entre limpeza, segurança e produtividade.

Ninguém foi capaz de consolidar a relação entre a segurança e as práticas de compra de valor, redução dos riscos e adoção de uma cultura de segurança. Essas práticas são aclamadas, porém não adoradas. Tem sido impossível "compreender as conexões" entre os investimentos em segurança e os benefícios no longo prazo – o retorno em segurança.

Como resultado, as questões permanecem abertas para aqueles que desejam melhorar o desempenho financeiro e a segurança da empresa. As perguntas elaboradas são:

- *Pelo funcionário:* Como convenço o patrão de que a segurança compensa?

- *Pelo fornecedor:* Como convencem os clientes a comprarem em função do valor, e não do preço?
- *Pela empresa de engenharia:* Como podemos convencer o cliente que um design mais seguro justifica um nível de investimento mais elevado?
- *Pelo executivo sênior:* Como os investimentos em segurança aumentam o valor para o acionista?

Mas, quando uma cultura de segurança está profunda e efetivamente incorporada na filosofia, no estilo de gestão, nos procedimentos de compra e nas práticas de trabalho da empresa, essas perguntas são rotineiramente respondidas, enriquecendo a vida dos funcionários, protegendo o meio ambiente e melhorando os resultados financeiros.

Uma revisão das técnicas financeiras

O Capítulo 34 O retorno da segurança aborda as técnicas que podem ser usadas para avaliar os investimentos em segurança. Elas são:

Método do Retorno do investimento (ROI)

A abordagem do ROI (**Figura 35.1**) é útil para calcular a economia em custos diretos que pode ser realizada com investimento mínimo e em um período de tempo relativamente curto. Normalmente, faz-se uma investigação mínima dos custos diretos. O resultado é que o custo total representa a soma do preço inicial e as reduções de cada item do orçamento. Esses projetos muitas vezes possuem custos bastante pequenos, o que permite que a aprovação fique sob responsabilidade da administração local da planta. Um investimento com um ROI de um ano ou menos geralmente é considerado uma

decisão fácil – particularmente se melhorar a segurança, a limpeza ou produtividade de uma operação.

O método do ROI pode ser útil para analisar de forma rápida se um projeto maior ou de longo prazo pode ser viável. Ele representa um primeiro passo quando é preciso determinar se é possível justificar coleta de dados e análise financeira adicionais.

Método do Valor presente líquido (VPL)

O método do VPL (**Figura 35.2**) é útil para comparar investimentos um pouco maiores e mais complexos com diferentes opções e prazos. O método do VPL requer conhecimentos ou estimativas do custo do dinheiro (taxa de desconto [R]), do investimento inicial e dos custos e poupanças nos fluxos de caixa anuais ao longo do tempo, em que i = número de anos. A abordagem do VPL é listar, por ano, os fluxos de caixa – como economias menos os custos – e os descontos, e atualizar os valores em dinheiro para a data de hoje. O método do VPL é útil quando todos os custos e economias significativos, tanto diretos quanto indiretos, são contabilizados.

Uma aplicação comum do método do VPL é conhecido como Custo do ciclo de vida útil. Ele permite comparar um investimento em um componente mais barato, porém menos confiável, com uma opção mais cara e mais confiável. A opção com um VPL maior seria um investimento preferível.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Economia total}}{\text{Custos totais}}$$

$$\text{ROI} \times 100 = \text{ROI\%} \quad \frac{1}{\text{ROI}} = \text{Anos até o retorno}$$

Figura 35.1.

Fórmula do retorno do investimento

$$\text{Valor presente líquido} = - \text{Investimento inicial} + \sum_{i=1}^n \frac{\text{Fluxos de caixa anual}}{(1 + R)^i}$$

Figura 35.2.

Fórmula do valor presente líquido

A abordagem do VPL serve bem para o teste de suposições. É relativamente fácil mudar uma variável – somar ou diminuir uma determinada porcentagem – para identificar a sensibilidade do VPL projetado referente a questões de abastecimento ou aumentos de preços.

A taxa de desconto que iguala o VPL a zero é denominada de Taxa interna de retorno (TIR). (Figura 35.3.) A TIR é útil quando é preciso comparar diferentes opções para

o mesmo investimento. Se a TIR tiver uma porcentagem positiva, o projeto provavelmente será viável. Quando se leva mais de uma opção em consideração, o investimento que apresenta uma TIR com porcentagem maior é provavelmente a melhor opção financeira.

Normalmente, o resultado de um cálculo de VPL seria um número positivo. Por exemplo, ao considerar a compra de uma máquina para aumentar a produção, uma empresa não deveria comprá-la se ela não produzir um fluxo de caixa positivo ao longo da vida. A melhor máquina a ser comprada seria a que apresenta o maior e melhor VPL positivo.

Ao considerar opções para mitigar riscos, o cálculo do VPL geralmente resulta em um número negativo porque o risco não pode ser totalmente eliminado. No caso de investimentos em segurança, o resultado do VPL que apresentar o menor número negativo provavelmente seria o melhor investimento. Em outras palavras, o cálculo do VPL ainda assim pode usar fluxos de caixa negativos, mas o que deve ser buscado é o menor custo com a máxima redução do risco.

Método do Valor da vida estatística (VSL)

O método do VSL pode ser usado de duas formas. A primeira usa uma estimativa de quanto uma determinada instalação estaria disposta a gastar para reduzir os riscos e as lesões durante o tempo de vida do trabalhador ou da vida da planta. A segunda abordagem considera o custo de um incidente e então calcula quanto você é capaz de gastar para reduzir o risco de incorrer no incidente em questão, estabelecendo um valor. Ao conhecer ou estimar o custo de dinheiro (R), o cálculo do VPL pode ser feito para determinar a economia de custos ao evitar incidentes. Na maioria dos países, o custo de vários graus de lesão é conhecido ou pode ser

Figura 35.4.

Fórmula do Valor da vida estatística ajustado pela inflação.

$$VSL_{2013+n} = VSL_{2013} \times (1 + PPI/100)^n$$

n = Número de anos desde 2013

Em que PPI representa o Índice de preços ao produtor e o VSL é específico do país

Figura 35.5.

Investimentos em melhorias do transportador podem ser considerados nessas metas.

Metas dos investimentos em melhorias
Controlar materiais fugitivos
Controlar o pó
Minimizar derramamento
Reduzir material de retorno
Aumentar a segurança
Reduzir lesões
Reduzir doenças industriais
Reduzir ruído
Atualizar proteções
Aumentar a produtividade
Reduzir o tempo de manutenção
Aumentar a disponibilidade do sistema
Aumentar o rendimento
Aumentar a confiabilidade do equipamento
Outros
Reduzir o risco em toda a empresa
Justificar a engenharia do design para a segurança
Melhorar as relações com a comunidade
Aumentar o valor para o acionista

Figura 35.3.

Fórmula da taxa interna de retorno.

Taxa interna de retorno = Que taxa R tornará um VPL = 0?

$$0 = - \text{Investimento inicial} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 1}}{(1 + TIR)^1} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 2}}{(1 + TIR)^2} + \frac{\text{Fluxo de caixa anual 3}}{(1 + TIR)^3} + \dots$$

ROI do controle de materiais fugitivos

A Happy Company manuseia 5 milhões de toneladas por ano de felicidade, a matéria-prima para produzir felicidade. Com a tonelada a US\$ 50, essa matéria-prima possui um valor de US\$ 250.000.000. As instalações da Happy Company possuem 50 transportadores com mais de 9.000 metros de correias. O derramamento de pó e material de retorno foram mensurados em 2,8% da produção anual. A metade da limpeza é feita manualmente a uma taxa de uma tonelada por hora. Um fornecedor externo, a Serenity Un-Ltd., propôs reduzir o derramamento para menos de 1% instalando limpadores de correia e fazendo a manutenção dos pontos de transferência por um custo anual de US\$ 1.250.000. A Happy Company deseja saber o ROI decorrente da redução da mão de obra em limpeza segundo a proposta.

	Limpeza da Happy Company	Proposta da Serenity Un-Ltd.
Derramamento e material de retorno	140.000 t	50.000 t
Mão de obra necessária a 2.000 h/ano por trabalhador	140.000 t x 1 t/h x 50% = 70.000 h	50.000 t x 1 t/h x 50% = 25.000 h
Custo de mão de obra de US\$ 40/h	US\$ 2.800.000/ano	US\$ 1.000.000/ano

$$\text{ROI} = \frac{\text{Economia}}{\text{Custo}} = \frac{\text{Custo de limpeza atual} - \text{Custo de limpeza futuro}}{\text{Preço contratual}}$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{US\$ 2.800.000/ano} - \text{US\$ 1.000.000/ano}}{\text{US\$ 1.250.000/ano}} = \frac{\text{US\$ 1.800.000/ano}}{\text{US\$ 1.250.000/ano}} = 1,44 \text{ ou } 144\% \quad (0,69 \times 12 = 8,3 \text{ meses})$$

ROI para contratar a Serenity Un-Ltd.

Em suma, o retorno do investimento é de 144% para que o fornecedor reduza o derramamento da Happy Company, indicando um retorno em 8,3 meses.

Ao conhecer tais números, os gestores em geral reagem pensando que a empresa tem funcionários na equipe para fazer a limpeza e a manutenção, assim que consideram um problema da supervisão mais do que um problema de material fugitivo. Na realidade, uma análise das prioridades da parada do equipamento e dos trabalhos de manutenção realizados quase sempre mostra que a manutenção de componentes de controle de material fugitivo – correia, limpadores e sistemas de prevenção de derramamento – geralmente não é uma prioridade. Como consequência, essas tarefas de manutenção são raramente concluídas, e o desempenho dos sistemas de controle de material fugitivo é reduzido.

O investimento e o momento seriam mais complexos e poderiam ser analisados detalhadamente em um período de vários anos. Por exemplo, o primeiro ano seria provavelmente gasto na instalação e atualização dos

componentes de controle de material fugitivo, de forma que a redução do derramamento de 2,8% para 1% levaria mais de um ano. Isso indica que pode ser preciso um contrato de vários anos para realizar todas as economias.

Além disso, a experiência mostra que um número significativo de acidentes está relacionado com a limpeza de material fugitivo nas proximidades de transportadores, e que a redução do derramamento aumenta a vida útil dos componentes de 25 a 40%. Por isso, há outras economias que poderiam ser incluídas na análise de Valor presente líquido. O essencial dessa análise é que a quantidade atual de derramamento seja medida, e o custo atual da limpeza manual seja conhecido.

Observação: o Capítulo 31 do livro *FOUNDATIONS™ Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo do Pó e Material a Granel*, Quarta Edição da Martin Engineering fornece um método qualitativo para avaliar o desempenho na redução do material fugitivo.

Preço vs. custo

Os transportadores da Happy Company usam aproximadamente 3.750 roletes inclinados e 1.500 roletes de retorno. Os roletes duram em média quatro anos. Na tentativa de reduzir os custos de peças de reposição, o departamento central de compras da Happy Company buscou roletes de reposição com o fornecedor que oferecia o custo mais baixo. Em resumo, a "economia" feita ao comprar o menor preço em vez de usar o custo do ciclo de vida útil foi de 90% negativos.

Economias do departamento central de compras da Happy Company

	Roletes comprados com base no custo do ciclo de vida	Roletes comprados com base no preço inicial mais baixo
Número médio de roletes de retorno substituídos por ano	1.500/4 = 375	1.500/4 = 375
Preço médio dos roletes	US\$ 105 x 375 = US\$ 39.375	US\$ 90 x 375 = US\$ 33.750
Economias na compra		US\$ 5.625

Custos de mão de obra de manutenção causados pela compra do menor preço

	Roletes comprados com base no custo do ciclo de vida	Roletes comprados com base no preço inicial mais baixo
Tempo para substituir os roletes	1h 100% do tempo	2h 33% do tempo
Custo da mão de obra/ano a US\$ 50/h	375 roletes x US\$ 50/h x 1h/rolete = US\$ 18.750	375 roletes x 2/3 = 250 a 1h/rolete x US\$ 50/h = US\$ 12.500/ano 375 roletes x 1/3 = 125 a 2h/rolete x US\$ 50/h = US\$ 12.500/ano Total = US\$ 25.000/ano
Custo de mão de obra adicional		US\$ 25.000 - US\$ 18.750 = US\$ 6.250/ano

No entanto, apesar da especificação indicar um padrão da indústria, os roletes de reposição de baixo custo variaram ligeiramente no comprimento e nas dimensões da ponta de eixo. O departamento de manutenção da Happy Company não tinha ideia de qual seria o fornecedor que receberia o próximo pedido de roletes de baixo custo. Cerca de um terço dos roletes de baixo custo para reposição não se encaixaria nos suportes de suspensão dos cavaletes de retorno instalados, de modo que o procedimento de troca também envolveria a substituição ou modificação dos suportes de suspensão do rolete. Isso aumentou o tempo em uma hora por rolete.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Economia}}{\text{Custo}} = \frac{\text{US\$ 5.625}}{\text{US\$ 18.750} - \text{US\$ 25.000}} = -0,9$$

ROI negativo ao comprar com base no menor preço

Houve uma "economia" robusta de US\$ 28.000 sobre o preço de compra dos aproximadamente 900 roletes inclinados a cada ano. O preço reduzido baseava-se no volume total dos roletes comprados. Consequentemente, o departamento de compras relutou escutar o fornecedor original e voltou a comprar roletes do retorno com base no menor custo.

Em vez de aceitar problema, o fornecedor original poderia, com a ajuda do departamento de manutenção, apresentar uma análise mais aprofundada para argumentar contra a decisão de comprar os roletes de preço mais baixo. Por exemplo, se houver apenas uma hora de inatividade não planejada (considerando US\$ 41.167 por hora como evidenciado pela equação a seguir) devido à necessidade de ajustar o suporte para instalar os roletes de preços mais baixos, as economias feitas nos roletes mais baratos desaparecem.

$$\text{Custos de parada não programada} = \frac{\text{Vendas anuais (meta de produção)}}{\text{Horas de operação anuais}} \\ \text{US\$ 41.167} = \frac{\text{US\$ 250.000.000}}{6.000} \\ \text{Custos de parada de produção}$$

Da mesma forma, o custo de um acidente com afastamento, com uma média de US\$ 38.000 por incidente, causado pela exposição do trabalhador ao risco devido ao tempo extra de instalação e ao retrabalho exigido, também afeta as economias feitas ao comprar o equipamento de menor custo.

Apresentar esse risco juntamente com o conhecimento do tempo de parada não programada real da operação e da taxa de incidentes poderia ser usado para convencer o departamento de compras de que o benefício do menor preço não vale o risco.

estimado; cada instalação terá seus próprios dados específicos. A pesquisa bibliográfica do **Capítulo 34 Anexo** proporciona a probabilidade média de várias categorias de incidentes. Essas informações são usadas para estimar as economias na redução dos incidentes pela quantidade ou nível de gravidade.

Os governos frequentemente usam esse método para avaliar se o custo de implementar um regulamento reduzirá os incidentes e economizará os recursos da sociedade. Essa técnica é usada para justificar as economias em segurança quando as economias pertencem a uma categoria menos tangível. Os valores publicados ou derivados do Valor da vida estatística podem ser ajustados segundo a inflação por meio da **Figura 35.4**.

Combinação dos métodos

A seguir, essas técnicas serão usadas com procedimentos contábeis clássicos para mostrar como esses métodos podem ser aplicados a uma ampla gama de oportunidades de investimento. A **Figura 35.5** relaciona alguns dos tipos de cenários de investimento em segurança que podem ser investigados e justificados utilizando as técnicas descritas no **Capítulo 34 O retorno da segurança**. Há várias outras aplicações em que dados menos tangíveis podem ser coletados e usados para justificar melhorias em segurança, limpeza e produtividade.

Perguntas a serem respondidas

Embora elaboradas como perguntas diferentes em função das pessoas envolvidas, um tema se manifesta quase universalmente: Como posso convencer um superior que há retorno ao investir em características de produto e atividades de trabalhadores que melhoram a segurança de forma direta e indireta?

Pelo funcionário: Como convenco o patrão de que a segurança compensa?

- Colete dados

Coletar os dados necessários é importante. Se a posição defendida não possuir dados, o status quo (ou o chefe) sempre prevalecerá. O caso pode nem precisar de muitos dados, mas é importante reunir dados suficientes para que a autoridade possa tomar a decisão. Qualquer coisa pode ser medida usando as técnicas discutidas no **Capítulo 34 O retorno da segurança**.

Em muitos casos, os dados necessários já estão sendo coletados em algum lugar da empresa ou disponível na Internet. Procure informações com os demais – é possível que alguém tenha tido o mesmo tipo de problema que você e possa fornecer informações úteis que pouparão tempo de pesquisa.

- Desenvolva um plano de ação para a mudança

Um plano deve estar baseado em fatos, não em opinião. A partir dos dados coletados, uma linha de ação adequada deve ficar evidente. Se não ficar evidente, talvez as informações corretas não tenham sido coletadas ou talvez o problema identificado não seja realmente um problema no final das contas – ou pelo menos não é "o problema". O plano deve conter um reconhecimento do problema, a solução proposta e os resultados esperados.

- Calcule o Retorno do investimento (ROI)

No nível departamental, uma proposta terá de mostrar que a utilização do dinheiro do orçamento desse ano proporcionará um retorno rápido. Em geral, isso ocorre porque respeitar o orçamento mensal ou anual é uma das principais coisas pelas quais os diretores do departamento de gestão da planta se responsabilizam. Se esse for o caso, um simples cálculo do ROI (**Figura 35.1.**) será suficiente.

O valor do risco reduzido

A Happy Company está pensando em uma grande expansão para investir 100 milhões de dólares em capacidade de produção (e, conseqüentemente, em vendas) do seu produto final, Felicidade. O investimento envolve transportadores e equipamentos do processo.

Duas ofertas foram recebidas. A oferta de menor preço foi de US\$ 100.000.000 e a oferta de valor agregado foi de US\$ 110.000.000, pois incluía cerca de US\$ 1.000.000 extra em custos de design e US\$ 9.000.000 em componentes de alta qualidade para aumentar a confiabilidade e reduzir os custos de manutenção. Justin B. Fine, o CEO da Happy Company, deseja saber se esses US\$ 10.000.000 extras valem a pena ser investidos.

Com base em pesquisas, o sistema da oferta mais barata normalmente leva 18 meses para alcançar a produção

total após o início, com custos adicionais não orçados de 3% do projeto. Por outro lado, o histórico dos projetos da proposta de valor agregado mostra que esses projetos precisam de apenas seis meses para alcançar a produção total, sem custos adicionais não orçados. Além disso, o fornecedor com a oferta de valor agregado pode provar que em seus últimos trabalhos houve uma melhora na confiabilidade, o que reduz o custo de manutenção em meio por cento do custo total do investimento.

Conforme mostrado nas tabelas abaixo, usando os pressupostos estabelecidos, a Opção B – Oferta de valor agregado produz um Valor presente líquido ($VPL_{n=5}$) e uma Taxa interna de retorno ($TIR_{n=5}$) melhores em cinco anos. A redução dos riscos incluída na análise baseia-se em um início suave e na redução de custos de manutenção contínua.

Pressupostos sobre os investimentos da Happy Company

Pressupostos	Opção A - Oferta de menor preço	Opção B - Oferta de valor
Taxa de desconto	5%	5%
Margem de lucro bruto	30%	30%
Outros custos iniciais	3% de investimento/18 meses	0%
Custo de manutenção	2% do investimento 5% do custo da correia	1,5% do investimento 4,5% do custo da correia
Custo da correia	US\$ 20.000.000	US\$ 22.000.000

Opção A - Oferta de menor preço VPL em 5 anos

Opção A - Oferta de menor preço 100.000.000	Ano 1 (000)	Ano 2 (000)	Ano 3 (000)	Ano 4 (000)	Ano 5 (000)
Vendas	48.000	92.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000
Lucro bruto	14.400	27.600	30.000	30.000	30.000
Manutenção	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Custos iniciais não orçados	1.500	1.500	0	0	0
Lucro operacional	9.900	23.100	27.000	27.000	27.000
$VPL_{n=5}$	-2.800				
$TIR_{n=5}$	4,0%				

Assim que a análise for definida, as variáveis poderão ser manipuladas para determinar a sensibilidade da análise quanto às variáveis não satisfeitas. Nesse exemplo, se as porcentagens de manutenção na Opção A (Oferta de menor preço) e Opção B - (Oferta de valor agregado) forem as mesmas, os VPLs serão quase os mesmos devido ao alcance mais rápido do total de vendas da Opção B.

Opção B - Oferta de valor agregado VPL em 5 anos

Opção B - Oferta de valor agregado 110.000.000	Ano 1 (000)	Ano 2 (000)	Ano 3 (000)	Ano 4 (000)	Ano 5 (000)
Vendas	67.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Lucro bruto	21.100	30.000	30.000	30.000	30.000
Manutenção	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640
Custos iniciais não orçados	0	0	0	0	0
Lucro operacional	17.460	27.360	27.360	27.360	27.360
$VPL_{n=5}$	-1.000				
$TIR_{n=5}$	4,7%				

Há vários outros benefícios que poderiam ser incluídos dependendo de como esse investimento extra de 10 milhões de dólares for gasto.

Por exemplo: os chutes projetados aumentam a vida útil da correia; os investimentos em ergonomia oferecem retornos significativos em segurança e a redução do tempo de manutenção graças ao design pode aumentar significativamente a disponibilidade.

Se o projeto supõe gastar mais dinheiro do que o chefe pode autorizar, é provável que o cálculo seja mais difícil, e as instalações podem exigir que o projeto seja adiado para orçamento do ano seguinte. Com gastos maiores, o retorno normalmente é estendido ao longo de um período de anos, de forma que o projeto precisará usar a abordagem de análise do Valor presente líquido.

- Apresente o caso

Reclamar com o chefe e fazer alegações não fundamentadas não fará com que seu chefe tome medidas. O chefe provavelmente ouviu a reclamação mil vezes, está agora ocupado lidando com problemas "reais", e deseja soluções, não reclamações. Uma tática mais bem-sucedida é descrever o problema, fornecer fatos e sugerir soluções.

Uma apresentação profissional com gráficos elaborados e uma capa de designer não é preciso, mas colocar a proposta no papel é importante. Descreva o problema e use fotos se possível. Ofereça uma solução, incluindo um debate sobre como melhorar a situação, e apresentar as economias divididas pelo custo (o ROI). Inclua quaisquer informações de suporte ou referências que você tenha usado.

Uma vez que a proposta está no papel, a solicitação se torna mais difícil de ser ignorada e facilita que o chefe convença os superiores que o projeto faz sentido e é rentável.

A ferramenta mais importante é um conhecimento profundo do processo e um entendimento sobre onde as alterações farão a diferença na produção. Se o chefe não compreender nem perceber a relação entre produção, segurança e limpeza, um passo importante na apresentação seria fornecer uma prova para convencer o chefe sobre essa relação. Quanto mais semelhante a prova for da situação da planta melhor será.

A prova pode ser extraída de várias fontes.

Essas fontes incluem o uso de uma ou mais das seções ou referências nos livros *FOUNDATIONS™*, as histórias de sucesso de publicações comerciais ou os resultados de investimentos semelhantes em outras partes da planta ou instalações similares.

- Quase acidentes proporcionam uma oportunidade de evitar acidentes de fato.
- Pó, derramamentos e material de retorno são responsáveis por 85% das falhas prematuras de equipamentos, e a limpeza de material fugitivo responde por um terço de todos os acidentes graves.
- Os trabalhadores de manutenção aplicam cerca de 30% do seu tempo para acessar o equipamento a ser mantido, o que normalmente resulta em pressa para concluir os reparos.
- Um terço de todos os incidentes de segurança está relacionado a atividades de manutenção.

Pelo fornecedor: Como convenço os clientes a comprarem em função do valor, e não do preço?

- Forneça benefícios desejados

As características de um produto ou de uma proposta de serviço devem oferecer benefícios ao cliente. Características extras podem significar custos extras; então pode ser preciso personalizar os produtos e serviços para fornecer as características com os benefícios mais bem avaliados pelo cliente.

- A qualidade é uma obrigação

O produto ou serviço devem ter um nível aceitável de qualidade, ou provavelmente não satisfará as expectativas. O produto deve funcionar bem durante os intervalos entre manutenção. Confiabilidade é uma função da qualidade. A qualidade e a confiabilidade de um produto ou serviço devem ser demonstradas por meio de provas de terceiros ou instalações de teste.

Aumento do preço da ação da Happy Company

Um demonstrativo de lucros e perdas fornece um resumo da atividade financeira ao longo de um período de tempo, enquanto um balanço proporciona uma foto da condição financeira da empresa em um ponto específico no tempo, geralmente no final do ano. As demonstrações de lucros e perdas e os balanços utilizados neste capítulo podem ser subdivididos em vários outros itens detalhados, mas foram concebidos para fins ilustrativos, não de detalhamento.

A fictícia empresa Happy Company produz felicidade, milhões de toneladas dela por ano. Como é possível imaginar, há uma demanda ilimitada por felicidade, mas os recursos são escassos. A mineração e a produção de felicidade é um processo árduo, imprevisível e caro.

Declaração simplificada de perdas e lucros projetados para a Happy Company

Demonstração de lucros e perdas da Happy Company (US\$ 000)	Sem a contratação da Serenity Un-Ltd.	Com a contratação da Serenity Un-Ltd.
Receita (Vendas)	250.000	254.500
Custo das vendas	200.000	203.600
Lucro bruto	50.000	50.900
Despesas	30.000	28.250
Impostos	12.000	13.590
Lucro líquido	8.000	9.060

Projeção do balanço simplificado da Happy Company

Balanço da Happy Company (\$000)	Sem a contratação da Serenity Un-Ltd.	Com a contratação da Serenity Un-Ltd.
Ativos	75.000	75.250
Passivos	50.000	48.966
Patrimônio líquido dos acionistas	25.000	26.284
Passivos e patrimônio líquido dos acionistas	75.000	75.250

Preço da ação da Happy Company

10.000.000 de ações	Sem a contratação da Serenity Un-Ltd.	Com a contratação da Serenity Un-Ltd.	% de alteração
Preço da ação	US\$ 2,50	US\$ 2,63	5,2%

Muitos funcionários da Happy Company se lesionaram ou morreram durante a produção de felicidade ao longo dos anos. A nova gestão quer mudar a cultura da empresa e disponibilizar a felicidade para todos.

A Happy Company foi apresentada no *FOUNDATIONS™, 4ª Edição* para demonstrar a comparação do Retorno do investimento na aquisição e instalação de raspadores de correia para elevar o desempenho da limpeza.

O exemplo incluía economias diretas e algumas economias de produção não especificadas em um período de um ano. Os investimentos em segurança geralmente levam anos melhorando continuamente para produzir resultados.

Como resultado, os métodos de análise financeira discutidos neste capítulo muitas vezes requerem uma abordagem de vários anos do desempenho financeiro da Happy Company.

Esse exemplo apresenta uma comparação simplificada do primeiro ano de alteração no preço das ações da Happy Company, com e sem o Retorno dos investimentos da redução de materiais fugitivos. (**Consulte ROI do controle de materiais fugitivos.**) Presume-se que esses US\$ 250.000 do contrato da Serenity Un-Ltd. seja para equipamentos, portanto a redução de US\$ 1.800.000 na despesa da limpeza com um aumento na despesa de depreciação de US\$ 50.000 por ano e uma variação líquida de despesas de US\$ 1.750.000. Os mesmos índices são usados no custo das vendas, lucro bruto e impostos.

O gestor do departamento verá isso como uma redução na equipe de manutenção, de aproximadamente 13 pessoas que se encarregam da limpeza, em troca de um investimento de US\$ 1,25 milhão. O gestor considera difícil abrir mão das pessoas e deseja saber se o contrato com a Serenity Un-Ltd. pode ser justificado. Mas o gestor corporativo considera um aumento nas vendas de US\$ 4,5 milhões com um investimento de US\$ 1,25 milhão, o que resultaria em um aumento de 5,2% no preço das ações.

- Propostas com base no desempenho

Ajudar o cliente a alcançar as metas de disponibilidade é importante. Para fazer isso, o fornecedor precisa entender as expectativas do cliente, convertê-las em resultados mensuráveis e fornecer uma proposta que melhore o desempenho e a disponibilidade operacional do sistema. É importante e útil garantir, por escrito, que o sistema proposto irá funcionar.

- É o custo, não o preço

É comum que os gestores de curto prazo se concentrem na redução de custos estabelecendo metas de redução de compras em uma determinada porcentagem em comparação com o custo das compras do ano anterior. O preço é simplesmente o dinheiro que troca de mãos. Se o menor preço for o indicador, é provável que o cliente esteja ignorando grandes economias e provocando um custo à empresa significativamente maior do que será economizado.

O custo real na compra de um equipamento é o preço mais a manutenção, a energia e todo o esforço que supõe o uso do produto ou serviço. Muitas vezes, um preço baixo resulta em um ROI baixo ou negativo, especialmente se a decisão de compra reduz a disponibilidade, dado que o fornecedor cortou em confiabilidade para atender às metas de preços artificialmente baixos.

A proposta deve mostrar, por meio da análise do Valor presente líquido – muitas vezes chamado de Custo do ciclo de vida útil ou Custo total de propriedade – que o preço mais elevado do produto ou serviço traz maiores benefícios ao longo da vida útil do sistema.

Pela empresa de engenharia: Como podemos convencer o cliente que um design mais seguro justifica um nível de investimento mais elevado?

- Risco reduzido

O risco é uma combinação entre frequência e gravidade. Quando o cliente compra somente com base no menor preço, isso normalmente supõe materiais e mão de obra de qualidade mais baixa. Muito provavelmente, os detalhes de design padrão usados há muito tempo também são usados para fornecer um produto ou sistema de prateleira "ou semelhante" ao menor preço possível. Isso é comprar a tecnologia de ontem com os preços de hoje.

É real o risco de o cliente sair do negócio devido a um desastre ambiental ou acidente fatal. Mesmo se o cliente não sair do negócio, os danos causados a uma marca podem levar décadas para serem sanados. Um departamento de compras que contrata o menor preço aumenta o risco ao não levar em consideração um design mais caro. Infelizmente, isso acontece o tempo todo.

O risco do seu banco é apenas financeiro, mas é significativo.

Gastar um extra de 10 a 20% em design normalmente aumenta de um a dois por cento o custo total do projeto, mas pode reduzir riscos de forma significativa.

De acordo com uma pesquisa da KPMG feita em 2007, *Construction procurement for the 21st Century*, comprar somente com base no menor preço resulta em que 35% dos projetos extrapolam o orçamento e 16% sofrem atrasos, com um percentual similar terminando na justiça devido a desacordos quanto ao desempenho. A análise do Valor presente líquido pode ser usada para mostrar como é significativa, ao longo da vida útil de uma planta, a diferença entre o

ROI da redução do risco na etapa de design e o da compra em função do menor preço.

- **Confiabilidade e disponibilidade aumentadas**
O desejo de obter um maior rendimento tende a incentivar a escolha de transportadores cada vez mais rápidos e maiores, que funcionem por períodos mais longos de tempo sem manutenção. O desenvolvimento de sistemas e componentes para atender a esses requisitos de desempenho mais elevados não é linear. As correias de hoje são capazes de retirar mais material da polia de cabeça, o que cria forças de impacto maiores do que os componentes da estação receptora podem manipular de forma confiável. O resultado é a ocorrência de paradas não planejadas para reparar danos na correia, para limpar o derramamento ou para substituir os roletes de impacto. A menos que os componentes sejam projetados para oferecer fácil manutenção, a disponibilidade é ainda impactada pelo Tempo médio de reparo (MTTR). Uma análise do Valor presente líquido (custo do ciclo de vida útil) pode ser usada para mostrar que os esforços crescentes durante a etapa inicial de design para aumentar a confiabilidade e reduzir as mudanças de manutenção proporcionarão uma considerável economia de tempo de inatividade. Se esses designs iniciais levarem em consideração o acesso e a ergonomia, economias adicionais graças à segurança podem ser comprovadas.

Pelo executivo sênior: Como os investimentos em segurança aumentam o valor para o acionista?

- **Custos operacionais reduzidos**
A agência Mine Safety and Health Administration (MSHA) estimou que 85% de todos os problemas do transportador são causados por materiais fugitivos. Graças a um sistema limpo e ao uso de serviços de manutenção especializados, o aumento da vida útil dos componentes mostrou-se capaz de proporcionar economias diretas significativas inúmeras vezes. A limpeza também proporciona economia de custos indiretos devido à redução de lesões e menor exposição ao risco. As especificações baseadas no desempenho e os sistemas projetados para operar de forma mais limpa exigem planejamento e esforço, mas dados empíricos podem mostrar uma economia significativa nos custos operacionais. As economias de custos operacionais estão diretamente relacionadas aos bons resultados financeiros que, por sua vez, melhorarão o valor do acionista e o preço da ação.
- **A segurança compensa**
Tanto os investimentos em uma ampla variedade de atividades quanto os equipamentos são meios para um fim específico, que é aumentar a segurança. Há economias tangíveis em seguros, treinamento de substitutos, redução de inspeções e multas, entre outros.
Os retornos dos investimentos realmente significativos são, muitas vezes, economias menos tangíveis, como redução do risco, aumento da moral, facilidade para contratar por ser o empregador preferido e redução da equipe.
Como está amplamente difundido, de forma equivocada, que esses custos menos tangíveis não podem

ser medidos, eles são frequentemente ignorados. Há chances de que existam numerosos relatórios e estatísticas geradas que terminam por nunca serem usados para a tomada de decisões, muito menos para justificar os investimentos em segurança. Pode ser difícil classificar as medições que realmente importam, mas encontrar dados úteis que possam ser postos em prática é a chave para melhorar a segurança.

Todas as melhores práticas e técnicas financeiras discutidas neste livro, se aplicadas de boa fé, por meio de uma gestão competente, aumentarão o valor para o acionista, especialmente quando comparado com as empresas cuja prática é a produção a qualquer custo. A mentalidade que promove a prática de "Funcionar até quebrar" realmente significa "Funcionar até quebrar".

CONCLUSÕES

Neste livro, abordamos amplamente a psicologia dos acidentes. Incentivar a segurança com base nas taxas de incidentes é uma prática comum, mas geralmente incapaz de aumentar a segurança. Os slogans e programas de segurança, se não tiverem o apoio de uma sólida cultura de segurança, são normalmente um fracasso.

Os autores também identificaram o transportador como uma fonte de perigos e debateram os regulamentos, normas e melhores práticas para controlar os riscos e proteger aqueles que devem trabalhar nesses sistemas ou nas suas proximidades.

Os autores ilustraram como o labirinto de regulamentações nacionais inconsistentes, conflitantes e muitas vezes politicamente motivadas dificulta a segurança global. Os esforços para melhorar a segurança não são fáceis. Exige talento, tempo e liderança. A verdadeira segurança é um estado de espírito e depende do estado do equipamento.

Os autores expuseram muitos argumentos a favor dos investimentos baseados na segurança e ofereceram os nossos conceitos sobre melhores práticas. Os autores tentaram desnudar as desculpas daqueles que compram com base no menor preço prejudicando a humanidade e o meio ambiente em busca de lucros fantasmas.

Ao **Compreender as conexões da segurança**, as empresas e executivos estão se preparando para a próxima geração de máquinas e humanos. Dificilmente passa um dia sem que as empresas não se dediquem a avaliar como treinar a próxima geração de trabalhadores, proteger o meio ambiente e melhorar seus rendimentos. Tudo se resume a uma equação simples:

Mais limpo + mais seguro = mais rentável.

O conceito Production Done Safely™ (Produção com segurança) provou ser benéfico ao trabalhador, à empresa e ao ambiente. ⚠



Carta dos autores

Caro leitor,

Esperamos que você tenha desfrutado dessa jornada fascinante pelas questões de segurança do seu sistema transportador. Ainda mais importante, esperamos que você tenha achado essas questões instrutivas e benéficas.

Os transportadores de correia são equipamentos industriais enormes. Como já discutimos, os transportadores apresentam várias possibilidades de lesões e podem até provocar mortes. A primeira sessão deste livro destacou as zonas de perigo dos transportadores de correia, seguida por um capítulo sobre as práticas inseguras mais comuns nas proximidades dos transportadores. Conforme salientamos, o primeiro passo para permanecer completamente seguro nas proximidades de transportadores de correia é perceber onde e como eles podem te machucar.

A seguinte seção do livro abordou os sistemas mecânicos e dispositivos elétricos que podem ser instalados para tratar algumas dessas áreas de perigo. Embora muitas dessas soluções não evitem a causa principal do problema, elas representam um grande salto em direção à meta de **Production Done Safely™** (Produção com segurança).

As dicas exibidas na Seção 3 são mais difíceis de implementar. Essa parte do livro abordou quase que exclusivamente os comportamentos e a cultura da segurança. Oferecemos algumas sugestões para melhorar as práticas de trabalho nas proximidades de transportadores.

A próxima etapa, mais que apresentar os perigos de um sistema transportador, pretendeu identificar honesta e sistematicamente os perigos de um sistema transportador. A Seção 4 ofereceu vários métodos lógicos e comprovados para alcançar essa meta.

Enquanto as Seções de 1 a 4 visavam responder eficazmente aos perigos associados a transportadores, a Seção 5 oferecia uma abordagem que visava à eliminação desses perigos na etapa de design.

Qualquer mudança positiva na cultura e no equipamento foi acompanhada de um benefício financeiro. A Seção 6 abordou os métodos para quantificar os custos intangíveis associados à segurança. O objetivo final era desenvolver e comunicar um modelo financeiro que englobasse completamente os riscos de um transportador e fosse capaz de quantificar tais riscos. Enquanto um engenheiro ou um gestor de planta veem o transportador de correia como uma maneira de mover o material, e também como uma ferramenta para completar a tarefa, um contador verá o mesmo sistema como um ativo da empresa incluído em seus custos gerais de produção. Foi desenvolvido um método consistente para incluir os custos ocultos de uma falha de segurança – um acidente – na justificativa inicial do transportador. O objetivo final era, de forma realista e precisa, criar um modelo do comportamento financeiro de um transportador de correia para justificar o custo da redução do risco.

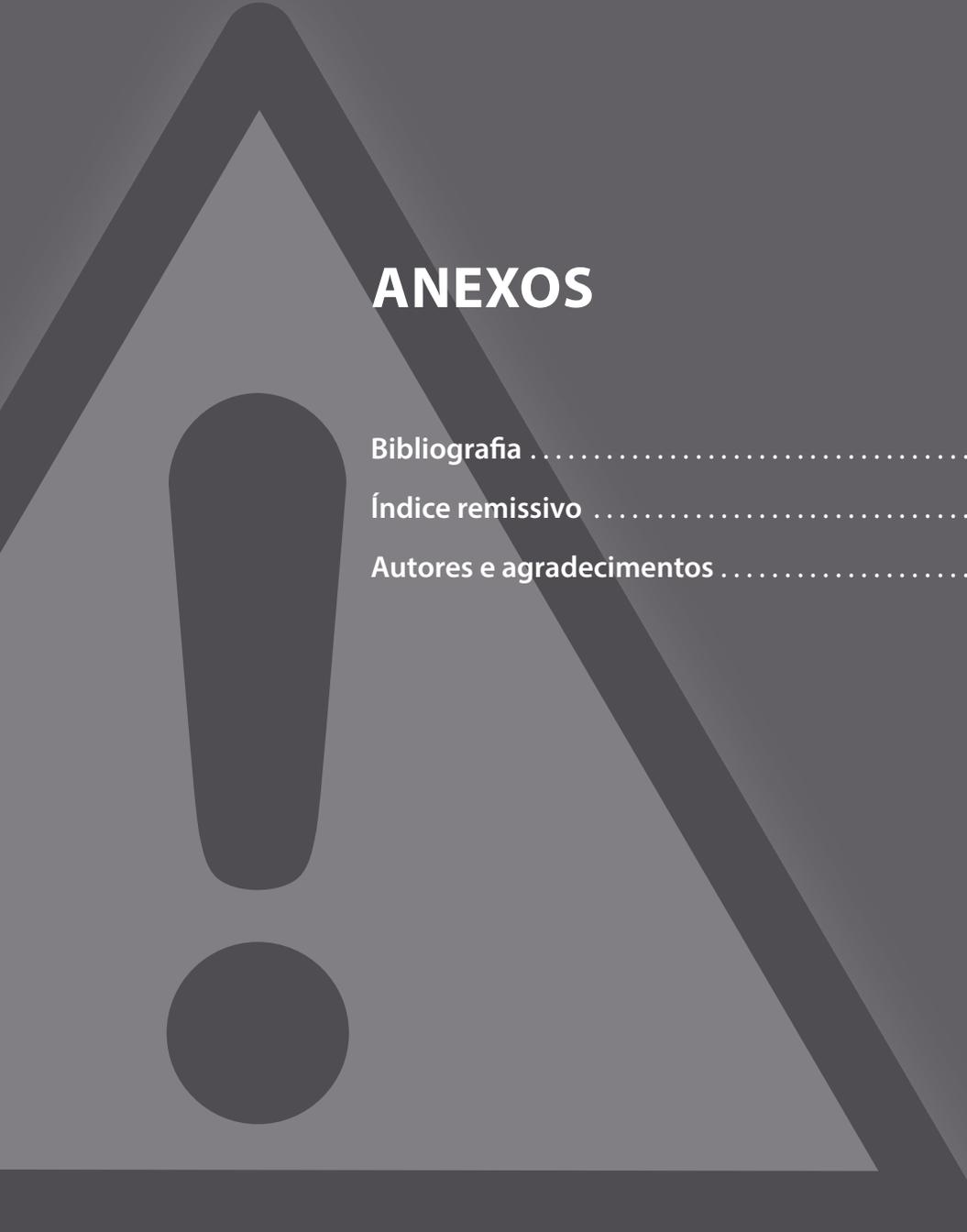
Para alterar um sistema, é preciso apelar tanto para a funcionalidade do mundo do gestor da planta e do engenheiro quanto para a realidade dos requisitos da contabilidade. Acreditamos que este livro foi capaz de fazer ambas as coisas e será um recurso útil para todos aqueles que estejam envolvidos no manuseio de materiais a granel.

Quando todos os processos de pensamento deste livro são combinados, uma instalação pode alcançar o objetivo **Production Done Safely™**.

Atenciosamente,

Os autores





ANEXOS

Bibliografia	575
Índice remissivo	522
Autores e agradecimentos	530



Bibliografia

Referências universais

Belt Conveyors for Bulk Materials. Naples, FL.: CEMA, 2014. Impresso

Swinderman, R. Todd. *FOUNDATIONS™: The Practical Resource for Cleaner, Safer, More Productive Dust & Material Control*. Neponset, IL: Martin Engineering, 2009. Impresso.

Preâmbulo

Outras fontes de inspiração

Herbert W. Heinrich, *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*, 1931

Capítulo 1

Northup, Tom. *Five Hidden Mistakes CEOs Make. How To Unlock the Secrets That Drive Growth and Profitability*. Solutions, 2008. Impresso.

Capítulo 2

Giraud, Laurent, Serge Massé, Julie Dubé, Luc Schreiber e André Turcot. *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Mississauga, ON.: Industrial Accident Prevention Association (IAPA), 2003. Impresso.

Lighting at Work. Sudbury: HSE, 1997. Impresso.

Estados Unidos. Michigan Occupational Safety and Health Administration. General Industry Safety & Health Division. *Pinch Points*. Lansing: MIOSHA, 2011. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Illumination*. 23 de outubro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Occupational Noise Exposure*. 23 de outubro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Permit-required Confined Spaces*. 19 de novembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Safeguarding Equipment and Protecting Employees from Amputations*. 17 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Walking / Working Surfaces*. 19 de novembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Capítulo 3

Center for Dairy Farm Safety. *Hazard Identification and Risk Assessment*. University of Wisconsin, River Falls.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Metal / Nonmetal Mine Fatality*. Mine Safety and Health Administration, 2000. Internet. 21 de junho de 2016.

Capítulo 4

Austrália. Standards Australia Limited. *Conveyors – Safety Requirements*. 3rd ed. Sydney: Standards Australia International, 2000. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – Belt Conveyors for Bulk Materials Handling*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*. 1999. Impresso.

* Canadá. Canadian Standards Association. M421-11 (R2016) Use of Electricity in Mines. Toronto: Canadian Standards Association, 2011. Impresso.

** Canadá. Ontário. *R.R.O. 1990, Reg. 854: Mines and Mining Plants*. 10 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

*** União Europeia. Comissão Europeia. *Early Detection and Fighting of Fires in Belt Conveyor*. Luxemburgo: Publicações Oficiais da União Europeia, 2013. Impresso.

**** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Guideline, Safety Around Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. 2016. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Selection and Design of Belt Conveyors Code of Practice*. Nova Déli: Bureau of Indian Standards, 1986. Impresso.

† *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2015. Impresso.

Outras fontes de inspiração

American National Standards Institute, *Safety Requirements for the Lock Out/Tag Out*, 1993.

ASME, *Safety Standards for Conveyors and Related Equipment*, 2015.

Ministério do Trabalho e Emprego Brasileiro, *NR12*, 2010.

British Standards Institution, *Conveyor belts for use in underground installations – Electrical and flammability safety requirements*, 2015.

British Standards Institution, *Protection against lightning – General principles*, 2011.

Deutsches Institut Für Normung E.V., *Belt conveyors for loose bulk materials – Basis for calculation and dimensioning*, 2011.

Deutsches Institut Für Normung E.V., *Conveyor belts – Drum friction testing*, 2012.

Industry & Investment NSW, *Guideline for the prevention, early detection and suppression of fires in coal mines*, 2009.

International Electrotechnical Commission, *Protection against lightning – Part 1: General Principles*, 2010.

International Organization for Standardization, *Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*, 2006.

Mine Safety and Health Administration, *Fire Protection (Underground Coal Mines)*, 2003.

Mine Safety and Health Administration, *Mandatory Safety Standards (Underground Coal Mines)*, 2016.

* Com a permissão da entidade Canadian Standards Association, (operando como CSA Group), o material é reproduzido das normas do CSA Group, *Z432-04 (R2014) – Safeguarding of Machinery*, M421-11 (R2016) – Use of electricity in mines and M422-14 – Fire-performance and antistatic requirements for conveyor belting, que estão protegidas por direitos autorais do CSA Group, 178 Rexdale Blvd., Toronto, ON, M9W 1R3. Este material não é completo nem representa uma posição oficial do CSA Group sobre os temas abordados, que somente podem ser representados na íntegra pelas normas. Embora o uso do material tenha sido autorizado, o CSA Group não é responsável pela forma em que os dados são apresentados, nem por respectivas interpretações. Para obter mais informações ou para adquirir as normas do CSA Group, visite <http://shop.csa.ca/> ou ligue 1-800-463-6727.

** Esse trecho é uma versão não oficial dos materiais legais do governo de Ontário.

*** Esse projeto de detecção preventiva e combate a incêndios nos transportadores de correias não recebeu financiamento do Fundo de Investigação do Carvão e do Aço da União Europeia e a Comissão Europeia não se responsabiliza pela utilização das informações contidas nesse relatório.

**** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

† Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2015, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 5

Austrália. Standards Australia Limited. *Conveyors – Safety Requirements*. 3rd ed. Sydney: Standards Australia International, 2000. Impresso.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*. 1999. Impresso.

British Columbia. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, Mining and Minerals Division. *Health, Safety, and Reclamation Code for Mines in British Columbia*. Victoria: Resource Management Branch, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 2008. Impresso.

Canadá. Government of Alberta. *Best Practices on Conveyor Safety*. Alberta Employment and Immigration, 2009. Impresso.

* Canadá. Government of Alberta. *Occupational Health and Safety Code*. Edmonton: Alberta Queen's Printer, 2009. Impresso.

** Canadá. Ontário. *R.R.O. 1990, Reg. 851: Industrial Establishments*. 10 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Canadá. Quebec Government. *Regulation Respecting Occupational Health and Safety in Mines*. Éditeur Officiel Du Québec, 2015. Impresso.

“Conveyor Pre-Start Alarm.” 2 de março de 2014. Engineering 360 Forum. IEEE GlobalSpec. 3 de junho de 2016. <http://cr4.globalspec.com/thread/88550/Conveyor-Pre-Start-Alarm>.

*** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Grã-Bretanha. *Safety of Machinery – Auditory Danger Signals – General Requirements, Design and Testing*. Londres: British Standards Institute, 1992. Impresso.

Grã-Bretanha. *Safety of Machinery – Indication, Marking and Actuation – Requirements for Visual, Auditory and Tactile Signals*. Londres: British Standards Institute, 1995. Impresso.

Grã-Bretanha. *Safety of Machinery – Visual Danger Signals – General Requirements, Design and Testing*. Londres: British Standards Institute, 1996. Impresso.

Guideline, Safety Around Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. Outubro de 2013. Impresso.

Pfannenberg. *The Complete Spectrum of Signaling Technology Main Catalogue*. 12 de agosto de 2015. Impresso.

“Startup alarms on all conveyors? How do you do it?” 12 de julho de 2005. PLCS Forum. 3 de junho de 2016. <http://www.plctalk.net/qanda/showthread.php?t=16077>.

Estados Unidos. Center for Disease Control and Prevention. The National Institute for Occupational Safety and Health. *Gravel Pit Worker Dies While Cleaning Off a Stalled Conveyor Belt – Iowa*. Center for Disease Control and Prevention, 18 de novembro de 2015. Internet. 9 de junho de 2016.

Estados Unidos. Center for Disease Control and Prevention. The National Institute for Occupational Safety and Health. *Mill Operator Caught in a Conveyor Discharge Hopper and Died of Mechanical Compression Asphyxia*. Center for Disease Control and Prevention, 18 de novembro de 2015. Internet. 9 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Conveyor Startup Fatalities*. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Conveyor Start-Up Warnings*. 31 de maio de 2016. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Conveyors*. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Reissue of P07-21 – Clarification of Requirements of Conveyor Start-Up Warnings for 30 CFR §§ 56.14201 and 57.14201*. De Neal Merrifield. 21 de março de 2012. Internet. 2 de junho de 2016.

União Soviética. Comitê de Normas da União Soviética. *Occupational Safety Standards System Conveyors General Safety Requirements*. Douglas County: IHS, 1980. 1-8. Impresso.

Austrália Ocidental. Department of the Premier and Cabinet. *Mines Safety and Inspection Regulations 1995*. 8 de dezembro de 1995. Internet. 2 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

Standards Australia, *Safety of machinery – Part 1904: Displays, controls, actuators and signals – Indication, marking and actuation – Requirements for visual, auditory and tactile signals*, 2006.

Standards Australia, *Safety of machinery – Part 1202: General principles – Technical principles*, 2006.

- * Usado com a permissão do Governo de Alberta, Alberta Labour. ©Alberta Queen's Printer, 2016.
- ** Esse trecho é uma versão não oficial dos materiais legais do Governo de Ontário.
- *** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

Capítulo 6

Austrália. Queensland Government. Department of Natural Resources and Mines. *Testing of Conveyor Pull Wire Activated Emergency Stops*. De Peter Minahan. 2003. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery - Conveyors - General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

* Canadá. Canadian Standards Association. *M421-11 (R2016) Use of Electricity in Mines*. Toronto: Canadian Standards Association, 2011. Impresso.

* Canadá. Canadian Standards Association. *Z432-04 (R2014) Safeguarding of Machinery*. Toronto: Canadian Standards Association, 2004. Impresso.

** Canadá. Government of Alberta. *Best Practices on Conveyor Safety*. Alberta Employment and Immigration, 2009. Impresso.

Coveyor Equipment Manufacturers Association. *E-Stop Application Guide for Unit Handling Conveyors*. 16 de dezembro de 2008.

Drake, Bob. "Rock Newscope." *Rock Products* Agosto de 1995: 9. Impresso.

*** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Giraud, Laurent, Serge Massé, Julie Dubé, Luc Schreiber e André Turcot. *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Mississauga, ON.: Industrial Accident Prevention Association (IAPA), 2003. Impresso.

Guideline, Safety Around Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. Outubro de 2016. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Code of Recommended Practice for Conveyor Safety, Part 2: General Safety Requirements*. Nova Délí: Bureau of Indian Standards, 1986. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Low-Voltage Switchgear and Controlgear*. Nova Délí: Bureau of Indian Standards, 2008. Impresso.

Japão. Japanese Industrial Standard. *Safety of Machinery – Emergency Stop – Principles for Design*. Tóquio: Japanese Industrial Standard, 2011. Impresso.

Pilianidis, Theophilos, Athanasios Kasabalis, Nikolaos Mantzouranis e Alexandros Mavvidis. *Start Reaction Time and Performance at the Sprint Events in the Olympic Games*. Komotini: Democritus U of Thrace, 2012. Impresso.

**** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2015. Impresso.

África do Sul. South African Department of Minerals and Energy. *Mine Health and Safety Act 29 of 1996*. De Penuell Mpapa Maduna. 1996. Impresso.

Suíça Organização Internacional para Padronização. *ISO 13850 Safety of Machinery – Emergency Stop – Principles for Design*. Genebra: Organização Internacional para Padronização, 2006. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Electric Equipment; Examination, Testing, and Maintenance*. Mine Safety and Health Administration, 8 de junho de 2016. Internet. 10 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Guarding Conveyor Belts at Metal and Nonmetal Mines*. Mine Safety and Health Administration, 8 de junho de 2016. PowerPoint. 10 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Examination, Testing, and Maintenance of Conveyor Belt Emergency Stop Devices under 30 C.F.R. § 77.502*. De Kevin G. Stricklin. 19 de abril de 2012. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Unguarded Conveyors with Adjacent Travelways*. Occupational Safety and Health Administration, 8 de junho 2016. Internet. 10 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

Comissão Eletrotécnica Internacional, *Functional Safety*, 2015.

Organização Internacional para Padronização, *ISO 13849 Safety of machinery – Safety – related parts of controls systems – Part 1: General principle for design*, 2006.

Deutsches Institut Für Normung e. V., *Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 5-1: Control Circuit Devices and Switching Elements – Electromechanical Control Circuit Devices*, 2010.

Deutsches Institut Für Normung e. V., *Safety of Machinery – Electrical Equipment of Machines – Part 1: General Requirements*, 2007.

* Com a permissão da entidade Canadian Standards Association, (operando como CSA Group), o material é reproduzido das normas do CSA Group, Z432-04 (R2014) – Safeguarding of Machinery, M421-11 (R2016) – Use of electricity in mines and M422-14 – Fire-performance and antistatic requirements for conveyor belting, que estão protegidas por direitos autorais do CSA Group, 178 Rexdale Blvd., Toronto, ON, M9W 1R3. Este material não é completo nem representa uma posição oficial do CSA Group sobre os temas abordados, que somente podem ser representados na íntegra pelas normas. Embora o uso do material tenha sido autorizado, o CSA Group não é responsável pela forma em que os dados são apresentados, nem por respectivas interpretações. Para obter mais informações ou para adquirir as normas do CSA Group, visite <http://shop.csa.ca/> ou ligue 1-800-463-6727.

** Usado com a permissão do Governo de Alberta, Alberta Labour. ©Alberta Queen's Printer, 2016.

*** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafstraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

**** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2015, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 7

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

* Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Conveyors – Belt Conveyors for Loose Bulk Materials – Basis for Calculation and Dimensioning*, Tradução para o inglês da norma alemã DIN 22101:2011-12. Berlim, 2011. Impresso.

* Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010)* Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07. Berlim, 2011. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Selection and Design of Belt Conveyors Code of Practice*. Nova Délí: Bureau of Indian Standards, 1986. Impresso.

** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2009. Impresso.

*** África do Sul. South African Department of Minerals and Energy. *Mine Health and Safety Act 29 of 1996*. De Penuell Mpapa Maduna. 1996. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Loading and Haulage Equipment; Operation*. Mine Safety and Health Administration, 8 de junho de 2016. Internet. 10 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

American Society of Mechanical Engineers, *Conveyors – Cableways and Related Equipment*, 1958.

Occupational Safety and Health Administration, *Conveyors*, 2016.

* Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafstraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2009, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

*** © DoC2014: TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.

Capítulo 8

Handbook of Conveyor and Elevator Belting. Akron: Goodyear Tire & Rubber, 2000. Impresso.

Capítulo 9

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – Belt Conveyors for Bulk Materials Handling*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. Impresso.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*. 1999. Impresso.

British Columbia. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources Mining and Minerals Division. *Health, Safety, and Reclamation Code for Mines in British Columbia*. Victoria: Resource Management Branch, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 1992. Impresso.

* Canadá. Government of Alberta. *Occupational Health and Safety Code*. Edmonton: Alberta Queen's Printer, 2009. Impresso.

* Canadá. Government of Alberta. *Occupational Health and Safety Code Explanation Guide*. Edmonton: Alberta Queen's Printer, 2009. Impresso. *Design and Safe Application of Conveyor Crossovers for Unit Handling Conveyors*. 1 de junho de 2004. Naples.

Guideline, Safety Around Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. Outubro de 2013. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Code of Recommended Practice for Conveyor Safety, Part 2: General Safety Requirements*. Nova Délí: Bureau of Indian Standards, 1986. Impresso.

** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2009. Impresso.

África do Sul. De Beers. *Mandatory Code of Practice for the Safe Use of Conveyor Belt Installations for the Transportation of Minerals, Material or Personnel*. Alldays, 2016. Impresso.

Estados Unidos. California Department of Industrial Relations. *Subchapter 7. General Industry Safety Orders Group 6. Power Transmission Equipment, Prime Movers, Machine and Machine Parts Article 41. Prime Movers Machinery*. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. California Department of Industrial Relations. *Subchapter 17. Mine Safety Orders Article 18. Conveyors and Tramways*. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. California Department of Industrial Relations. *Subchapter 7. General Industry Safety Orders Group 6. Power Transmission Equipment, Prime Movers, Machine and Machine Parts Article 41. Prime Movers Machinery*. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Conveyor Crossovers*. Mine Safety and Health Administration, 8 de junho de 2016. Internet. 10 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Crossing Moving Conveyors*. Mine Safety and Health Administration, 8 de junho de 2016. Internet. 10 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Handrails and Toeboards*. Mine Safety and Health Administration, 8 de junho de 2016. Internet. 10 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Travelways at Surface Installations*. Mine Safety and Health Administration, 8 de junho de 2016. Internet. 10 de junho de 2016.

Estados Unidos. Utah Department of Administrative Services. *R614. Labor Commission, Occupational Safety and Health. Rule R614-5. Materials Handling and Storage*. 1 de maio de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. Washington State Legislature. *Install Belt Conveyor Overpasses*. 5 de janeiro de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. Washington State Legislature. *Provide pedestrian overpasses for conveyors*. 5 de janeiro de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. West Virginia State Legislature. *Ramps; tipples; cleaning plants; other surface areas*. 2015. Internet. 3 de junho de 2016.

* Usado com a permissão do Governo de Alberta, Alberta Labour. ©Alberta Queen's Printer, 2016.

** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2009, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 10

Austrália. *Conveyors – Safety Requirements*. Sydney: Standards Australia International, 2001. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – Belt Conveyors for Bulk Materials Handling*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of machinery Part 1601: Design of controls, interlocks and guarding – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and moveable guards*. Sydney: SAI Global Limited, 2014. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery Part 3610: Conveyors – General requirements*. Sydney: SAI Global Limited, 2014. Impresso.

* Canadá. Canadian Standards Association. *Z432-04 (R2014) Safeguarding of Machinery*. Toronto: Canadian Standards Association, 2004. Impresso.

Chain Link Fence Manufacturers Institute. *Chain Link Fence Manufacturers Institute Product Manual CLF-PM0610*. Outubro de 2015. Columbia, MD.

Dreyer, E., e P. J. Nel. *Best Practice: Conveyor Belt Systems*. Marshalltown, África do Sul: Anglo Technical Division, 2001. Impresso.

União Europeia. Comissão Europeia. *Guide to Application of the Machinery Directive*. 2nd ed. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2006. Impresso.

** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Giraud, Laurent, Serge Massé, Julie Dubé, Luc Schreiber e André Turcot. *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Mississauga, ON.: Industrial Accident Prevention Association (IAPA), 2003. Impresso.

Grã-Bretanha. British Standards. Comitê Europeu de Normalização *Safety of Machinery – Safety Distances to Prevent Hazard Zones Being Reached by Upper and Lower Limbs*. Bruxelas, 2008. Impresso.

Guide to the New Machinery Directive. Leeds: Procter Machine Guarding, 2009. Impresso.

Lazzara, Joseph J. “Safeguarding: Future Trends in Machine Safeguarding.” *EHS Today*. EHS Today, 3 de fevereiro de 2004. Internet. 13 de junho de 2016.

Machine Guarding. Bryan: Nelson & Associates, 1995. Impresso.

MIOSHA. “Ergonomics.” Entrevista. *Michigan Gov Documents*. 2 de setembro de 2006. Internet. 6 de junho de 2016.

Peabody, John. “The Do’s and Don’ts of Fixed and Moveable Machine Guards, Part 1.” *EHS Today* 30 de novembro de 2011: 1-3. Impresso.

Performance Requirements for Safeguarding. Washington, DC: American National Standards Institute, 2010. Impresso.

Proctor, Jeremy. “On Your Guard.” *HSM*. HSM, 14 de novembro de 2013. Internet. 10 de junho de 2016.

Procter, Jeremy. “The Differences between Guarding Standards ISO 14120 and EN 953.” *Machine Building*. 25 de novembro de 2014. Internet. 20 de junho de 2016.

** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2015. Impresso.

Sanchez, Jose. “Conveyors—Guarding Against Inadequacy.” *MineSafe* Dezembro de 2011. Impresso.

Snyder, John. “Machine Guard Fastening and the New Directive.” *Design, Products, and Applications*. 1 de junho de 2009: 1. Impresso.

Estados Unidos. U.S Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Construction and Maintenance of Guards*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Guarding Conveyor Belts at Metal and Nonmetal Mines*. Mine Safety and Health Administration, 8 de junho de 2016. PowerPoint. 10 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Moving Machine Parts*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *MSHA's Guide to Equipment Guarding*. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Labor, Mine Safety and Health Administration, 2004. Impresso.

Estados Unidos. U.S Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Overhead Drive Belts*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *General Requirements for All Machines*. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Mechanical Power Presses*. Internet. 6 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Safeguarding Equipment and Protecting Employees from Amputations*. 17 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Safety Color Code for Marking Physical Hazards*. Internet. 3 de junho de 2016.

Austrália Ocidental. Department of the Premier and Cabinet. *Mines Safety and Inspection Regulations 1995*. 8 de dezembro de 1995. Internet. 2 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

American National Standards Institute, *Mechanical Power Presses*.

Australian Standard, *Safety of Machinery – Part 1801: Safety Distances to Prevent Danger Zones Being Reached by the Upper Limbs*, 2006.

Canadian Centre for Occupational Health and Safety, *Calculating Recommended Weight Limit (RWL)*, 2009.

Donald Vaillancourt, *A review of machine-guarding recommendations*, 1995.

Japanese Standards Association, *JIS B 9711 Safety of Machinery – Minimum Gaps to Avoid Crushing of Parts of the Human Body*, 2004.

Jeremy Procter, *Review: New Version of BS EN 953, Machine Guarding*, 2015.

Nelson & Associates, *Machine Guarding 1946-1970*, 2010.

National Safety Council, *Accident Prevention Manual for Industrial Operations*, 1974.

Occupational Safety and Health Standards, *General requirements for all machines*, 2016.

The American Society of Mechanical Engineers, *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*, 2015.

* Com a permissão da entidade Canadian Standards Association, (operando como CSA Group), o material é reproduzido das normas do CSA Group, Z432-04 (R2014) – Safeguarding of Machinery, M421-11 (R2016) – Use of electricity in mines and M422-14 – Fire-performance and antistatic requirements for conveyor belting, que estão protegidas por direitos autorais do CSA Group, 178 Rexdale Blvd., Toronto, ON, M9W 1R3. Este material não é completo nem representa uma posição oficial do CSA Group sobre os temas abordados, que somente podem ser representados na íntegra pelas normas. Embora o uso do material tenha sido autorizado, o CSA Group não é responsável pela forma em que os dados são apresentados, nem por respectivas interpretações. Para obter mais informações ou para adquirir as normas do CSA Group, visite <http://shop.csa.ca/> ou ligue 1-800-463-6727.

** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, BurggrafstraÙe 6, 10787 Berlim, Alemanha.

** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2015, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 11

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery Part 3610: Conveyors – General requirements*. Sydney: SAI Global Limited, 2014. Impresso.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR12*. Rio de Janeiro: Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho do Brasil, 2010. Impresso.

* Canadá. Canadian Standards Association. *Z432-04 (R2014) Safeguarding of Machinery*. Toronto: Canadian Standards Association, 2004. Impresso.

** Canadá. Government of Alberta. *Best Practices on Conveyor Safety*. Alberta Employment and Immigration, 2009. Impresso.

*** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Giraud, Laurent, Serge Massé, Julie Dubé, Luc Schreiber e André Turcot. *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Mississauga, ON.: Industrial Accident Prevention Association (IAPA), 2003. Impresso.

Grã-Bretanha. British Standards. Comitê Europeu de Normalização *Safety of Machinery – Safety Distances to Prevent Hazard Zones Being Reached by Upper and Lower Limbs*. Bruxelas, 2008. Impresso.

Guideline, Safety Around Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. Outubro de 2013. Impresso.

**** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2015. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Moving Machine Parts*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Machine Guarding*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Mechanical Power-transmission Apparatus*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

* Com a permissão da entidade Canadian Standards Association, (operando como CSA Group), o material é reproduzido das normas do CSA Group, Z432-04 (R2014) – Safeguarding of Machinery, M421-11 (R2016) – Use of electricity in mines and M422-14 – Fire-performance and antistatic requirements for conveyor belting, que estão protegidas por direitos autorais do CSA Group, 178 Rexdale Blvd., Toronto, ON, M9W 1R3. Este material não é completo nem representa uma posição oficial do CSA Group sobre os temas abordados, que somente podem ser representados na íntegra pelas normas. Embora o uso do material tenha sido autorizado, o CSA Group não é responsável pela forma em que os dados são apresentados, nem por respectivas interpretações. Para obter mais informações ou para adquirir as normas do CSA Group, visite <http://shop.csa.ca/> ou ligue 1-800-463-6727.

** Usado com a permissão do Governo de Alberta, Alberta Labour. ©Alberta Queen's Printer, 2016.

*** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, BurggrafstraÙe 6, 10787 Berlim, Alemanha.

**** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2015, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 12

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

* Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Giraud, Laurent, Serge Massé, Julie Dubé, Luc Schreiber e André Turcot. *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Mississauga, ON.: Industrial Accident Prevention Association (IAPA), 2003. Impresso.

Mainline Rock and Ballast Inc v. Secretary of Labor MSHA. United States Court of Appeals, Tenth Circuit. 4 de abril de 2012. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Moving Machine Parts*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

Occupational Safety and Health Administration, *Conveyors*, 2016.

* Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

Capítulo 13

A Guide to Conveyor Safety. Adelaide: WorkCover Corporation, 2000. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – Belt Conveyors for Bulk Materials Handling*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-53. Impresso.

Belt Conveyors for Bulk Materials Part 1: Equipment. Maio de 2005. National Safety Council, Itasca, IL.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR12*. Rio de Janeiro: Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho do Brasil, 2010. Impresso.

* Canadá. Ontário. *R.R.O. 1990, Reg. 854: Mines and Mining Plants*. 10 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

** Canadá. *Regulation Respecting Occupational Health and Safety in Mines*. Quebec: Éditeur Officiel Du Québec, 2015. Impresso.

Conveyor Terms and Definitions. Naples, FL: Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2006. Impresso.

*** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

“Hyphenated Compound Words.” *English Plus*. English Plus, 2006. Internet. 21 de junho de 2016.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Code of Recommended Practice for Conveyor Safety, Part 2: General Safety Requirements*. Nova Délhi: Bureau of Indian Standards, 1986. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Selection and Design of Belt Conveyors Code of Practice*. Nova Délhi: Bureau of Indian Standards, 1986. Impresso.

**** Kadakia, Mitesh. “How to Design Take-up Travel for a Fabric Conveyor Belt.” *NIBA Belt Line Newsletter* Dezembro de 2009: 1-4. Impresso.

***** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2015. Impresso.

Estados Unidos. Department of Licensing and Regulatory Affairs. Director’s Office. *General Industry Safety Standards*. Lansing: Department of Licensing and Regulatory Affairs, 2013. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Moving Machine Parts*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *MSHA’s Guide to Equipment Guarding*. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Labor, Mine Safety and Health Administration, 2004. Impresso.

* Esse trecho é uma versão não oficial dos materiais legais do Governo de Ontário.

** Reproduzido com a permissão do CCOHS, 2016.

*** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

**** Usado com a permissão da NIBA – The Belting Association.

***** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2015, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 14

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR12*. Rio de Janeiro: Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho do Brasil, 2010. Impresso.

* Canadá. Ontário. *R.R.O. 1990, Reg. 854: Mines and Mining Plants*. 10 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Canadá. Quebec Government. *Regulation Respecting Occupational Health and Safety in Mines*. Quebec: Éditeur Officiel Du Québec, 2016. Impresso.

Chain Link Fence Manufacturers Institute. *Chain Link Fence Manufacturers Institute Product Manual CLF-PM0610*. Outubro de 2015. Columbia, MD.

** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Code of Recommended Practice for Conveyor Safety, Part 2: General Safety Requirements*. Nova Délhi: Bureau of Indian Standards, 1986. Impresso.

“May the Proper Force Be With You.” *Kinetics – A Part of Law Enforcement*. Cardiff Pines Corporation, 2007. Internet. 13 de junho de 2016.

Safety Standard for Conveyors and Related Equipment. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2015. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Flying or falling materials*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Conveyors*. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. Washington State Legislature. *WAC 296-806-42020*. Washington State Legislature, 5 de janeiro de 2016. Internet. 13 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

Organização Internacional do Trabalho, *Encyclopedia of Health and Safety*, 1998.

- * Esse trecho é uma versão não oficial dos materiais legais do Governo de Ontário.
- ** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

Capítulo 15

Austrália. Standards Australia Limited. *Methods of Testing Conveyor and Elevator Belting – Determination of Combustion Propagation Characteristics of Conveyor Belting*. Sydney: Standards Australia International, 1996. Impresso.

Austrália. Standards Australia Limited. *Methods of Testing Conveyor and Elevator Belting – Determination of Electrical Resistance of Conveyor Belting*. Sydney: Standards Australia International, 1982. Impresso.

Austrália. Standards Australia Limited. *Methods of Testing Conveyor and Elevator Belting – Determination of Ignitability and Flame Propagation Characteristics of Conveyor Belting*. Sydney: Standards Australia International, 1994. Impresso.

Austrália. Standards Australia Limited. *Methods of Testing Conveyor and Elevator Belting – Determination of Ignitability and Maximum Surface Temperature of Belting Subjected to Friction*. Sydney: Standards Australia International, 1988. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

Belt Conveyors. Avon: Global Asset Protection Services, 2003. Impresso.

British Columbia. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources Mining and Minerals Division. *Health, Safety, and Reclamation Code for Mines in British Columbia*. Victoria: Resource Management Branch, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 1992. Impresso.

Brouwers, Styze. "If the Belt Is on Fire." *Bulk Solids Handling*. WoMa Media Dröttboom & Geisler GbR, 27 de julho de 2015. Internet. 17 de fevereiro de 2016.

Brouwers, Styze. "Playing with Fire?" *Dry Cargo International* Janeiro de 2014. Impresso.

* Canadá. Canadian Standards Association. *M422-14 – Fire-performance and Antistatic Requirements for Conveyor Belting*. Toronto: Canadian Standards Association, 2014. Impresso.

Candy, Geoff. "North Platinum Recovers from Fire." *Mineweb*. Mineweb, 3 de fevereiro de 2005. Internet. 23 de junho de 2016.

China. Coal Science Research Institute Shanghai Branch. *Solid Woven Fire Resistant Conveyor Belting for Coal Mine*. Xangai: Standardization Technical Committee of the Coal Industry, 2008. Impresso.

Conveyor Belt Entry Fire Hazards and Control. 12th U.S./North American Mine Ventilation Symposium. Nevada, Reno. 11 de junho de 2008. Palestra.

"Conveyor Belt Fire in Pueblo at Comanche Power Station." *KRDO*. Pikes Peak Television, 3 de junho de 2013. Internet. 13 de junho de 2016.

Douberly, Edward B. "Safety: Detecting Fires on PRB Coal Conveyors." *Power Magazine*. Power Magazine, 1 de novembro de 2007. Internet. 14 de junho de 2016.

Dungan, K. W. *Fire Protection in Coal Handling Facilities New and Retrofit*. Boston: Society of Fire Protection Engineers, 1981. Impresso.

** União Europeia. Comissão Europeia. *Early Detection and Fighting of Fires in Belt Conveyor*. Luxemburgo: Publicações Oficiais da União Europeia, 2013. Impresso.

Fire Hazards of Belt Conveyors. Impala Park: Fire Protection Association of Southern Africa, 2000. Impresso.

Grã-Bretanha. Ministry of Fuel and Power. *Accident at Creswell Colliery, Derbyshire*. De Andrew Meikle Bryan. Londres: Her Majesty's Stationary Office, 1952. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Conveyor and elevator textile belting, Part 5: Fire resistant belting for surface application*. Nova Déli: Bureau of Indian Standards, 1993. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Conveyor belts- Fire resistant conveyor belting for underground mines and such other hazardous applications*. Nova Déli: Bureau of Indian Standards, 1992. Impresso.

*** Kadakia, Mitesh. "Conveyor Belt - New MSHA Standard." *NIBA Belt Line Newsletter* Setembro de 2009: 1-2. Impresso.

Küsel, Bernd. "International Comparison of Fire Resistant Conveyor Belts." Pittsburgh, PA. Março de 2007. Apresentação em PowerPoint.

Le Roux, Helene. "Conveyors Come under Scrutiny after Northam Platinum Fire." *Creamer Media's Mining Weekly*. Mining Weekly, 29 de outubro de 2004. Internet. 13 de junho de 2016.

MSHA B.E.L.T or Not MSHA B.E.L.T...that Is the Question? Rosemont: Fenner Dunlop, 2013. Impresso.

Safe Use of Belt Conveyors in Mines: Topic Report. Sudbury, Inglaterra: HSE, 1993. Impresso.

*** "Static Electricity Considerations." *NIBA Belt Line Newsletter* 2011: 1-3. Impresso.

Reino Unido. *Conveyor Belts – Drum Friction Testing*. Londres: British Standards Institution, 2012. Impresso.

Estados Unidos. Center for Disease Control and Prevention. *Final Report of the Technical Study Panel on the Utilization of Belt Air and the Composition and Fire Retardant Properties of Belt Materials in Underground Coal Mining*. De Jürgen F. Brune, Felipe Calizaya, Thomas P. Mucho, Jan M. Mutmanský, Jerry Chen-Jen, Tien e James L. Weeks. Pittsburgh, PA: National Institute for Occupational Safety and Health, Office of Mine Safety and Health, 2007. Impresso.

Estados Unidos. Center for Disease Control and Prevention. The National Institute for Occupational Safety and Health. *Mining Publication: Improvements in Conveyor Belt Fire Suppression Systems for U.S. Coal Mines*. Center for Disease Control and Prevention, 2010. Internet. 29 de junho de 2016.

Estados Unidos. National Institute for Occupational Safety and Health. *Flammability of Wider Conveyor Belts Using Large-scale Fire Tests*. De J. H. Rowland e A. C. Smith. Pittsburgh: NIOSH, 2012. 1-5. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Comment from Jim Tozzi, The Center for Regulatory Effectiveness*. De Jim Tozzi. Mine Safety and Health Administration, 2008. 1-39. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Installation of Water Sprinkler Systems; Requirements*. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 2007. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Report of Investigation Fatal Underground Coal Mine Fire*. Stollings: U.S. Department of Labor. 2007. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Type and Quality of Fire-Fighting Equipment*. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 2007. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Water Sprinkler Fire Protection of Underground Belt Conveyors and Belt Takeup Storage Units*. De Linda F. Zeiler e Kevin G. Stricklin. Mine Safety and Health Administration, 6 de maio de 2011. Internet. 14 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Water Sprinkler Systems; Arrangement of Sprinklers*. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 2007. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Office of Information and Regulatory Affairs. *Flame Resistant Conveyor Belts, Fire Protection and Detection, and Use of Air From the Belt Entry*. De Marcelo M. Hirschler. Arlington: Office of Information and Regulatory Affairs, 2009. Impresso.

Verakis, Harry C. *Reducing the Fire Hazard of Mine Conveyor Belts*. Triadelphia: Approval and Certification Center, 1991. Impresso.

Yardley, E. D. e L. R. Stace. *Fire Safety Testing of Conveyor Belts*. Sudbury: HSE, 2002. Impresso.

Outras fontes de inspiração

ASTM International, *Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index)*, 2013.

Ben-Piet Terblanche, *Conveyor Belting, Solid Woven Specification*, 2009.

British Standards, *Conveyor belts – Drum friction testing*, 2012.

British Standards, *Conveyor belts – Electrical conductivity – Specification and test method*, 2012.

British Standards, *Conveyor belts – Fire simulation flammability testing – Propane burner tests*, 2014.

British Standards, *Conveyor belts – Laboratory scale flammability characteristics – Requirements and test methods*, 2013.

British Standards, *Conveyor belts for general purpose use – Electrical and flammability safety requirements*, 2008.

British Standards, *Conveyor belts for use in underground installations – Electrical and flammability safety requirements*, 2015.

British Standards, *Steel cord conveyor belts – Special safety requirements for belts for use in underground installations*, 2007.

Coal Science Research Institute Shanghai Branch, *Steel Cord Fire Resistant Conveyor Belting for Coalmine*, 2008.

Deutsches Institut für Normung e.V., *Conveyor belts – Drum friction testing*, 2012.

Deutsches Institut für Normung e.V., *Conveyor belts – Electrical conductivity – Specification and test method*, 2012.

Deutsches Institut für Normung e.V., *Conveyor belts – Electrical conductivity – Specification and method of test*, 1993.

Deutsches Institut für Normung e.V., *Conveyor belts for coal mining – Determination of the oxygen index*, 2002.

Deutsches Institut für Normung e.V., *Plastics – Determination of burning behavior by oxygen index – Part 2: Ambient-temperature test*, 2006.

Conselho e Parlamento Europeu, *The Approximation of the Laws of the Member States Concerning Equipment and Protective Systems Intended for Use in Potentially Explosive Atmospheres*, 1994.

FM Global, *Property Loss Prevention Data Sheets – Belt Conveyors*, 2012.

Organização Internacional para Padronização, *Conveyor belts – Specification for rubber or plastics-covered conveyor belts of textile construction for general use*, 2013.

Organização Internacional para Padronização, *Conveyor belts – Specification for rubber or plastics-covered conveyor belts of textile construction for underground mining*, 2013.

Organização Internacional para Padronização, *Plastics – Determination of burning behavior by oxygen index – Part 1: Guidance*, 1996.

Organização Internacional para Padronização, *Plastics – Determination of burning behavior by oxygen index – Part 3: Elevated-temperature test*, 1996.

Organização Internacional para Padronização, *Steel cord conveyor belts – Part 3: Special safety requirements for belts for use in underground installations*, 2007.

Mine Safety and Health Administration, *Application Procedures for Acceptance of Flame-Resistant Solid Products Taken Into Mines*, 2010.

Mine Safety and Health Administration, *Conveyor Belt Combustion Toxicity and Smoke Density*, 2008.

Mine Safety and Health Administration, *Electrical Testing Study Material*, 1992.

Mine Safety and Health Administration, *Mineral Resources*, 2014.

Mine Safety and Health Administration, *MSHA's Standard Flame Test Procedure for: Hose Conduit, Fire Suppression Hose Cover, Fire Hose Liner and Other Materials; Title 30, Code of Federal Regulations, Part 18, Section 18.65*, 2010.

Mine Safety and Health Administration, *Safety Standards Regarding the Recommendations of the Technical Study Panel on the Utilization of Belt Air and the Composition and Fire Retardant Properties of Belt Materials in Underground Coal Mining*, 2008.

Mining Enforcement and Safety Administration, *Federal Coal Mine Health and Safety Act of 1969*, 1969.

National Coal Board, *NCB 158*, 1954.

National Fire Protection Association, *Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations*, 2015.

National Fire Protection Association, *Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines*, 2015.

National Fire Protection Association, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, 2016.

National Fire Protection Association, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, 2013.

National Fire Protection Association, *Standard on the Fundamentals of Combustible Dust*, 2016.

National Fire Protection Association, *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*, 2012.

Occupational Safety and Health Standards, *Grain Handling Facilities*, 2016.

South African National Standards, *Conveyor belts – Laboratory scale flammability characteristics – Requirements and test method*, 2013

South African National Standards, *General Purpose Textile-Reinforced Conveyor Belting*, 2006.

South African National Standards, *Methods of testing fire-retardant properties of all conveyor belt constructions*, 2013.

South African National Standards, *Steel Cord Reinforced Conveyor Belting*, 2006.

Standards Australia, *Fire resistant and antistatic requirements for conveyor belting used in underground coal mines*, 2000.

Standards Australia, *Grade S fire resistant and antistatic requirements for conveyor belting and conveyor accessories*, 2012.

Wikipédia, *List of fire-retardant materials*, 2016.

* Com a permissão da entidade Canadian Standards Association, (operando como CSA Group), o material é reproduzido das normas do CSA Group, Z432-04 (R2014) – Safeguarding of Machinery, M421-11 (R2016) – Use of electricity in mines and M422-14 – Fire-performance and antistatic requirements for conveyor belting, que estão protegidas por direitos autorais do CSA Group, 178 Rexdale Blvd., Toronto, ON, M9W 1R3. Este material não é completo nem representa uma posição oficial do CSA Group sobre os temas abordados, que somente podem ser representados na íntegra pelas normas. Embora o uso do material tenha sido autorizado, o CSA Group não é responsável pela forma em que os dados são apresentados, nem por respectivas interpretações. Para obter mais informações ou para adquirir as normas do CSA Group, visite <http://shop.csa.ca/> ou ligue 1-800-463-6727.

** Esse projeto de detecção preventiva e combate a incêndios nos transportadores de correias não recebeu financiamento do Fundo de Investigação do Carvão e do Aço da União Europeia e a Comissão Europeia não se responsabiliza pela utilização das informações contidas nesse relatório.

*** Usado com a permissão da NIBA – The Belting Association.

Capítulo 16

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Interior Lighting Part 2.4: Industrial Tasks and Processes*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 1997. 1-56. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – Belt Conveyors for Bulk Materials Handling*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

British Columbia. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources Mining and Minerals Division. *Health, Safety, and Reclamation Code for Mines in British Columbia*. Victoria: Resource Management Branch, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 1992. Impresso.

* Canadá. Ontário. *R.R.O. 1990, Reg. 851: Industrial Establishments*. 10 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Charpentier, Will. “Factory Lighting Regulations.” *Small Business*. StudioD, 2016. Internet. 14 de junho de 2016.

Fruchtbaum, Jacob. *Bulk Materials Handling Handbook*. New York City: Springer, 2014. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Code of Practice for Interior Illumination*. Nova Délhi: Bureau of Indian Standards, 1994. Impresso.

NEMA Enclosure Types. Rosslyn: National Electrical Manufacturers Association, 2005. Impresso.

Smith, Bruce W. “Developing a New Temporary Lighting System: From Identification of the Problem to the Design of the Solution.” Internet. 6 de junho de 2016.

África do Sul. De Beers. *Mandatory Code of Practice for the Safe Use of Conveyor Belt Installations for the Transportation of Minerals, Material or Personnel*. Alldays, 2016. Impresso.

Estados Unidos. Michigan Occupational Safety and Health Administration. General Industry Safety & Health Division. *General Industry Safety Standards*. Lansing: MIOSHA, 2011. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Illumination of Surface Working Areas*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *1926.56*. De Patricia K. Clark e Madelynn R. Kirkpatrick. 8 de maio de 1991. Internet. 6 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Illumination*. 23 de outubro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Maintenance, Safeguards, and Operational Features for Exit Routes*. 7 de novembro de 2002. Internet. 6 de junho de 2016.

Estados Unidos. Utah Department of Administrative Services. *R614. Labor Commission, Occupational Safety and Health. Rule R614-5*.

Materials Handling and Storage. 1 de maio de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. Washington State Legislature. *Provide and Maintain Adequate Lighting*. 2003. Internet. 3 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

American National Standards Institute, *Practice for Industrial Lighting*, 1970.

American National Standards Institute, *Recommended Practice for Office Lighting Training*, 2004.

Australian Standard/New Zealand Standard, *Interior and Workplace Lighting – Circulation Spaced and Other General Areas*, 2008.

Australian Standard/New Zealand Standard, *Interior and Workplace Lighting – General Principles and Recommendations*, 2006.

Australian Standard/New Zealand Standard, *Interior and Workplace Lighting – Office and Screen-Based Tasks*, 2008.

Australian Standard/New Zealand Standard, *Interior Lighting – Educational and Training Facilities*, 2008.

Australian Standard/New Zealand Standard, *Interior Lighting – Hospital and Medical Tasks*, 1997.

Australian Standard/New Zealand Standard, *Interior Lighting – Industrial Tasks and Processes*, 1997.

Australian Standard/New Zealand Standard, *Interior Lighting – Safe Movement*, 2009.

British Standards Institute, *Light and Lighting – Lighting of Work Places – Indoor Work Places*, 2011.

Commission Internationale de l’Eclairage, *Lighting Energy Standards and Codes*, 2001.

Indian Standard, *Code of Practice for Interior Illumination*, 1994.

Indian Standard, *National Building Code of India 2005*, 2005.

International Commission on Illumination, *Guide on Interior Lighting*, 1986.

Organização Internacional para Padronização, *Safety of Machinery – Permanent Means of Access to Machinery – Part 1: Choice of Fixed Means and General Requirements of Access*, 2016.

Organização Internacional para Padronização, *Safety of Machinery – Permanent Means of Access to Machinery – Part 2: Working Platforms and Walkways*, 2016.

Organização Internacional para Padronização, *Safety of Machinery – Permanent Means of Access to Machinery – Part 3: Stairs, Stepladders and Guard-Rails*, 2016.

Organização Internacional para Padronização, *Safety of Machinery – Permanent Means of Access to Machinery – Part 4: Fixed Ladders*, 2004.

International Standards Organization, *Lighting of Work Places – Part 1: Indoor*, 2001.

National Electrical Manufacturers Association, *Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code) (identical national adoption)*, 2004.

People's Republic of China Industry Standard, *Architectural Lighting Design Standards*, 2013.

Russian Federation of Building Regulations, *Daylight and Artificial Lighting*, 2010.

South African Bureau of Standards, *Interior Lighting – Part 1: Artificial Lighting of Interiors*, 2010.

* Esse trecho é uma versão não oficial dos materiais legais do Governo de Ontário..

Capítulo 17

British Columbia. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources Mining and Minerals Division. *Health, Safety, and Reclamation Code for Mines in British Columbia*. Victoria: Resource Management Branch, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 2008. Impresso.

British Columbia. Victoria: Resource Management Branch, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 1992. Impresso.

* Canadá. Government of Alberta. *Occupational Health and Safety Code*. Edmonton: Alberta Queen's Printer, 2009. Impresso.

Canadá. Quebec Government. *Regulation Respecting Occupational Health and Safety in Mines*. Éditeur Officiel Du Québec, 2016. 1-134. Impresso.

Cecala, Andrew B. *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*. Pittsburgh: NIOSH, 2012. Impresso.

** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Michael Best & Friedrich LLP. "Combustible Dust: Complying with OSHA Regulations and Preventing the Hazards of Combustible Dust." *Michael Best & Friedrich LLP*. Michael Best & Friedrich LLP, 18 de junho de 2008. Internet. 16 de junho de 2016.

África do Sul. Southern African Legal Information Institute. *The 2007 National Framework for Air Quality Management in the Republic of South Africa*. Pretória: Department of Environmental Affairs and Tourism, 2007. Impresso.

Suíça Organização Mundial da Saúde. *Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust*. Genebra: World Health Organization, 1999. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Exposure Limits for Airborne Contaminants*. 7 de novembro de 2008. Internet. 6 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

ASTM International, *Standards Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter)*, 1998.

Deutsches Institut Für Normung e. V., *Ambient Air – Standard Gravimetric Measurement Method for the Determination of the PM <(Index)10> or PM <(Index)2,5> Mass Concentration of Suspended Particulate Matter*, 2014.

Greg Chekan, *Best Practices for Dust Control in Metal/Nonmetal Underground Mining*.

Italian Organization for Standardization, *Ambient Air Quality – Standard Gravimetric Measurement Method for the Determination of the Pm[2,5] Mass Fraction of Suspended Particulate Matter*, 2005.

Comissão Internacional Eletrotécnica, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 1-1: Electrical apparatus protected by enclosure and surface temperature limitation – Specification for apparatus*, 1999.

National Fire Protection Association, *NFPA 654: Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, 2013.

National institute for Occupational Safety and Health, *Best Practices for Dust Control in Coal Mining*, 2010.

National Institute for Occupational Safety and Health, *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*, 2012.

Occupational Safety and Health Administration, *Electric Power Generation, Transmission, and Distribution*, 2016.

Occupational Safety and Health Administration, *Grain Handling Facilities*, 2016.

Occupational Safety and Health Administration, *Hazard Communication*, 2016.

Occupational Safety and Health Administration, *Hazardous (classified) Locations*, 2016.

Safe Work Australia, *Workplace Exposure Standards for Airborne Contaminants*, 2013.

South African Bureau of Standards, *Ambient air quality – Limits for common pollutants*, 2011.

Standards Australia, *Workplace atmospheres – Method for sampling and gravimetric determination of inhalable dust*, 2009.

Standards Australia, *Workplace atmospheres – Method for sampling and gravimetric determination of respirable dust*, 2009.

* Usado com a permissão do Governo de Alberta, Alberta Labour. ©Alberta Queen's Printer, 2016.

** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafestraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

Capítulo 18

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

British Columbia. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources Mining and Minerals Division. *Health, Safety, and Reclamation Code for Mines in British Columbia*. Victoria: Resource Management Branch, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 2008. Impresso.

Canadá. Quebec Government. *Regulation Respecting Occupational Health and Safety in Mines*. Éditeur Officiel Du Québec, 2016. 1-134. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Metal / Nonmetal Serious Injury Accident*. Mine Safety and Health Administration, 2015. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Safe Access*. Mine Safety and Health Administration, 2016. Internet. 7 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Guarding Floor and Wall Openings and Holes*. Occupational Safety and Health Administration, 10 de fevereiro de 1984. Internet. 7 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Permit-required Confined Spaces*. Occupational Safety and Health Administration, 19 de novembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

American National Standards Institute, *American National Standard Safety Requirements for Workplace Walking/Working Surfaces and Their Access; Workplace, Floor, Wall and Roof Openings; Stairs and Guardrails Systems*, 2007.

American National Standards Institute, *Test Method for Determining the Impact on Wet Dynamic Coefficient of Friction of Various Chemical or Physical Walkway Surface Treatments*, 2012.

American National Standards Institute, *Test Method for Measure Wet SCOF of Common Hard Surface Floor Materials*, 2009.

Mine Safety and Health Administration, *Travelways*, 2016.

Standards Australia, *Fixed platforms, walkways, stairways and ladders – Design, construction and installation*, 2013.

Standards Australia, *Safety of Machinery – Human body measurements – Principles for determining the dimensions required for openings for whole body access into machinery*, 2006.

Standards Australia, *Safety of machinery – Principles for determining the dimensions required for access openings*, 2006.

Capítulo 19

Brown, S. C. “Conveyor Noise Specification and Control.” *Proceedings of Acoustics 2004*. Australian Acoustical Society, 5 de novembro de 2004. Internet. 16 de junho de 2016.

Cohen, Alexander. *Industrial Noise and Medical, Absence, and Record Data on Exposed Workers*. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health, 1973. Impresso.

União Europeia. Parlamento Europeu. *Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents (Noise)*. Estrasburgo: Parlamento Europeu, 2003. Impresso.

Gladysiewicz, Adam. “Noise Emissions of Belt Conveyors.” *Coal International*, Julho-agosto de 2011: 44-45. Impresso.

Morgan, Steve. “Applications of Noise Control in the Mining Industry.” *Sound Waves*, Janeiro de 2015: 3. Impresso.

Munzenberger, Paul e Craig Wheeler. *The Influence of ‘maximum Indicated Slope’ and ‘total Indicated Run-out’ on the Noise Caused by the Interaction of Conveyor Idler Rolls and Conveyor Belts*. Australia, Callaghan.

“Noise and Your Rollers.” *In Sights*. Flexco, 2011. Internet. 23 de junho de 2016.

Nordell, Lawerance K. “Improving Belt Conveyor Efficiencies: Power, Strength and Life.” *Conveyor Dynamics. Inc.* Conveyor Dynamics. Inc., abril de 1998. Internet. 16 de junho de 2016.

Sensogut, C. “Occupational Noise in Mines and Its Control – A Case Study.” *Polish Journal of Environmental Studies* 16.6 (2007): 939-42. Internet. 16 de junho de 2016.

África do Sul. South African Department of Minerals and Energy. *Mine Health and Safety Act 29 of 1996*. De Penuell Mpapa Maduna, 1996. Impresso.

Nações Unidas. Organização Mundial da Saúde. *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*. Genebra: World Health Organization, 1995. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Occupational Noise Exposure*. 23 de outubro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. *Mineral Resources 30*. Vol. 1. Washington: Office of the Federal Register National Archives and Records Administration, 1999. Impresso.

Van Der Merwe, Barend. *Environmental Noise and Vibration Impact Assessment for The Proposed Arnot Mooifontein Opencast Expansion Project onto Portions*. Johannesburg: DBAcoustics, 2010. Impresso.

Van Zul, Ben. *Overland Conveyor Noise: Engineering Tools for Noise Reduction*. 2013. África do Sul, Acusolv.

Austrália Ocidental. *Environmental Protection (Noise) Regulations*. Perth: Government of Western Australia, 2007. Impresso.

Witt, Brad. Sound Source: Changes in EU Noise Directive. *HearForever*. Honeywell International, Inc, 2013. Internet. 07 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

Noise Help, *Noise!*, 2010.

OSHA Europa, *Directive 2003/10/EC – Noise*, 2016.

South African Bureau of Standards, *The Measurement and Rating of Environmental Noise with Respect to Annoyance and to Speech Communication*, 2008.

Capítulo 20

CEMA. *CEMA*. 2016. Internet. 07 de junho de 2016.

Cooper, Jonathan R. e Arun J. Kottha. “Conflicting Issues Regarding Warning Labels May Be Hazardous to Your Company’s Health.” *In-House Defense Quarterly* Spring 2011: 36-39. Impresso.

Safety Alerting Standards. Washington, DC: American National Standards Institute, 2011. Impresso.

União Europeia. *Minimum Requirements for the Provision of Safety and/or Health Signs at Work*. Luxemburgo: Publicações Oficiais da União Europeia, 1992. Impresso.

Gough, Darren. “Safety Sign Classification and Use.” *Australian Safety Signs*. StikyStuf, 1 de junho de 2014. Internet. 16 de junho de 2016.

Green, Marc. The Psychology of Warnings. *Visual Expert*. 2013. Internet. 07 de junho de 2016.

Lawton, Paul. “7 Steps for Effective Safety Signage.” *EHS Daily Advisor*. EHS Daily Advisor, 10 de março de 2014. Internet. 16 de junho de 2016.

New OSHA/ANSI Safety Sign Systems for Today's Workplaces. Milford: Clarion Safety Systems, 2013. Impresso.

Safety Signs and Signals: The Health and Safety (Safety Signs and Signals) Regulations 1996: Guidance on Regulations. 1st ed. Crown, 1996. Impresso.

“SafeTSigns at the Workplace.” *South African Symbolic Safety Signs*. Foresight Publications, 16 de junho de 2016. Internet. 16 de junho de 2016.

Estados Unidos. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Specifications for Accident Prevention Signs and Tags*. Occupational Safety and Health. 2016. Internet. 7 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

American National Standard, *Safety Alerting Standards*, 2011.

American National Standards Institute, *Silently Guiding Safety: American National Standards for Safety Signs and Colors*, 2011.

Conveyor Equipment Manufacturers Association, *CEMA Safety Information – Safety Labels*, 2006.

International Standards Organization, *Graphic symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*, 2011.

Standards Australia, *Safety signs for the occupational environment*, 1994.

Standards Council of Canada, *Signs and Symbols for the Workplace*, 2006.

Capítulo 21

Campbell, Richard B., ScD e David A. Dini, P.E. *Occupational Injuries from Electrical Shock and Arc Flash Events*. Quincy: Fire Protection Research Foundation, 2015. Impresso.

National Lighting Safety Institute. *Lighting Safety in the Mining Industry*. Dezembro de 2013.

Nova Zelândia. Department of Labour. Occupational Safety & Health. *Guidelines for the Control of Static Electricity in Industry*. Wellington: Occupational Safety & Health, 1990. Impresso.

O'Connor, Joe. “Fire in the Workplace.” *Electrical Contractor Magazine*. EC Mag, janeiro de 2004. Internet. 29 de junho de 2016.

Petkovske, John. “Five Potential Welding Safety Hazards to Avoid.” *Lincoln Electric The Welding Experts*. The Lincoln Electric Company, 2016. Internet. 23 de junho de 2016.

R. Stahl. *The Basics of Dust-Explosion Prevention*. Waldenburg: Federal Republic of Germany, 2004. Impresso.

“Safety Tips to Help Avoid Industrial Electrical Injuries.” *Reliable Plant News Wires*. Reliable Plant. Internet. 17 de junho de 2016.

* “Static Electricity Considerations.” *NIBA - The Belting Association*. NIBA – The Belting Association, 2011. Internet. 17 de junho de 2016.

“The Dangers of Arc Flash Incidents.” *Maintenance Technology*. Maintenance Technology, fevereiro de 2004. Internet. 17 de junho de 2016.

Estados Unidos. U. S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Distribution Boxes*. U.S. Government Publishing Office, 15 de junho de 2016. Web 17 de junho de 2016.

Estados Unidos. U. S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Work on Electrically-Powered Equipment*. U.S. Government Publishing Office, 15 de junho de 2016. Web 17 de junho de 2016.

Estados Unidos. U. S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Work on Power Circuits*. U.S. Government Publishing Office, 15 de junho de 2016. Web 17 de junho de 2016.

“What Is Arc Flash?” *National Electrical Code: Internet Connection*. Mike Holt Enterprises, 2004. Internet. 17 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho do Brasil, *NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade*, 2004.

British Standards, *Operation of Electrical Installations – General Requirements*, 2013.

Bruce Bowman, *NFPA 70E Electrical Safety Presentation*, 2012.

Canadian Standards Association, *Canadian Electrical Code, Part 1, Safety Standard for Electrical Installations*, 2015.

Canadian Standards Association, *Workplace Electrical Safety*, 2015.

Code of China, *Safety Code of Electric Power Industry – Electric Part of Power Plants and Transformer Substations*, 2001.

Parlamento Europeu, *Directive 2006/95/EC – Electrical Equipment*, 2006.

Government of Canada: Queen's Printer, *Safety Standards Act [SBC 2003] Chapter 39*, 2016.

Government of South Australia, *National Electricity Act*, 1996.

IEEE Standards Association, *National Electrical Safety Code*, 2016.

Mine Safety and Health Administration, *Public Law 91-173*, 1977.

National Fire Protection Association, *National Electrical Code*, 2014.

Occupational Safety and Health Administration, *Public Law 91-596*, 2004.

Standards Australia / Standards New Zealand, *Electrical Installations (Australian / New Zealand Wiring Rules)*, 2007.

Standards Australia / Standard New Zealand, *Electrical Installations – Verification Guidelines*, 2007.

Standards Australia / Standard New Zealand, *In-Service Safety Inspection and Testing of Electrical Equipment*, 2010.

W. Keith Switzer, *Practical Guide to Electrical Grounding*, 1999.

* Usado com a permissão da NIBA – The Belting Association.

Capítulo 22

Anglo Technical Division. *Best Practice: Conveyor Belt Systems*. Julho de 2001. África do Sul.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – Belt Conveyors for Bulk Materials Handling*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. Impresso.

Belt Conveyors. *LII / Legal Information Institute*. Cornell University Law School. Internet. 07 de junho de 2016.

* Canadá. Government of Alberta. *Occupational Health and Safety Code*. Edmonton: Alberta Queen's Printer, 2009. Impresso.

* Canadá. Government of Alberta. *Occupational Health and Safety Code Explanation Guide*. Edmonton: Alberta Queen's Printer, 2009. Impresso.

Hughes, C. P. *An Overview of the Installation of the First Man-Riding Belt Conveyor in a South African Gold Mine*. Marshalltown: AVGOLD, 2000. Impresso.

** Moller, W. e E. R. Ascuí. *International Materials Handling Conference*. Beltcon 5. Johannesburg, 1989. Impresso.

Safe Use of Belt Conveyors in Mines: Topic Report. Sudbury, Inglaterra: HSE, 1993. Impresso.

*** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2009. Impresso.

África do Sul. South African Department of Minerals and Energy. *Mine Health and Safety Act 29 of 1996*. De Penuell Mpapa Maduna. 1996. Impresso.

Underground Transport in Coal Mines: Information Symposium, Luxembourg, May 24 to 26, 1978. Vol. 2. Redhill: Colliery Guardian, 1978. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Transporting Persons*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Wing, S. P. "Manriding Conveyor." *HSE*. Health and Safety Executive, 2016. Internet. 17 de junho de 2016.

Wing, S. P. "Manriding Conveyor 2." *HSE*. Health and Safety Executive, 2016. Internet. 17 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

E. D. Yardley e L. R. Stace, *Belt Conveying of Minerals*, 2008.

South African Bureau of Standards, *The Safe Use, Operation and Inspection of Man-Riding Belt Conveyors in Mines*, 2013.

E.D. Yardley, *Belt Conveying of Minerals*, 2008.

* Usado com a permissão do Governo de Alberta, Alberta Labour. ©Alberta Queen's Printer, 2016.

** Esse artigo foi primeiro apresentado na Beltcon 5 em 1989 e os direitos autorais pertencem a IMHC (www.beltcon.org.za).

*** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2009, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 23

30 CFR 56.12016 – Work on Electrically-powered Equipment. *LII / Legal Information Institute*. Mine Safety and Health Administration. 2016. Internet. 07 de junho de 2016.

30 CFR 56.14105 – Procedures during Repairs or Maintenance. *LII / Legal Information Institute*. Mine Safety and Health Administration. Internet. 07 de junho de 2016.

Belt Conveyors for Bulk Materials Part 2: Operations. Maio de 2005. National Safety Council, Itasca, IL.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*. 1999. Impresso.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR12*. Rio de Janeiro: Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho do Brasil, 2010. Impresso.

Canadá. Government of Alberta. *Best Practices on Conveyor Safety*. Alberta Employment and Immigration, 2009. Impresso.

* Canadá. Ontário. *R.R.O. 1990, Reg. 854: Mines and Mining Plants*. 10 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Conveyor Safety Checklist. Washington, DC: Institute of Scrap Recycling Industries, 2011. Impresso.

Galleguillos, Rene. "Predictive Maintenance Strategy for Increasing the Life of Conveyor Systems." IV Congress on Conveyor Belts. Peru. Novembro de 2015. Palestra.

** Alemanha. DIN Deutsches Institut Für Normung E. V. *Continuous Handling Equipment and Systems – Safety and EMC Requirements for Fixed Belt Conveyors for Bulk Materials (includes Amendment A1:2010) Tradução para o inglês da norma alemã DIN EN 620:2011-07*. Berlim, 2011. Impresso.

Giraud, Laurent, Serge Massé, Julie Dubé, Luc Schreiber e André Turcot. *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Mississauga, ON.: Industrial Accident Prevention Association (IAPA), 2003. Impresso.

Guideline, Safety Around Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. Outubro de 2016. Impresso.

Lazzara, Joseph. "New Lockout/Tagout Standard Details Ways to Better Safety." *EHS Today*. EHS Today, 14 de julho de 2004. Internet. 17 de junho de 2016.

*** Normanton, James e Kris Porter. "Basic Conveyor Safety." *NIBA Belt Line Newsletter* Setembro de 2006: 1-2. Impresso.

"Relationship of 1910.147, The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout) Standard, to Subpart O, Machinery and Machine Guarding Standards." *Lockout-Tagout*. Occupational Health and Safety Administration, fevereiro de 2008. Internet. 07 de junho de 2016.

**** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2009. Impresso.

África do Sul. De Beers. *Mandatory Code of Practice for the Safe Use of Conveyor Belt Installations for the Transportation of Minerals, Material or Personnel*. Alldays, 2016. Impresso.

África do Sul. South African Department of Minerals and Energy. *Mine Health and Safety Act 29 of 1996*. De Penuell Mpapa Maduna. 1996. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Accumulation of Combustible Materials and Rock Dust*. Mine Safety and Health Administration, 21 de setembro 2010. Internet. 7 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Conveyor Startup Fatalities*. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Machinery and equipment; operation and maintenance*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *U. S. Department of Labor MSHA's Accident Prevention Safety Idea*. Mine Safety and Health Administration. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Conveyors*. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *The Control of Hazardous Energy (lockout/tagout)*. Occupational Safety and Health Administration. Internet. 7 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

American National Standards Institute, *Control of Hazardous Energy – Lockout/Tagout & Alternative Methods*, 2003.

Canadian Standards Association, *Control of Hazardous Energy – Lockout and Other Methods*, 2013.

Consultant's Health & Safety Forum, *Safe By Design FAQs*, 2012.

Tenova, *Safety First: Basic Safety Rules*, 2014.

* Esse trecho é uma versão não oficial dos materiais legais do Governo de Ontário.

** Reproduzido com a permissão do instituto alemão DIN Deutsches Institut für Normung e.V. A versão definitiva para a implementação dessa norma é a edição com a data de emissão mais recente, Beuth Verlag GmbH, Burggrafenastraße 6, 10787 Berlim, Alemanha.

*** Usado com a permissão da NIBA – The Belting Association.

**** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2009, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 24

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – Belt Conveyors for Bulk Materials Handling*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. Impresso.

Austrália / Nova Zelândia. Standards Australia Limited / Standards New Zealand. *Safety of Machinery – Conveyors – General Requirements*. Sydney: Standards Australia Limited / Standards New Zealand, 2015. 1-86. Impresso.

Belt Conveyors for Bulk Materials Part 2: Operations. Maio de 2005. National Safety Council, Itasca, IL.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*. 1999. Impresso.

British Columbia. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources Mining and Minerals Division. *Health, Safety, and Reclamation Code for Mines in British Columbia*. Victoria: Resource Management Branch, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 1992. Impresso.

Canadá. Government of Canada. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. *OSH Answers Fact Sheets*. Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 1 de março de 2011. Internet. 23 de junho de 2016.

* Canadá. Ontário. *R.R.O. 1990, Reg. 854: Mines and Mining Plants*. 10 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Canadá. *Regulation Respecting Occupational Health and Safety in Mines*. Quebec: Éditeur Officiel Du Québec, 2015. Impresso.

Giraud, Laurent. *Sécurité Des Convoyeurs À Courroie: Généralités, Protection Contre Les Phénomènes Dangereux: Guide De L'utilisateur*. Montreal: Institut De Recherche, 2003. Impresso.

Good, E. T. *Cassier's Engineering Monthly*. Vol. 52. Nova Iorque: Wendell Lansing, 1917. Impresso.

Guideline, Safety Around Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. Abril de 2016. Impresso.

Guidelines for Shovel Design and Use. Mining and Quarrying Occupational Health and Safety Committee. Impresso.

“Quick Facts.” *National Floor Safety Institute*. National Floor Safety Institute, 2016. Internet. 23 de junho de 2016.

Papard, Phil. “Improving the Management of Health and Safety in the Quarrying Industry.” *Quarry Management* Março de 1994: 27. Impresso.

** *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*. Nova Iorque, NY: American Society of Mechanical Engineers, 2009. Impresso.

Skid Steer Loaders. Lincoln: University of Nebraska Lincoln, 2009. Impresso.

África do Sul. De Beers. *Mandatory Code of Practice for the Safe Use of Conveyor Belt Installations for the Transportation of Minerals, Material or Personnel*. Alldays, 2016. Impresso.

África do Sul. South African Department of Minerals and Energy. *Mine Health and Safety Act 29 of 1996*. De Penuell Mpapa Maduna. 1996. Impresso.

Estados Unidos. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Accumulation of Combustible Materials and Rock Dust*. 21 de setembro de 2010. Internet. 7 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Housekeeping*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Manual cleaning of conveyor pulleys*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Travelways at surface installations*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

Estados Unidos. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *General Requirements*. Occupational Safety and Health Administration. Internet. 7 de junho de 2016.

Estados Unidos. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Walking / Working Surfaces*. 19 de novembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Government Publishing Office. *Mineral Resources*. U.S. Government Publishing Office, 1 de junho de 2016. Internet. 3 de junho de 2016.

* Esse trecho é uma versão não oficial dos materiais legais do Governo de Ontário.

** Reimpresso de acordo com a norma ASME B.20 1-2015, com a permissão da entidade American Society of Mechanical Engineers. Todos os direitos reservados.

Capítulo 25

30 CFR 56.14105 - Procedures during Repairs or Maintenance. *LII / Legal Information Institute*. N.p., n.d. Internet. 07 de junho de 2016.

* Canadá. Ontário. *R.R.O. 1990, Reg. 851: Industrial Establishments*. 10 de dezembro de 2015. Internet. 2 de junho de 2016.

Clamps for Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. Outubro de 2013. Impresso.

** Exton, Alan. *Non-Gravity Take-Up Technology*. Johannesburg: Belt Con, 2004. Belt Con, 2004. Internet. 27 de junho de 2016.

Guideline, Safety Around Belt Conveyors. Conveyor Manufacturers Association of SA. Outubro de 2013. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Slings*. U.S. Department of Labor, 8 de junho de 2011. Internet. 7 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

ASTM International, *Standard Specification for Grade 80 and Grade 100 Alloy Steel Chain Slings for Overhead Lifting*, 2010.

American Society of Mechanical Engineers, B30.9, 2014.

Occupational Safety and Health Administration, *Slings*, 2011.

* Esse trecho é uma versão não oficial dos materiais legais do Governo de Ontário.

** Esse artigo foi primeiro apresentado na Beltcon 17 em 2004 e os direitos autorais pertencem a IMHC (www.beltcon.org.za).

Capítulo 26

“CART Receives Grant from MSHA.” *Center for Applied Research and Technology, Inc.* Center for Applied Research and Technology, Inc, 24 de setembro de 2010. Internet. 24 de junho de 2016.

Dalto, Jeffrey. “What Is MSHA Part 46? Training Requirements for Surface Mines.” *Convergence Training*. Convergence Training, 9 de abril de 2015. Internet. 23 de junho de 2016.

Giraud, Laurent, Serge Massé, Julie Dubé, Luc Schreiber e André Turcot. *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Mississauga, ON: Industrial Accident Prevention Association (IAPA), 2003. Impresso.

Goldbeck, Larry. “Training Employees to Operate and Maintain Conveyors Improves Efficiency of Both the Belt and the Operation.” *Aggregates Manager* Outubro de 2003: 1-3. Impresso.

Índia. Bureau of Indian Standards. *Code of Recommended Practice for Conveyor Safety, Part 2: General Safety Requirements*. Nova Délí: Bureau of Indian Standards, 1986. Impresso.

Koppel, Julie. *Training Best Practices and Guidelines*. Santa Bárbara: U of California, 2011. Impresso.

Lehmann, Carolyn C., Joel M. Haight e Judd H. Michael. “Effects of Safety Training on Risk Tolerance: An Examination of Male Workers in the Surface Mining Industry.” *Journal of SH&E Research* 4.3 (2009): 1-22. Impresso.

Lucas, Jason David. *Improving Conveyor Belt Safety Training through the Use of Virtual Reality*. Tese. Virginia Polytechnic Institute e State University, 2008. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute e State U, 2008. Impresso.

McGuire, Joseph P. e Billy Snead. “The Bar Has Been Raised.” *Rock Products* Agosto de 2014: 20-22. Impresso.

McGuire, Joseph P. e Billy Snead. “The Bar Has Been Raised (Part 2).” *Rock Products* Setembro de 2014: 20-22. Impresso.

Salas, Eduardo, Ph.D. “Patient Safety Training Evaluations: Reflections on Level 4 and More.” 2009 Annual Conference. Department of Psychology & Institute of Simulation & Training at University of Central Florida, Orlando. 2009. Palestra.

Estados Unidos. U.S. Bureau of Labor Statistics. *Economic News Release: Percent of Total Training Hours Spent in Various Types of Formal Training by Industry Division, May-October 1995*. Washington, DC: U.S. Bureau of Labor Statistics, 1995. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. *Definitions*. U.S. Government Publishing Office, 29 de abril de 2016. Internet. 24 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Training Requirements in OSHA Standards*. Washington, DC: Occupational Safety and Health Administration, 2015. Impresso.

Outras fontes de inspiração

Donald Kirkpartick, *Evaluating Training Programs: The Four Levels*, 1994.

Conveyor Equipment Manufacturers Association, *Bulk Handling Conveyor Safety Video DVD*, 2010.

Mine Safety and Health Administration, *Training and Retraining of Miners Engaged in Shell Dredging or Employed at Sand, Grave, Surface Stone, Surface Clay, Colloidal Phosphate, or Surface Limestone Mines*, 2016

Capítulo 27**Capítulo 28**

CEMA *Technical Report 2015-01*. 26 de janeiro de 2015. Naples.

Estados Unidos. Department of Defense. *Standard Practice for System Safety*. Washington, D.C.: Department of Defense, 2000. Impresso.

Capítulo 29**Outras fontes de inspiração**

H.W. Henrich, *Industrial Accident Prevention*, 1931

Army Material Systems Analysis Activity, *AMSAA Design for Reliability Handbook*, 2011

U.S. Department of Defense, *Military Standard: Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*, 1977

Capítulo 30

Dalto, Jeff. JHA and JSA: The Same Thing? Different? Does It Matter? *EHS Today*. EHS Today, 9 de dezembro de 2014. Internet. 07 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. *Job Hazard Analysis*. Washington, D.C.: Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor, 2002. Impresso.

Capítulo 31

Compliance with Product Safety Standards as a Defense to Product Liability Litigation. *In Compliance*. In Compliance, 1 de outubro de 2010. Internet. 7 de junho de 2016.

Moore, Ron. “The Business Case for Life Cycle Cost.” *Reliable Plant*. NORIA Corporation, 2016. Internet. 27 de junho de 2016.

Howard, John, M.D. *Prevention Through Design: Plan for the National Initiative*. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention: NIOSH, 2010. Impresso.

Outras fontes de inspiração

The National Institute for Occupational Safety and Health, *Preventing Deaths and Injuries While Compacting or Baling Refuse Material*, 2003

Mine Safety and Health Administration, *MSHA proposes rule to prevent crushing, pinning deaths and injuries: Rule would require proximity detection devices on coal-haulage equipment underground*, 2015

Frederic V. Hetzel, *Belt Conveyors and Belt Elevators*, 1922

Capítulo 32**Outras fontes de inspiração**

Conveyor Equipment Manufacturers Association, *Bulk Material Belt Conveyor Troughing and Return Idlers*, 2001

Deutsches Institut für Normung e.V., *Convinuous Conveyors – Belt Conveyors for Loose Bulk Materials – Basis for Calculation and Dimensioning, Tradução para o inglês da norma alemã DIN 22101: 2011-*

12, 2011

Deutsches Institut für Normung e.V., *Continuous mechanical handling equipment – Idlers for belt conveyors handling loose bulk materials – Main dimensions*, 2000

Capítulo 33

“American Society of Safety Engineers.” *Bosc Article 6*. American Society of Safety Engineers, 2016. Internet. 20 de junho de 2016.

Carroll, Cynthia. “The CEO of Anglo American on Getting Serious About Safety.” *Harvard Business Review*. Harvard Business Review, Junho de 2012. Internet. 20 de junho de 2016.

Daniel, J. H. SME Annual Meeting. Colorado, Denver. Fevereiro de 1991. Discurso.

Estimating the Costs of Unintentional Injuries. Itasca: National Safety Council, 2012. Impresso.

Fabius, Raymond, R. Dixon Thayer, Doris L. Konicki, Charles M. Yarborough, Kent W. Peterson, Fikry Isaac, Ronald R. Loeppke, Barry S. Eisenberg e Marianne Dreger. “The Link Between Workforce Health and Safety and the Health of the Bottom Line.” *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 55.9 (2013): 993-1000. Impresso.

Huang, Yueng-Hsiang, Tom B. Leamon, Theodore K. Courtney, Sarah D. Armond, Peter Y. Chen e Michael F. Blair. “Financial Decision Makers’ Views on Safety.” *Professional Safety* Abril de 2009: 36-42. Impresso.

Hubbard, Douglas W. *How to Measure Anything: Finding the Value of “Intangibles” in Business*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007. Impresso.

Lazzara, Joseph. “Why Safeguarding Makes Dollars and Sense.” *EHS Today*. EHS Today, 22 de agosto de 2003. Internet. 27 de junho de 2016.

Morrison, Kyle W. “The ROI of Safety.” *Safety and Health*. Safety and Health, 23 de maio de 2014. Internet. 20 de junho de 2016.

“Rockwell Automation Safety Maturity Index.” *Rockwell Automation*. Rockwell Automation, Inc, 2016. Internet. 24 de junho de 2016.

Safety Maturity: Three Crucial Elements of Best-in-Class Safety. Milwaukee: Rockwell Automation, 2014. Impresso.

Smith, Danny. “The Other Side of the Coin.” *Occupational Health and Safety*. 1105 Media Inc, Abril de 2015. Internet. 20 de junho de 2016.

Estados Unidos. International Social Security Association. *The Return on Prevention: Calculating the Costs and Benefits of Investments in Occupational Safety and Health in Companies*. De Dietmar Bräunig e Thomas Kohstall. Genebra: Associação Internacional de Segurança Social, 2011. 1-7. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. *OSHA’S Saftey Pays Program*. Occupational Safety and Health Administration. 2016 Web. 27 de junho de 2016.

Van Den Raad, W. P. Safety e The Bottom Line: Proving The Financial

Benefits of Your Safety Initiatives. Indiana, Franklin. Dezembro de 1999. Discurso.

Outras fontes de inspiração

Occupational Safety and Health Administration, *OSHA’S Saftey Pays Program*, 2016

Capítulo 34

“A Case for Broad Transformation.” *Productivity in Mining* 2014: 1-8. Impresso.

“American Society of Safety Engineers.” *Bosc Article 6*. American Society of Safety Engineers, 2016. Internet. 20 de junho de 2016.

Classification of Applications for Bulk Material Conveyor Belt Cleaning. Naples: Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2014. Impresso.

Hubbard, Douglas W. *How to Measure Anything: Finding the Value of “Intangibles” in Business*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007. Impresso.

Morrison, Kyle W. “The ROI of Safety.” *Safety and Health*. Safety and Health, 23 de maio de 2014. Internet. 20 de junho de 2016.

Estados Unidos. U.S. Department of Labor. *OSHA’S Saftey Pays Program*. Occupational Safety and Health Administration. 2016 Web. 27 de junho de 2016.

Outras fontes de inspiração

Organização Internacional do Trabalho, *Introductory Report: Decent Work – Safe Work*, 2005

Ted Miller, *Variations between Countries in Values of Statistical Life*, 1999

U.S. Department of Transportation, *Guidance on Treatment of the Economic Value of a Statistical Life (VSL) in U.S. Department of Transportation Analyses – 2014 Adjustment*, 2014

Capítulo 35

KPMG International. *Construction Procurement for the 21st Century*. KPMG International: KPMG International, 2007. Impresso.

Estados Unidos. U.S. Department of Transportation. Office of the Secretary of Transportation. *Guidance on Treatment of the Economic Value of a Statistical Life (VSL) in U.S. Department of Transportation Analyses – 2014 Adjustment*. De Peter Rogoff e Kathryn Thompson. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2014. Impresso.

A large, dark gray warning sign graphic is positioned on the left side of the page. It consists of a triangle with a thick border and a large exclamation mark in the center. The sign is partially cut off by the left edge of the page.

ÍNDICE REMISSIVO



Índice remissivo

- A**
- abuso de substâncias**, 32
 - AIS**, consulte *Escala abreviada de lesões*
 - alarme de inicialização**, 50-61, 255, 257, 308, 320
 - ALARP (As Low As Reasonably Possible, Menor Risco Possível)**, 382-385, 376, 379-380
 - alças de elevação**, 245
 - alinhamento, correia**, 299, 310, 314, 315, 316, 330, 331
 - alinhar a correia**, 313
 - Alpha Natural Resources**, 443
 - análise das causas**, 321, 388-397
 - análise de risco (JHA)** 398-399
 - análise de segurança, (JSA)**, 304, 307, 398, 399
 - aprendizado de adultos**, 357-358, 363
 - As leis de Pike para o aprendizado de adultos**, 357
 - aspersores**, 46, 47, 205-208
 - Association for Rubber Products Manufacturers (ARPM, Associação de Fabricantes de Produtos de Borracha)**, 200
 - assoprador** consulte também *caminhão aspirador*, 337
 - aterramento**, 21, 45, 139, 280-282, 284-290, 385
 - aviso de ventos fortes**, 45
 - aviso de ventos**, 45
 - avisos de inicialização**, consulte *alarme de inicialização*
- B**
- Barclay, J.T.**, 188
 - Batente 82, 86-92, 343-344, 384, 437**
 - batentes da correia, 91-93**
Belt Conveying of Minerals (livro), 297
Belt Conveyors and Belt Elevators (livro), 409
 - bloqueio da correia**, 84, 86, 92, 152, 283, 285, 302-304, 307-311, 317, 321, 334, 338, 340-352, 385
 - bloqueio**, consulte *bloqueio da correia*, *consulte também travar/ etiquetar / bloquear / testar (LOTO / BOTO)*
 - Bluefield State College**, 364
 - bobcat (consulte também minicarregadeira)** Bobcat®, o logo da Bobcat e as cores da máquina Bobcat são marcas registradas da Bobcat Company nos Estados Unidos e outros países.
 - bombeadores**, consulte *caminhão aspirador*
 - botão de parada de emergência (ou controle de parada de emergência)**, 19, 30, 33, 36-47, 62-81, 85, 118, 295, 301, 304, 315, 321, 355, 362, 439
 - botão de parada**, 19, 33, 37, 38, 40, 62-81, 99, 297, 299, 301, 305, 385, 438, 439
 - braçadeira de cabos**, 127
 - British Coal Corporation**, 297 (*Consulte também National Coal Board*)
- C**
- cabo de aço**, 17, 73, 61, 161, 162, 164, 165, 168, 346, consulte também *cabo de parada*
 - cabo de parada de emergência**,
consulte corda de parada de emergência
 - calha-guia**, 38, 115, 177, 232, 245, 248, 249, 325, 335, 386, 414, 422, 426, 429, 430, 432, 433, 434, 435, 436, 440, 463, 464
 - caminhão aspirador**, 245, 334, 335, 337, 338
 - caminhão assoprador**, consulte *caminhão aspirador*
 - caminhar pela correia**, 71, 373-374
 - campos magnéticos**, 282-283, 386
 - Capacidade de expansão**, 415 - 416
 - cartazes e sinalização**, 112, 121, 266-277, 298, 356, 37
 - tela de arame**, 113
 - tela de arame em proteções**, 123, 133-137, 170-174, 179
 - chapa de desgaste**, 84, 245, 248, 249, 429, 431, 432, 433, 435, 436, 440, 463, 464
 - chave de alinhamento da correia**, (*consulte chave de desvio da correia e chave de desalinhamento*)
 - chave de desalinhamento**, 40, 439,
 - chave de desvio**, consulte *chave de desalinhamento*
 - chave de emergência**, 78, 299, 315, *consulte também corda de parada de emergência*
 - chaves de escorregamento da correia**, 36-37, 40-42, 439
 - chaves de escorregamento**, 42
 - chaves de desvio da correia**, consulte também *chaves de desalinhamento*. 33, 36, 38-40, 439
 - chaves de velocidade**, consulte *chaves de escorregamento da correia*
 - choque elétrico**, 16, 21, 22, 72, 278-

- 281, 285-288, 385
- chutes de carga**, 220, 335, 429, 431, 432, 433, 436
- zona de carga**, 177, 233, 252, 361, 395, 422, 427, 429, 430, 433, 435, 436, 439, 440
- impacto**, 261, 395, 413, 429-431, 440
- clima**, 8, 23, 87, 94, 95, 96, 98, 109, 123, 178, 179, 212, 220, 230, 255, 266, 279, 383, 386, 429
- cobertura parcial**, 97
- cobertura total**, 97
- cobertura, (cobertura do transportador)**, 95-99
- cobertura, (cobertura do transportador; não da correia ou da parte inferior)**, 94-109, 242, 245
- Código ou classificação IP**, 72, 81, 220
- coleta de pó**, 226, 229, 233, 234-236, 249, 325, 361, 434-435, 440
- combate a incêndios em correias**, *consulte combate a incêndios*
- combate a incêndios**, 47, 181, 183, 205, 206, 208, 211, 274, 275, 312
- componentes de fácil reparo**, 317, 440
- componentes giratórios**, 16, 116, 146, 341, 384, 386
- componentes que podem ser vestidos pelos mineradores**, 48,
- conduíte**, 202, 20, 243-244, 251, 279, 286, 288, 414, 429, 436
- confiabilidade**, 111, 360, 422, 462, 463, 464, 474, 475, 481, 485, 486, 492, 498, 499
- contenção de pó**, 232, 361, 435
- controles administrativos**, 113-114, 405-406
- controles de engenharia**, 260, 300, 381, 405-407
- controles de parada**, 37, 42, 47, 62, 64, 72, 118, 300, 321
- corda de parada de emergência**, 62-81, 99, 307
- correia 2G**, *consulte correia Schedule 2G*
- correntes/eslingas de corrente**, 165, 345-347
- cultura da segurança**, 4, 25, 27, 277, 303-307, 318-322, 365-370, 380, 391, 396, 454, 457, 461, 469, 475, 482, 490, 499
- cultura**, vi, xi, 3, 4, 6, 25, 27, 28, 277, 303, 305, 318, 365, 370, 375, 380, 389-391, 393-396, 452, 457, 461, 496, 472, 475, 482, 487, 490, 491, 498-499, 501
- custo do ciclo de vida útil**, xiii, 380, 395, 410-412, 417-418, 421-422, 424, 461, 463, 483, 489, 492, 495, 497
- custo/despesa de capital**, 238, 407, 418, 423, 424-425, 456-462, 468, 493-494
- custos diretos (despesas)** 405, 408, 421, 444-447, 449, 451, 454-460, 469-471, 474, 477-478, 481, 486, 490-491, 498, 499
- custos indiretos**, (ou despesas indiretas), 4, 408, 421, 446, 447, 451, 457, 460, 471, 474, 478, 481, 486, 487, 499
- CWP**, *consulte Pneumoconiose dos trabalhadores das minas de carvão*
- D**
- dBA**, 22, 60, 252-264, 385
- decibel**, *consulte dBA*
- declaração de lucros e perdas**, 455, 461, 498
- degrau**, 103
- DEM**, 257, 262, 429, 432, 434
- demonstrativo de P&L**, (*consulte também declaração de lucros e perdas*)
- derramamento**, x, 19, 28, 29, 31, 33, 39, 40, 43, 45, 67, 87, 89, 96, 103, 109, 117, 128, 136, 138, 145, 152, 164, 171, 172, 173, 176, 178, 183, 185, 204, 208, 209, 210, 222, 228, 246, 247, 296, 306, 309, 314, 318, 324-339, 366, 374, 386, 396, 410, 414, 415, 425, 468, 486, 492, 493, 495, 499
- desatenção**, 33
- descarga elétrica**, 280, 282
- descontrole**, 87, 299
- deteção de incêndio**, 37, 45-47, 96, 184, 204-205, 209, 211
- detector de chute obstruído**, 43 – 44, 396
- detector de nível de silo**, 36, 43-44, 92, 362
- detector de nível**, 44, 92, 362
- dispositivo contra descontrole/ dispositivo contra reversão** 86-91, 305, 309
- DVD, treinamento em segurança ao trabalhar com transportadores**, 356
- E**
- eletricidade estática**, 16, 187-189, 194-196, 200, 203, 204, 210, 226, 230, 283, 285, 385, 386
- eletrocussão**, 278, 279, 282, 286,
- eliminação (eliminação do risco)**, 382, 405, 408-409
- embreagem**, 87-88-89, 165, 426
- embreagens unidirecionais centrífugas**, 88, 89, 309
- energia armazenada**, 16, 83, 84, 85, 86, 89, 92, 165, 283, 309, 311, 312, 314, 330, 341-345, 348, 350, 38
- energia potencial**, 16, 19, 82, 84, 342, 344
- Engineering Services & Supplies, Inc. (ESS)**, 319
(*ESS, consulte Engineering Services & Supplies, Inc.*)
- equipamento de proteção individual, (PPE)**, 20, 29, 48, 114, 229, 236, 259, 260, 266, 289, 294, 303, 305-306, 336, 338, 354, 362, 373, 405, 406, 455

escada para navios, 103

escadas, 21, 102, 1004, 107, 109, 225, 247, 249, 250, 304, 335, 430

escadas, 21, 102, 105, 107, 112, 146, 220, 239, 247, 249-251, 300, 304

Escala abreviada de lesões (AIS), 469-470

escala de Swinderman, 468

espaço confinado, 20, 30, 34, 43, 60, 201, 207, 239, 241, 248, 249, 251, 338, 339, 385, 431, 440

especificações, xi, 53, 56, 58, 67, 82, 98, 117, 122, 127, 129, 144, 152, 171, 174, 178, 186, 188, 195, 200, 243, 246, 256, 263, 296, 298, 318, 328, 341, 384, 397, 410, 415, 420-440, 499

esticador de cabo, 345-350

esticador, 17, 18, 161-167, 245, 342, 386, 414

E-stop, *consulte botão de parada de emergência*

estudo de viabilidade, xi, 412, 421, 422-424, 426, 462, 477, 480

etiquetar (*consulte também travar / etiquetar / bloquear / testar*), 51, 53, 64, 86, 112, 270, 283, 285, 289, 303-304, 308, 309, 310-312, 313-317, 320, 321, 338, 340, 344, 349, 354, 359, 385

etiquetas (etiquetas de segurança), 73, 241, 267, 268 -269, 271-273, 275-276, 283, 356, 385

exceção de manutenção de menor significação, 310-317

Excentricidade total do indicador (TIR, Total Indicator Run-out), 256

explosão, 19, 20, 22, 45, 46, 49, 188, 198, 207-209, 210, 224-226, 229, 231, 234, 242, 285, 327, 330, 331, 386, 445, 480

F

ferramentas elétricas, 21, 286, 287

Five Hidden Mistakes CEOs Make. How to Unlock the Secrets that Drive Growth and Profitability (livro), 5

foot-candles, 23, 214, 218

FOUNDATIONS™ Conveyor

Training 360-361, 365

FOUNDATIONS™ Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo do Pó e Material a Granel, Quarta Edição (livro), vii, xiii, 160 226-227, 228, 238, 328, 363, 434-435, 438, 468, 493, 495

FOUNDATIONS™ Seminário Avançado, 363

FOUNDATIONS™ Workshop 360-361, 365

freios, 37, 47, 69, 82, 86-93, 165-166, 183-184, 186, 209, 299, 342, 344

frequência (do som), 23, 253-254, 256-258

fricção (como causa de incêndios na correia), 16, 22, 38-41, 46, 87, 164, 182-189, 194-204, 209-210, 226, 230, 384

fumaça, xi, 47, 180, 182, 188, 191, 193, 204, 207, 224, 277, 440

G

GAAP, 465

galeria (galeria do transportador) 60, 96, 190-192, 194, 196, 199, 207, 220

galeria do transportador, *consulte galeria*

gestão de pó, 226, 230, 232-233, 235, 361

GFCI, *consulte interruptor de circuito por falha de aterramento*

grampo de correia, 92, 341, 345-350, 386

grampo, 66, 81, 92, 93, 126, 137, 309, 340, 341, 345-350, 386

guia de cabos, 243

H

Happy Company, 493, 494, 496, 498

Heinrich, Herbert W., x, 389, 392

Hetzl, Frederic V., 409

hierarquia dos controles de segurança, 267, 352, 379, 404-405, 407, 410, 412

hierarquia dos objetivos de design, 410, 412, 420-421

How to Measure Anything: Finding the Values of Intangibles in Business (livro), 453, 457, 467

Hubbard, Douglas, W., 453, 457, 458, 467

I

identificação por radiofrequência, (RFID), 43, 48, 140

Iluminação, 16, 23, 52, 55, 60, 109, 212-221, 267, 286, 319, 369, 437, 438

imagem junto a clientes (como termo de prestação de contas), 455-456

incêndio na mina Aracoma, 182, 199, 209, 480

incêndio na mina Creswell, 186

inclinação máxima do indicador (MIS), 256

Índice limite de oxigênio (LOI, Limiting Oxygen Index), 192

intensidade (do som), 58, 253-255, 258

(da luz), 56, 214, 217

interruptor de circuito por falha de aterramento (GFCI), 286, 287

investigação, xi, 26, 27, 182, 184, 187, 192, 210, 211, 260, 365, 388-391, 393, 394, 396, 445, 446, 458, 472, 477, 478, 479, 481, 484, 491

IRR, 423, 463-465, 467, 475, 471, 473, 482, 491, 496

J**JHA**, consulte *análise de risco***JSA**, consulte *análise de segurança***K****Kirkpatrick, Donald**, 358**L****LafargeHolcim**, 360**Lei federal norte-americana de melhoria das minas e nova resposta emergencial (MINER Act)**, 199, 353, 364**Leis de PIKE para o aprendizado de adultos**, 357**limpeza**, 5, 19, 24, 87, 96, 149, 164, 173, 206, 209, 234, 244, 286, 324-339, 363, 373, 391, 446, 466-467, 484, 493**LOI**, consulte *o teste Índice de limitação de oxigênio***LOTO BOTO**, consulte *trava / etiquetagem / bloqueio / teste***lúmen**, 214**luminárias**, 213, 219, 220**lux**, 23, 56, 213, 214, 216, 217, 220**M****manutenção**, x-xiii, 4-5, 8, 9, 20-21, 24, 27-28, 32-34, 38, 40, 45-47, 49, 52, 67-68, 71, 77, 85-86, 89, 92, 96-97, 107, 111-113, 116, 124,, 140, 144-146, 155, 164-165, 172, 186, 200-201, 208, 211, 213, 215, 218, 220, 231, 234-235, 238-245, 247-251, 255, 258, 260-263, 270, 276, 278, 282, 285-287, 294, 296, 306-331, 337, 341-342, 344, 348-349, 353-355, 359-360, 362-363, 365-367, 372-373, 375, 377, 379, 383, 385, 389-390, 392-396, 398, 407-409, 412-418, 421-426, 429-431, 435-450, 454, 460-463,

471-481, 485-486, 492-494, 496-499

Massey Energy, 445,**material de retorno** 28-29, 145, 164, 202, 222, 228, 233, 263, 295, 324-326, 328, 338, 361, 383, 386, 417, 438, 466, 468, 482, 484, 492-495**material de retorno, níveis/classificações**, 438, 464, 466**material em queda**, 30, 43, 104, 109, 133, 136, 149, 154, 155, 164, 170-179, 241, 304, 326, 332, 338, 344, 383, 385**material fugitivo**, vi, x-xi, 5, 19, 42, 87, 92, 95-96, 103, 109, 110-111, 129, 132, 146, 148, 149, 152, 154, 155, 160, 164, 168, 172, 209, 220-235, 239-240, 244 251, 252, 260, 307, 324-339, 360- 363, 365, 408, 411, 412, 414, 421, 425, 429-431, 433, 435, 436, 455, 461-462, 465, 466, 468, 472, 484, 492-493, 495, 498, 499**material particulado**, 224, 230**Menor risco possível**, consulte **ALARP****método dos elementos discretos (DEM)**, consulte **DEM****MIL-STD 882**, 379-381**Mina Upper Big Branch**, 445, 456, 480**MINER Act** (consulte *Lei federal norte-americana de melhoria das minas e nova resposta emergencial (MINER Act)*)**minicarregadeira**, 245, 336, 337, 338**Modelo de Kirkpatrick de avaliação de treinamento**, 358, 361, 369,**MTBF**, consulte *Tempo médio entre falhas***MTTR**, consulte *Tempo médio de reparo de transportadores portáteis* – 24, 45,**N****National Coal Board (NCB)**, 187, 188, 298**NEMA**, 72, 81, 220**níveis de limpeza (material de retorno)**, 438, 464, 466**Normas internacionais de relato financeiro (IFRS)** 455**Northam Platinum (incêndio na mina)**, 181, 184**Northup, Tom**, 5**O****oferta de menor preço (contratação ou processo)**, xi, xii, 145, 251, 390, 409-413, 496**orçamento de manutenção**, xii, 240, 415, 425, 465**P****palestras**, 290, 354**partícula**, 193, 208, 224, 230, 231**Passagem inferior**, 102, 105, 106, 115, 175, 320**passagem por baixo**, 100-101, 102, 104-105, 108-109, 382-383, 385**passagem**, 13, 18, 25, 31, 32, 48, 62, 70, 76, 97-98, 102-109, 142-145, 151, 153, 155, 156, 163, 172, 176, 213, 214, 217, 219, 220, 225, 239, 244-247, 249-251, 394, 324-325, 335, 336, 396, 435-436, 437 475**passagens**, 79, 109, 171, 177, 247, 250, 331, 415**passarela com escada**, 102-103**passarela com escada**, 102-103, 106**passarela**, 29, 78, 100-109, 110, 115, 139, 320, 356, 385, 437**pegador**,**pegador de correia descontrolada**, 92,**redes apanhadoras de fragmentos**, 170-179**cestos coletores para os rolos**, 110, 152-156**pegadores de correia, 91-92****perda auditiva**, 22, 253-255, 260,

264, 280

pesquisa em campo, 361

Pike, Robert, 357

plataformas de trabalho portáteis, 247, 436,

plataformas de trabalho, 43, 103, 105, 109, 241, 244, 245-246, 247, 251, 396, 407, 430, 431, 435, 436

PM₁₀, 223, 224, 230

PM_{2,5}, 223, 224, 230

Pneumoconiose dos trabalhadores das minas de carvão (CWP), 20, 224, 225.

pó em suspensão, 19, 22-23, 95, 208, 222-223, 227-229, 232-235, 295, 325

pó respirável, 20, 223, 224, 228, 229, 386

ponto de cisalhamento, 14, 42, 74, 105, 106, 115, 144, 146, 165, 167

ponto de esmagamento, 8, 14 -17, 24, 69, 93, 104, 108, 114, 115, 119, 128, 150, 155, 374, 155, 350, 374

pontos de pressão, 14, 15, 18, 41, 48, 69, 80, 95, 96, 104, 108, 110-112, 115, 133, 143, 144, 146, 148-151, 153, 154, 155, 156, 157, 163, 166, 168, 176, 295, 298, 334, 342, 345, 383, 384, 385, 407, 435-437

portas de inspeção, 97, 241, 251, 483

PPE, *consulte equipamentos de proteção individual*

preço da ação, xiii, 5, 476, 487, 498, 499

preço da recuperação, 447, 451

presilhas para cabos, 71

Prevenção pelo design (PtD), 139, 408, 409

Princípios contábeis geralmente aceitos (GAAP) *consulte GAAP*

Production Done Safely™, vi, xi, xiii, 2, 4, 6, 150, 376, 408, 414, 418, 421, 455, 500, 501

propagação do fogo, 188, 190-200, 211

propagação, (incêndio), 188, 190-

200, 211

proteção auditiva, 22, 258-263, 309, 336, 338, 405

proteção contra quedas, 51, 251, 310, 354, 385, 405, 486

proteção devido à localização, 18, 19, 28, 78-79, 104, 108, 112, 142-146, 150, 151, 155, 156, 168, 176

proteção do tipo gaiola, 151-152

Proteções com trava, 51, 57, 63, 64, 72, 112, 124, 138, 210, 241, 242, 251, 312, 314, 407, 436

placa lateral, 151, 152

proteções defletoras, 150-151, 177

proteções do rolete de retorno (proteções do rolos de retorno), 28, 108, 113, 115, 148-156, 431

proteções do rolete de retorno, *consulte proteções do rolete de retorno*

proteções para pontos de pressão, 96, 110, 149-151, 154, 342

PtD, *consulte Prevenção pelo design*

Q

queda ou lançamento de material, *consulte material em queda*

R

rampas, 108, 246, 247, 250, 251,

raspadores, 21, 53, 92, 115, 201-203, 239-240, 242, 247-250, 260, 262, 310, 318-319, 349, 396, 413-414, 417, 429-430, 437-440, 466, 468, 461-464, 466, 484, 493, 498

raspadores de correia seguros com relação à manutenção 302, 317-319, 321-325

VPL e TIR para raspadores de correia, 463, 466-467

realidade virtual (VR), 363-366

redes (telas), 104, 113, 136, 170-179

regra dos cinco, 457-459

Relâmpago, 33, 45, 284

remoção com pá, 17, 19, 69, 150, 223, 246, 325-339, 426

resistência à ignição, 189, 190,

retardamento na propagação de chamas

da correia 186, 187., 192, 195, 197, 200, 201, 209

dos componentes do transportador (exceto da correia), 201-204

retorno do investimento, (ROI), 248, 318, 328, 338, 352, 358, 361, 363, 369, 418, 422, 424, 444, 445, 447, 450, 453-455, 457, 467, 460, 469, 471, 472, 473, 475, 477, 481-488, 491, 493-495, 497, 498

retorno em prevenção, 450-452, 482, 483

retração, 86, 91, 309, 344

Return on Conveyor Safety™ (ROCS™), 4, 318, 455, 457, 449, 460, 466, 467, 472-476

reversão (da correia), *consulte reversão da correia*

reversão da correia, 82, 86, 88, 91-92

revestimentos do chute, 202, 242, 249, 263, 417, 427, 431, 437

revestimentos, 417, 431, 432, 437

do chute, 103, 110, 160, 202, 242, 249, 420, 427, 496

externo, 249

de baixo ruído, 263

de desgaste, 84, 245, 429, 431, 432, 433, 435-436, 440, 461-462

RFID, avaliação de risco, *consulte identificação por radiofrequência* 27, 45, 57, 74, 78, 115, 120, 139, 200, 289, 298, 315, 342, 371-401

ROI, *consulte Retorno do investimento*

rolete contra reversão, 91

roletes

de carga, 15, 17, 95, 159, 298, 425, 437, 472

de baixo ruído, 256

de retorno, 28, 84, 108, 113, 115, 148, 149, 152-156, 172, 211, 247, 257, 263, 300, 325, 384, 422, 425, 430, 436, 439, 472, 484

rolos de retorno, (roletes de retorno), 15, 38, 69, 91, 110, 143, 145, 148-156, 177, 243, 245, 251, 349, 383,

430, 431, 433, 435, 436, 494

proteções do rolete de retorno,
28, 108, 113, 115, 148, 149, 151,
154, 155, 156, 431

ruído, 4, 22-23, 25, 48, 52, 55, 58,
60, 95, 137, 186, 252-264, 282, 356,
385, 407, 492

S

Schedule 2G, 182, 187, 199-200, 202

seguro com relação à manutenção,
318-321

seminários, 354

sensor de gás, 49

sensores de calor, 37, 45-47, 204

sensores de capacitância, 47-48

sensores de proximidade, (botões),
38, 39, 47, 48, 137, 407

sensores de rotação, 42, 439

sensores de vibração, 48

sensores, 16, 36-49, 137, 138, 163,
204, 209, 284, 290, 407, 422, 437,
438, 463, 464

simuladores de treinamento, 301,
363, 364

simuladores de treinamento, 301,
363, 364

sistemas de alerta de proximidade,
48

soldagem, 46, 125, 183, 185, 215,
282, 287, 385, 414, 436

sonolência, 32

Ste. Genevieve (fábrica de cimento),
359-361

substituição, 378, 380, 405, 407, 408

supressão de pó, 225, 226, 227, 229,
232, 233-234, 235, 243, 361, 434,
435, 440

T

tags, xiii, 48, 140, 267, 270, 274, 275,
276-277, 304, 309, 373, 375

tarefas de treinamento, 320, 353-
355, 362-363, 370

Taxa interna de retorno, *consulte TIR*
técnica dos "cinco porquês"
(5 Whys), 392-393

tempo de reação, 14, 15, 19, 20, 23,
32, 68, 70

Tempo médio de reparo (MTTR),
240, 425, 462, 474, 499

Tempo médio entre falhas (MTBF),
xii, 240, 425, 462

tensão da correia, 8, 16-18, 40-41,
82-87, 91-93, 155, 158-168, 181, 189,
210, 312, 330, 341-345, 347, 348-
350, 404, 411, 428

tensão, 8, 16-18, 19, 40-41, 65-67,
72, 74-75, 80, 82-87, 88, 91-93, 121,
136, 155, 158-166, 168, 181, 189,
202-203, 210, 213, 246, 286, 288,
312, 330, 341-345, 347-350, 404,
411, 428

tensor acionado, 162 - 163

tensor automático, 161, 162, 168

tensor com guincho 162-163

tensor manual, 117, 160-162, 168

tensor tipo parafuso, 17, 160, 161

tensor, (dispositivo tensor), 17, 18,
39, 47, 77, 80, 83-85, 92, 115, 117,
158-168, 207, 220, 245, 309, 325,
330, 341-345, 348, 350, 385, 386,
407, 412-414, 421

testar (*consulte também travar /*
etiquetar / bloquear / testar), 86, 283,
285, 303, 304, 307, 308, 309, 338,
350, 385

teste B.E.L.T. ou B.E.L.T., *consulte*
Teste laboratorial de avaliação de
correias

teste com o bico de Bunsen,
189-190, 194, 199

teste de fricção de tambor,
41, 189, 194, 196, 198-200

teste de propagação de média escala,
191,

teste em galeria em escala real, 199

Teste laboratorial de avaliação de
correias (BELT, Belt Evaluation
Laboratory Test, B.E.L.T.,
teste BELT ou teste B.E.L.T.)

182,187,190-192, 199, 200

testes de incêndio em escala real,
190-191, 199

trabalho a quente, 46, 209, 318

limpeza, 28, 152, 209-211, 231, 234-
235, 247, 274, 313, 315, 324-339

Trava (sistemas com trava), 37, 48,
51, 56, 58, 63, 64, 72, 111-112, 113,
117, 125, 138, 140, 166, 210, 241,
242, 251, 309, 311, 320, 385, 407,
436, 437,

Trava / Etiquetagem / Bloqueio /
Teste, 86, 283, 285, 303, 304, 307-
308, 309, 338, 385

trava, 82, 91-92

Trava, Etiquetagem, 30, 1, 53, 64,
86, 112, 121, 270, 283, 285, 289,
307-310, 312-313, 314, 316-317,
320-321, 329, 338, 340, 344, 354,
359, 385

treinamento de reciclagem (MSHA),
353

treinamento específico do local, 24,
310, 354, 355, 356

treinamento on-line, 360, 363, 364,
365, 367, 369

treinamento prático, 357-359, 364-
365, 367

treinamento, equipe, xii, 5, 24, 28,
31, 53, 64, 96, 113, 114, 117, 125,
209, 231, 248, 259, 262, 267, 276,
290, 293, 295, 298, 299, 301, 304,
305, 306, 307, 308, 310, 311, 317,
321, 327, 331, 352-370, 379, 381,
389, 390, 392, 406, 425, 426, 447,
455, 458, 459, 461, 466, 481, 499

três quartos (3/4) cobertura, 97

Tuncbilek Colliery, 261

U

U.S. Department of Defense
Military Standard, 882, 380-381

V

valor da vida estatística (VSL),

469-470, 492

Valor presente líquido (VPL), 423,

463, 465, 474, 475, 491, 491, 495 –
497, 499

válvula da correia, 14, 23, 257-258,

263, 384, 430

vedação da calha-guia, 38, 203, 232,

249, 325, 349, 381, 386, 429, 434,
440

vestuário, 29, 303

W

Y

Yardley, E.D., 297

Z



AUTORES E AGRADECIMENTOS



Autores e Agradecimentos

Autores

Andrew D. Marti

Escritor técnico, Projetos especiais
Martin Engineering



Há quase 30 anos que Andrew Marti escreve sobre problemas e soluções na movimentação de materiais a granel.

Nessas três décadas de serviço, Marti tem ajudado a Martin Engineering a comunicar sua filosofia, a apresentar produtos e a promover sua posição como líder na solução de problemas no manuseio de materiais a granel por meio da literatura de produtos, histórias de casos, trabalhos técnicos, publicidade, apresentações em conferências, materiais de treinamento de funcionários, publicidade e produções de vídeo.

Marti foi autor e editor chefe de todas as edições dos livros *FOUNDATIONS™* da Martin Engineering para aprimorar os sistemas de transportadores de correia por meio do controle do material em fuga. Ele se orgulha de ter ajudado a Martin Engineering a ensinar às indústrias de movimentação de materiais a granel como melhorar o desempenho e a segurança dos sistemas de transportadores de correia de forma integrada a sua produtividade e rentabilidade.

Marti é formado em jornalismo pela Central Michigan University e tem um mestrado em meios de comunicação pela University of Northern Iowa.

Nativo de Michigan, Marti reside em Princeton, Illinois, com sua esposa, Jill, e dois filhos adultos. E-mail de contato: andym@martin-eng.com.

Daniel Marshall

Engenheiro de qualidade, Líder em ISO 9001
Martin Engineering



Daniel Marshall se define como um "cara de números". Ele tornou-se engenheiro de desenvolvimento e pesquisa na Martin Engineering em 2000. Nessa função, Marshall contribuiu no design de vários produtos para transportadores.

Dois anos depois, ele passou a exercer como engenheiro de produto. Nessa posição por quatorze anos, Marshall trabalhou no design e fabricação de cada produto de transportador oferecido pela Martin Engineering.

Em 2015, Marshall passou a desempenhar a função atual na engenharia de qualidade, garantindo que todos os produtos da Martin Engineering sejam da mais alta qualidade antes do envio.

Marshall possui ampla experiência em acessórios para correias transportadoras e sua aplicação. Além da sua experiência de escritório, ele possui experiência de campo em plantas em todo o mundo, o que lhe permite intervir eficazmente em várias questões de segurança nas indústrias que utilizam transportadores. Ele trabalhou como autor nas

duas edições mais recentes dos livros *FOUNDATIONS™* da Martin Engineering.

Daniel Marshall possui bacharelado em Engenharia Mecânica pela Northern Arizona University.

Dan mora em Neponset, Illinois, com a esposa Dawn e seu filho William.

Entre em contato pelo e-mail danielm@martin-eng.com.



R. Todd Swinderman, P.E.

*diretor, RTodds™ Engineering, LLC,
consultor, Martin Engineering*

Todd Swinderman se juntou à Martin Engineering, em 1979, como engenheiro de produtos para transportadores até tornar-se gerente geral, presidente e CEO. Dedicou seu tempo à melhoria de transportadores – melhorando o desempenho das empresas que os operam – por meio da eliminação do pó, material de retorno e derramamento. A visão e a liderança de Swinderman se concentraram no desenvolvimento de soluções inovadoras para o manuseio de materiais a granel e na expansão da presença e das capacidades da Martin Engineering em todo o mundo.

Após se aposentar pela Martin Engineering, em 2012, Swinderman formou a RTodds™ Engineering, LLC, para fornecer serviços de consultoria e treinamento em todo o mundo, o que ajuda os engenheiros e operadores a projetar transportadores mais seguros e eficientes.

Swinderman tem sido ativo na entidade Conveyors Equipment Manufacturers Association (CEMA) como membro (inclusive presidente), presidente do comitê e como editor e força motriz das sexta e sétima edições, essa ultima atualizada, do *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* da CEMA. Ele também atua na comissão *B20.1* de segurança em transportadores da American Society of Mechanical Engineers (ASME).

Além disso, Todd foi o principal autor da série de livros *FOUNDATIONS™* da Martin Engineering, incluindo o *FOUNDATIONS™, Guia Prático para um Controle Mais*

Limpo, Seguro e Produtivo do Pó e Material a Granel, Quarta Edição, publicado em 2009.

Ele também é desenvolvedor e instrutor dos *FOUNDATIONS™ Workshops de Treinamento Avançado* para melhorar a engenharia e a gestão dos sistemas transportadores de correia.

Swinderman possui bacharelado em Engenharia Mecânica (com ênfase no design de máquinas) da Universidade de Illinois. Ele possui uma licença profissional de engenharia na Florida e Illinois e atuou como engenheiro profissional licenciado em Idaho, Kentucky, New Hampshire, Oklahoma e Pensilvânia.

Swinderman tem mais de 60 patentes nos EUA em aprimoramentos na área de manuseio de materiais a granel.*

Todd e sua esposa, Nancy, residem em Palm Coast, Flórida. Entre em contato com ele pelo e-mail rtodds.eng@gmail.com.

*** Patentes concedidas:**

4573567	Porta de acesso ao alojamento do transportador	6575292	Raspador de correia transportadora e conjunto tensor	5799918	Dispositivo de montagem do vibrador
4917231	Raspador de correia transportadora de ângulo constante	6695131	Aparelho de suporte da correia transportadora catenária	8474608	Painel isolante de proteção de correia transportadora com alças completamente integradas e método para formar um painel de proteção da correia transportadora
6401911	Lâmina raspadora de correia transportadora de desgaste diferencial	4874082	Calha-guia do transportador, grampo e arranjo de montagem	8267239	Lâmina raspadora para correia transportadora com sensor e respectivo sistema de controle
8006830	Chapas de desgaste exteriores para sistemas de correias transportadoras de material a granel	6457575	Dispositivo de fixação do pino de autotrava para lâminas raspadoras de correias transportadoras	7308980	Processo para distribuir um raspador de correia transportadora
4598823	Raspador de correia transportadora	7216756	Raspador e arranjo tensor de correia transportadora de ângulo e pressão constante	7971705	Aparelho e método de manutenção de roletes de retorno durante a operação da correia transportadora
6439373	Raspador e tensor de correia transportadora de ângulo e pressão constante	7424945	Receptáculo e ponta da lâmina raspadora substituíveis de correia transportadora e método de fabricação	4925434	Tensor de torção
5378202	Dispositivo tensor	4944386	Raspador para correias transportadoras	8573384	Raspador de correia transportadora de material a granel com guia lateral para pó e método de utilização
7967129	Rolete de alinhamento de correia transportadora com mecanismo de travamento	5048669	Sistema de vedação de correia transportadora modular	4927003	Raspador de correia transportadora aquecida
7367443	Sistema raspador de correia transportadora e método de fabricação	D608519	Tampa protetora contra pó para uma coluna de suporte de uma correia transportadora de material a granel	7837030	Aparelho e método para montar e travar dispositivos aos sistemas de correias transportadoras
8408385	Suporte para sistemas de transferências de material a granel e método de fabricação	D543670	Lâmina raspadora para um raspador de correia transportadora	6575294	Conjunto da guia lateral da correia transportadora
5704167	Porta de acesso portátil com vários eixos de articulação	7370750	Sistema raspador de correia transportadora e método de fabricação	4898272	Mecanismo de suporte para correia transportadora
6374990	Lâmina raspadora para correia transportadora com sensor	D547523	Braço para raspador de correia transportadora	4953689	Raspador de correia transportadora
7779987	Dispositivo e método para amostragem da quantidade de material de retorno transferido por um sistema transportador de correia de material a granel	7556140	Sistema de manuseio de material a granel	9139367	Conjunto de roletes de correia transportadora
6374991	Raspador de correia transportadora e conjunto tensor	8037997	Controle e sistema de manuseio de material a granel	7131525	Lâmina raspadora para correia transportadora com sensor e respectivo sistema de controle
5467866	Base de impacto do transportador	7775341	Sistema de manuseio de material a granel	7472784	Lâmina raspadora para correia transportadora com sensor e respectivo sistema de controle
4643293	Raspador de correia transportadora	8069971	Controle e sistema de manuseio de material a granel	7866457	Lâmina raspadora para correia transportadora com sensor e respectivo sistema de controle
8028819	Lâmina raspadora com ângulo de limpeza variável e pressão constante, e método de desenho	5088965	Tensor radial	6966430	Transportador pneumático com sistema de plenum de multipressão
D617521	Lateral do sistema transportador de correia	7669708	Controle e sistema de manuseio de material a granel	4359150	Raspador de correia transportadora
7735620	Porta de acesso resistente ao acúmulo de pó e estrutura da porta de um sistema de manuseio de material a granel	8205741	Método de ajuste dos raspadores de correias transportadoras e de abertura do sistema de controle de ciclo dos raspadores de correias transportadoras	6986418	Lâmina raspadora para correia transportadora com sensor e respectivo sistema de controle
		7740127	Sistema de manuseio de material a granel	6591969	Lâmina raspadora para correia transportadora com sensor e método de fabricação
		7740126	Sistema de manuseio de material a granel		



Agradecimentos

Contribuições significativas

Fundamentos para escrever sobre segurança

O desenvolvimento do *Foundations™ Fundamentos de Segurança para se Trabalhar com Transportadores de Correia, Guia de Segurança sobre as Boas Práticas Mundiais para o Manuseio Mais Seguro de Materiais a Granel* se tornou uma jornada de mais de três anos, que começou com a ideia proposta por R. Todd Swinderman, ex-presidente e CEO da Martin Engineering. Essa ideia tornou-se um total compromisso da Martin; cada departamento e cada indivíduo da empresa sentiram o impacto dos recursos necessários para assumir tal projeto. Fizemos essa viagem porque a segurança de transportadores é negligenciada frequentemente; sabíamos que alguém, ou alguma companhia, tinha de assumir a liderança. A Martin Engineering deu um passo à frente; todos nós sentimos que era mesmo importante. Sempre há indivíduos que arregaçam as mangas, colocam mãos à obra e fazem o que precisa ser feito. Muitas vezes, esses indivíduos permanecem como heróis desconhecidos, não reconhecidos pelas significativas contribuições que fazem para o processo. Sem a dedicação, conselhos e trabalho árduo dos funcionários da Martin Engineering como Chelsea Blake, Paul Harrison, Jerad Heitzler, Seth Mercer, Jeff Sonnenberg, Robert Tellier, Tina Usrey e da estagiária Carleen Spahn, bem como o consultor de redação Mary Feeney, da Silver Oaks Communications, Inc., a publicação deste livro não seria possível.



Paul Harrison

*Diretor do grupo de negócios –
Produtos de transportadores
Martin Engineering*



Tina Usrey

*Executivo sênior
Assistente administrativo
Martin Engineering*



Seth Mercer

*Gerente de marca
Martin Engineering*



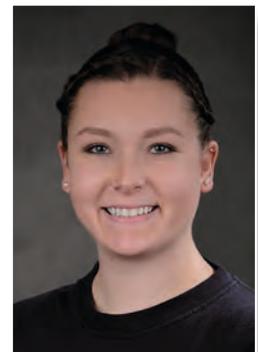
Chelsea Blake

*Especialista em marketing
Martin Engineering*



Robert Tellier

*Especialista em marketing
Martin Engineering*



Carleen Spahn

*Estagiário em marketing
Martin Engineering*

Principais membros da equipe



Jerad Heitzler

*Gerente de Treinamento em
Foundations™
Martin Engineering*



Jeff Sonnenberg

*Diretor de Segurança
Martin Engineering*

Autores que colaboraram



Antonio Nieto, Ph.D.

Antonio Nieto é vice-presidente global de engenharia educacional da Laureate International Universities, onde ele lidera o desenvolvimento, ampliação e inovação acadêmica de programas acadêmicos em TI e engenharia na rede global da Laureate.

Dr. Nieto trabalhou anteriormente na Universidade Estadual da Pensilvânia como professor associado em engenharia de minerais, oferecendo cursos sobre sistemas terrestres, engenharia de economia, modelagem computacional. Sua pesquisa se concentra na engenharia de extração mineral e otimização, caracterização geoespacial e economia mineral.

Dr. Nieto possui bacharelado em Engenharia de Minas pela Guanajuato School of Mines, mestrado em Engenharia de Minas pela Colorado School of Mines, mestrado em Geoestatística pela Ecole Des Mines de Paris e doutorado em Engenharia de Sistemas da terra pela Colorado School of Mines.



Dan Brown

Dan Brown reside na cidade de Nova Iorque e é funcionário da Hilti North America como instrutor para certificações de materiais de ancoragem. Possui graduação em Geologia pela Universidade de Clemson e mestrado em Energia e Engenharia Mineral pela Universidade do Estado da Pensilvânia. Além disso, ele serve como capitão no Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos. Em seu tempo livre, Dan gosta de colecionar rochas e minerais.

Outros escritores

Mary Feeney

Silver Oaks Communications, Inc.



Colaboradores

Este livro também não poderia ter sido concluído sem a assistência e cooperação de muitos recursos externos e vários funcionários da Martin Engineering em todo o mundo. Esses indivíduos forneceram várias ideias, informações básicas, conhecimentos técnicos, fotografias, redação, revisões e suporte; tudo, inclusive incentivo. Devemos a mais sincera gratidão aos seguintes colaboradores:

Martin Engineering Germany

Reiner Fertig, Michael Hengl, Gerard Nols, Michael Tenzer

Martin Engineering USA

Elizabeth Allen, Rick Barela, John Barickman, Rudolf Beer, Jim Bowen, Steve Brody, Nathan Carlson, Leslea Carroll, Adam Childs, Ashley Dana, Mark Daum, Jim Densberger, Michelle Ellington, Kathy Erdmann, Scott Gentry, Susan Griffith, Harry, Heath, Sonia Heath, Alan Highton, Mark Huhn, Dave Hull, Kari Kipp, Mike Komnick, Mark Luciani, Jaime Lynch, Dave McIntyre, Fred McRae, Sandy Milnes, Greg Milroy, Tammy Monier, Mike Moody, Dave Mueller, Robert Nogaj, Kathy Nyert, Timothy P. O'Harran, Jared Piacenti, Frank Polowy, Brad Pronschinske, Tracey Ramos, Raymond Robinson, Chris Schmelzer, Denise Seyller, Richard Shields, Steve Spahn, Jason Stabler, David Stahura, Mark Strelbel, Gary Swearingen, Gina Taliani, Billy Tarver, Shane Tighe, Rebecca VanWaes, Nick Vargo, Janice Verbeke, Phil Wates, Barbara Wheatall, Marty Yepsen

Martin China

Jack Chen Wenjian, Eric Zheng, Jeff Zhou

Martin Engineering South Africa

Hannes Kotze

Martin Engineering India

Debjyoti Dey, Kirti Pandey, Bill Shukla

Martin Engineering Brazil

Rodrigo Trevenzolli, William Malta Valladao, Tatiana Furlan, Lidiane Cavallini e todo o time de Engenharia da Martin Brasil.

Martin Engineering Mexico

Alvaro Chacon, Cesar Laredo, Javier Schmal

Martin Engineering Vibration Systems & Solutions, Michigan

Mike Lindbeck, vice-presidente – Engineered Vibration

Consultores

Charles E. Fleming, *FOUNDATIONS™ Fundamentos de Segurança para se Trabalhar com Transportadores de Correia*, gerente de projetos, Richard P. Stahura Sr.

Silver Oaks Communications, Inc.

Grace Burt, Dan Diederich, Pat Esp, Diana Hawbaker, Anne Kirkpatrick, Danny O'Leary, Tracey Sands, Emily Snyder

Recursos externos e outros

Bruce Beck, Greg Bierie, Chris Franks, Mark Harberts, Tom Hines, Brad Neptune, Mark Stern, Terry Swearingen, Diky Trisna, Wally Watkins, James Wilson, Larry Engle

Applied Conveyor Technology

Edward Sunseri, J.R. Sunseri

Airmatic, Inc.

Rick Dougherty

Belterra

Rick Desmaris, Sergio Restagno, engenheiros de projetos.

CEMA

Phil Hannigan, secretário executivo, Bob Reinfried, vice-presidente executivo

Engineering Service & Supplies (ESS)

Chris Wilson, Terry Thew

Felcom LLC

Rick Felde

Fenner Dunlop

Geoff Normanton, vice-presidente sênior em tecnologia

Flexco

Greg Westphall, gerente de engenharia

LafargeHolcim

James Wrigley, coordenador de suporte de desempenho de fabricação

Luminant

Carlos Munoz

Overland Conveyor

Al Reicks

Worzalla

Rodger Beyer, Jackie Buse, Kitty Grigsby e Production Associates.

Talvez tenhamos nos esquecido de algumas pessoas, se fizemos, não foi de forma intencional. Se você ajudou e não está na lista, saiba que estamos muito gratos pela sua contribuição.

Agradecemos a todos aqueles que colaboraram.

RTS, ADM, DM, setembro de 2016

Gostaríamos de agradecer à todos os clientes da Martin Engineering. Seus comentários, boa vontade de ter suas plantas fotografadas, e colaboração foram muito valiosos para este livro.

Também gostaríamos de agradecer a associação United States Mine Rescue Association (USMRA) pelo uso de sua extensa biblioteca visual que permitiu explicar melhor muitos conceitos importantes aos nossos leitores.



