



DADOS DE PROJETO

# ELEVADORES DE CANECA

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste documento é fornecer orientações para o projeto de alívio de explosão e documentar as melhores práticas aceitas industrialmente para a aplicação em elevadores de caneca.

Isso se aplica a todas as soluções para elevadores de caneca projetadas pela ATEX EXPLOSIONSSCHUTLZ. Onde aplicável, garante a conformidade com os códigos e normas locais.

## 2. LIMITAÇÕES

O procedimento é limitado a:

- As condições que as normas EN e NFPA impuser
- Poeiras orgânicas e combustíveis como carvão e peat. Este procedimento não é aplicável a combustíveis com pó de metal.
- O alívio de explosão só deve ser utilizado quando as seguintes condições forem atendidas:
  - \* O equipamento pode ser ventilado com segurança
  - \* A força de escoamento do projeto do equipamento é suficiente para suportar o Pmax
  - \* Os produtos ventilados não são tóxicos ou prejudiciais a segurança humana

Onde a ventilação não for possível ou permitida, deve-se considerar o uso de abafadores de chama, supressão de explosão, possivelmente combinada com isolamento químico.

DATA	EDITOR	DESCRIÇÃO	REVISÃO
01/08/2020	EDMILSON PECOSQUI	CRIAÇÃO E PUBLICAÇÃO	0

## DADOS DE PROJETO

# ELEVADORES DE CANECA

## 3. MITOS

Ao longo dos anos, vários mitos cercaram explosões de poeira de grãos. Estes são alguns dos mais comuns:

- As explosões de poeira do grãos não ocorrem em períodos de alta umidade.  
**Falso:** Explosões de poeira ocorreram durante tempestades de chuva.
- Explosões de poeira grossa não ocorrem em elevadores de madeira. **Falso**
- As explosões de poeira do grãos não ocorrem em elevadores de pequeno porte:  
**Falso:** 70% -80% das explosões de elevador de grãos ocorrem em terminais de pequenos.
- Existem apenas duas explosões, uma primária e uma secundária.  
**Falso:** Até 13 explosões foram documentadas durante um incidente.

## 4. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Elevadores são máquinas para o transporte vertical de material a granel. Existem diferentes tipos de elevadores, mas, para transportar material a granel com uma densidade de pó abaixo de  $1 \text{ kg/dm}^3$  (típico para materiais a granel combustíveis), são utilizados principalmente elevadores de caneca. Os Mecanismos de tração são correntes ou correias, onde as canecas são montadas. Para material a granel, com uma densidade de pó  $<1 \text{ kg/dm}^3$ , geralmente são utilizadas correias.

Os estudos disponíveis referem-se a elevadores de caneca com duas pernas (perna para cima e para baixo) com correias usadas como mecanismo de tração. As faixas da correia são acionadas por conexão de fricção, sobre uma polia de retorno na cabeça do elevador. Esse projeto é amplamente utilizado com alturas de transporte de até 50m e capacidades de transporte de até 600 t/h.

Os materiais a granel transportados podem ser bem diferentes, p. granulados, grãos ou pellets, que podem conter pó mais ou menos fino. A poeira fina é dispersa pelas canecas em movimento, dessa forma uma mistura explosiva de poeira e ar pode ocorrer dentro do elevador.

Fontes de ignição eficazes são possíveis a partir do próprio equipamento, bem como de fontes externas, por exemplo, objetos estranhos. Portanto, o risco de explosão de poeira dos elevadores de caneca deve ser levado em consideração.

Dependendo das condições operacionais e das características de explosão do material a granel, as medidas tomadas para evitar fontes de ignição geralmente não são suficientes para minimizar o risco de uma explosão de poeira. Portanto, medidas de projeto adicionais para proteção contra explosão devem ser tomadas (por exemplo, alívio de explosão), a fim de limitar os efeitos perigosos de explosões. No entanto, as regras ou normas técnicas disponíveis para o layout da alívio sob pressão ou supressão de explosão não podem ser usadas devido à geometria especial dos elevadores de caneca.

## DADOS DE PROJETO

## ELEVADORES DE CANECA

### CONSIDERAÇÕES INICIAIS (continuando...)

Sabe-se de investigações que uma explosão pode ocorrer se o elevador da caneca estiver totalmente carregado com material a granel explosivo. Sob tais condições de operação, a concentração de poeira está na faixa ou excede o limite superior de explosão e a pressão de explosão é bastante baixa. Em geral, está abaixo de 0,5 bar.

No entanto, a pressão de explosão mais alta e a velocidade máxima da chama podem ocorrer quando o elevador está em operação sem carga. Nesse caso, os depósitos de poeira são agitados através das canecas em funcionamento rápido e podem ocorrer concentrações ideais de poeira em relação ao curso da explosão. Sob essa condição, dependendo das características do material a granel, espera-se altas velocidades de chama e altas pressões de explosão.

Portanto, uma pesquisa experimental anterior foi realizada com uma concentração ótima de poeira de 500 a 1000 g/m<sup>3</sup>. Os testes de explosão em geral foram projetados de tal maneira que as câmaras de poeira estavam sob pressão (por exemplo, 20 bar) e uma quantidade definida de poeira foi soprada no elevador em funcionamento na cabeça do elevador, no pé e nas duas pernas.

Como resultado, exige-se um projeto resistente a choques de pressão de 3 bar se o elevador estiver protegido por barreiras de extinção, quando forem transportados pós combustíveis da classe de explosão de poeira St1 ( $KSt \leq 200$  bar·m/s). Se a altura de transporte for maior que 30 m, são necessárias barreiras químicas adicionais.

Para o cálculo do alívio de pressão de explosão em elevadores de canecas, numerosas experiências de explosão foram realizadas. Foi examinado que os elevadores de caneca nas versões de uma e duas pernas. Como pó de teste, foram utilizados leite em pó ( $KSt = 86$  bar·m/s) e diferentes amidos de milho ( $KSt = 147, 180$  e  $211$  bar·m/s).

Em princípio, a pressão de explosão era muito maior quando um sistema de injeção de poeira era usado, em comparação com os testes em condições operacionais práticas.

Um resultado interessante foi que a redução do espaçamento entre caçambas (espaçamento  $\leq 280$  mm) devido à obstrução das pernas do elevador diminui o curso da explosão se o valor  $KSt$  específico da poeira estiver abaixo de 150 bar·m/s. No entanto, quando o amido de milho com  $KSt = 211$  bar·m/s foi usado, foi observado um aumento óbvio das velocidades da chama e das pressões da explosão.

O motivo é que a redução do espaçamento das canecas aumenta as condições de fluxo turbulento no interior das pernas do elevador. O uso de poeira com velocidade de queima mais alta e, portanto, valor  $KSt$  mais alto, pode afetar o aumento da violência por explosão de maneira mais forte do que as peças embutidas (canecas) através do amortecimento e absorção de calor, afetando a combustão deflagrante.

Em geral, os testes de explosão foram realizados com aberturas de alívio na cabeça e no pé do elevador. O tamanho de cada área de ventilação era igual à área da seção transversal das pernas do elevador. Dependendo da força do elevador e dos valores  $KSt$ , é necessário instalar aberturas de ventilação adicionais em distâncias definidas ao longo das pernas do elevador. As distâncias máximas permitidas podem ser obtidas logo mais a frente.

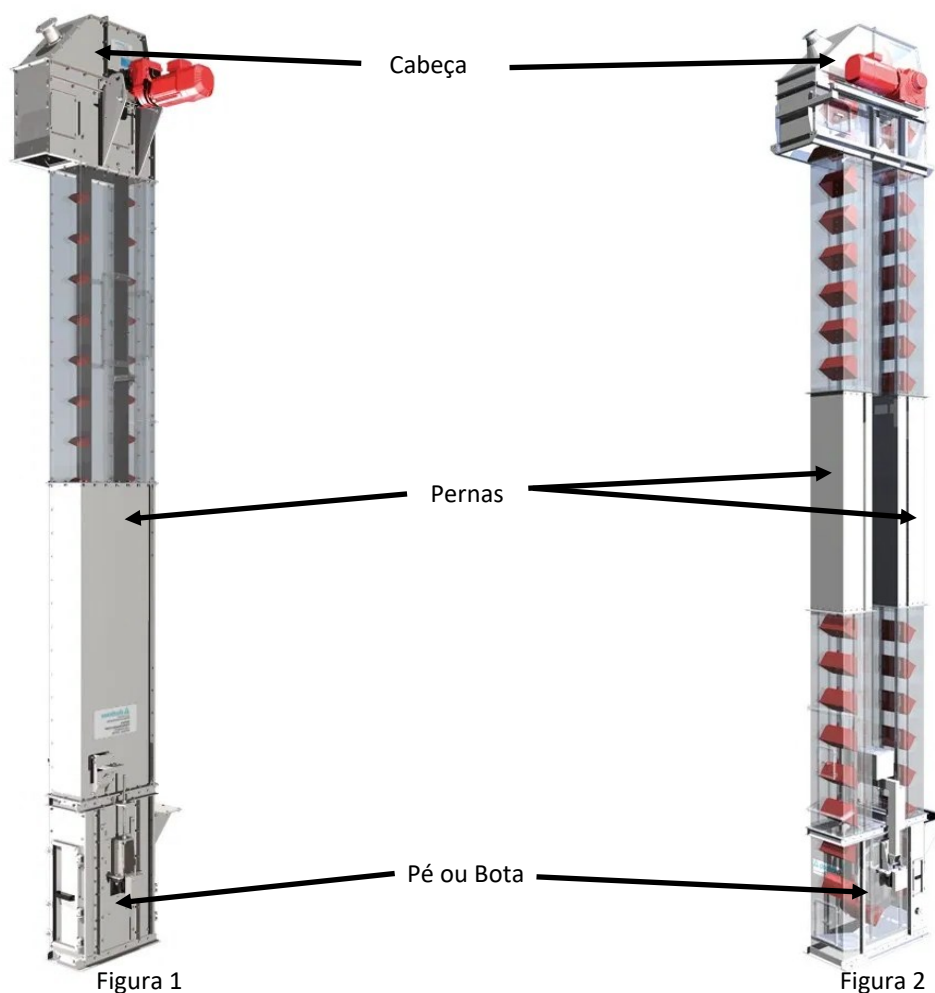
Este guia tem como objetivo aplicar as técnicas existentes e recomendadas na Europa e Estados Unidos para proteção de elevadores de caneca.

## ELEVADORES DE CANECA

### 5. DEFINIÇÕES

As seguintes definições são de relevância específica para este guia, além das definições do Procedimento de Nomenclatura.

É fornecido um esboço mostrando as principais partes relevantes de um elevador de canecas tradicional.



### IDENTIFICAÇÃO

Dois tipos de elevadores de caçamba são normalmente usados na indústria:

- Elevadores de duas pernas com gabinetes separados para canecas ascendentes e descendente (figura 2)
- Elevadores de uma perna, onde as caçambas ascendentes e descendentes se movem dentro do mesmo compartimento (figura 1)

## DADOS DE PROJETO

# ELEVADORES DE CANECA

## 6. PROCEDIMENTOS

Existem duas metodologias de design que são descritas abaixo.

O primeiro procedimento segue as recomendações da norma NFPA 61. Este padrão é especificamente para o manuseio da agricultura! poeira e descreve a prática comum usada por muitos anos e não requer um Kst ou uma força específica do equipamento. O procedimento NFPA 61 também deve ser utilizado quando a resistência à pressão de explosão do Kst e/ou do equipamento for desconhecida.

O segundo procedimento é baseado em extensos testes em larga escala realizados na Europa. Este procedimento abrange o manuseio de vários riscos de poeira. Chamamos de método Buxton.

O método Buxton pode ser usado quando a conformidade com a NFPA e quando o Kst e a força de resistência à pressão de explosão do equipamento são conhecidos.

### 6.1. DE ACORDO COM A NORMA NFPA 61-2020

Escolhendo esse método de proteção, é importante ressaltar que não serão levadas em conta as características do produto (Kst) e da resistência do equipamento (Pred). A norma NFPA 61 parte de princípios práticos e muitas vezes utiliza área superior a necessidade real do equipamento.

Ao lado temos as diretrizes dos cálculos das áreas de alívio para os painéis.

Cada área é calculada com base na área transversal da perna do elevador (At).

Sendo assim, cada área de alívio deve ter 2/3 da At. E devem ser colocadas em ambos lados da perna.

Caso a opção sejam aberturas em apenas um lado das pernas, então essa abertura terá 4/3 de At.

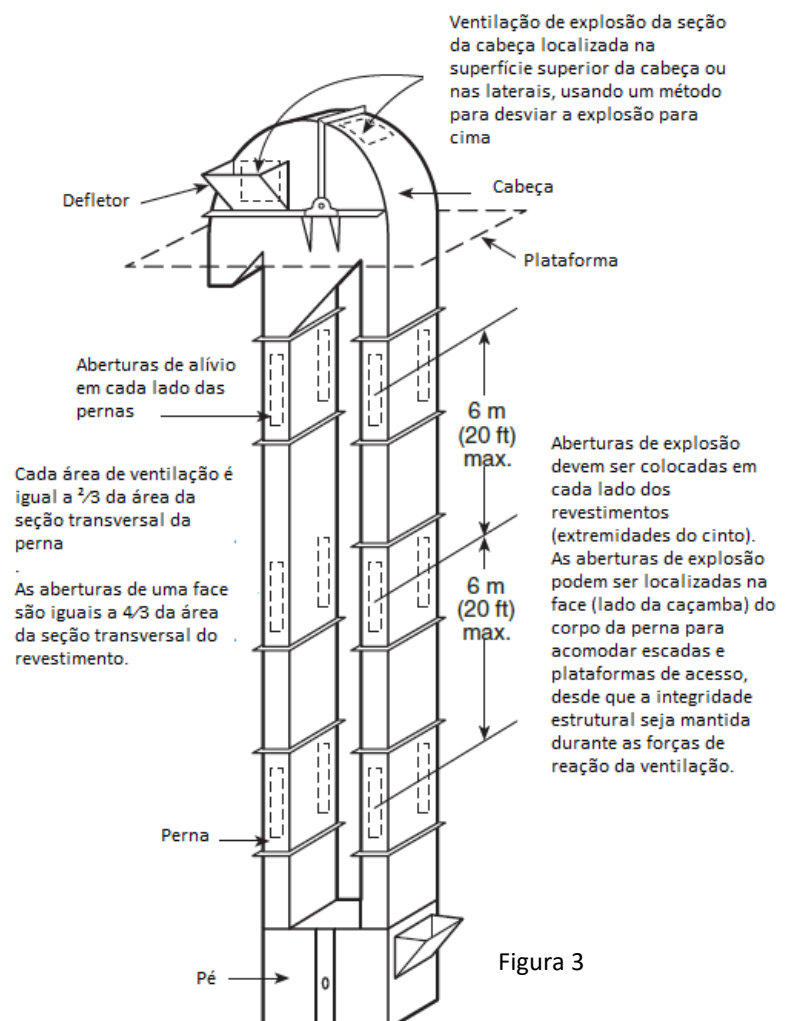


Figura 3

## DADOS DE PROJETO

# ELEVADORES DE CANECA

Como exemplo:

Se a perna do elevador mede 530mm x 750mm (0,53m x 0,75m), a área transversal será 0,3975m<sup>2</sup>.

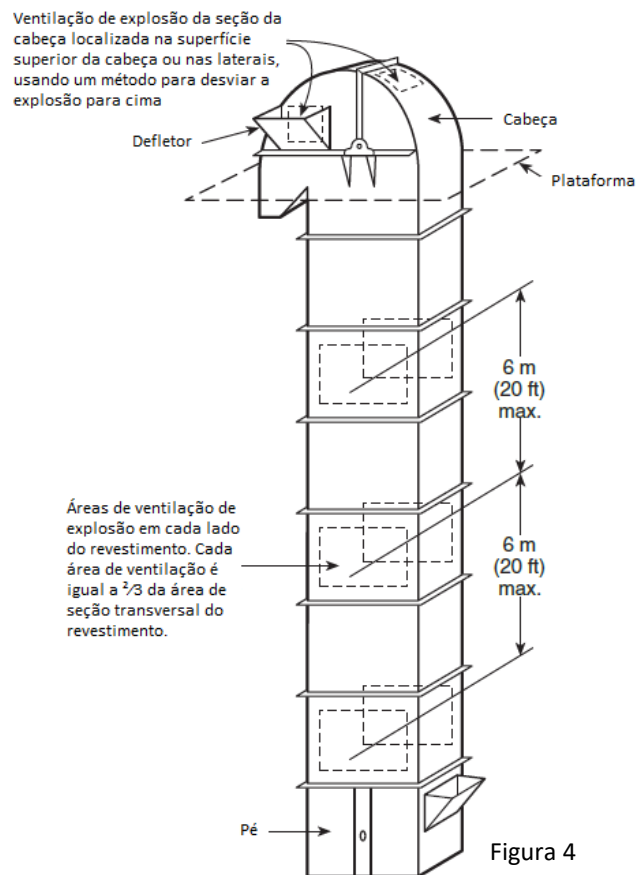
$$A_t = 0,3975\text{m}^2$$

Então, na opção de 2 aberturas, cada abertura será de  $\frac{2}{3} \times 0,3975$ , ou 0,265m<sup>2</sup>.

No caso de uma única abertura, a área será de  $\frac{4}{3} \times 0,3975$ , ou 0,53m<sup>2</sup>

No caso de elevador com uma perna só, seguimos a premissa dos cálculos anteriores. Cada área é calculada com base na área transversal da perna do elevador ( $A_t$ ).

Sendo assim, cada área de alívio deve ter  $\frac{2}{3}$  da  $A_t$ . E devem ser colocadas em ambos lados da perna.



## DADOS DE PROJETO

## ELEVADORES DE CANECA

Ainda a norma NFPA 61 define os seguintes tópicos:

As pernas que manuseiam grãos a granel devem ser instaladas como perna externa ou interna, em conformidade com um dos seguintes casos:

- (1) As pernas estão localizadas a 3 m de uma parede externa e são ventiladas conforme descrito nos cálculos anteriores para o exterior do edifício e projetadas para que as pressões da explosão não rompam o duto ou a perna.
- (2) As pernas são ventiladas de acordo com a NFPA 68;
- (3) As pernas são protegidas de acordo com a NFPA 69.
- (4) Todas as pernas externas recém-instaladas devem ser providas de painéis de alívio de explosão localizados a intervalos não superiores a 6 m (20 pés) ao longo das carcaças, conforme mostrado na Figura 3 e Figura 4;
- (5) Para minimizar a exposição do pessoal, a ventilação de explosão para as pernas externas deve começar entre 2,5 m a 3,5 m acima do nível do solo;
- (6) Para elevadores que ultrapassam o teto ou telhado de um prédio, a ventilação de explosão deve estar entre 0,3 m a 1 m acima do telhado.
- (7) Uma única ventilação de face deve ser permitida para substituir um par de aberturas laterais opostas nas porções de uma perna de caixa dupla, quando existir uma das seguintes situações:
  - (1) A ventilação lateral pode expor o pessoal em escadas ou plataformas de acesso.
  - (2) Existem interferências estruturais que interferem na operação da ventilação.

A cabeça dos elevadores de canecas deve ser dotada de aberturas para alívio de explosão na superfície superior ou nas laterais, usando um método para desviar a explosão para cima.

A área de ventilação deve ter no mínimo **0,14 m<sup>2</sup> de área de ventilação para cada 2,9 m<sup>3</sup> de volume da seção da cabeça**. A maior área de ventilação possível, deve ser usada na seção da cabeça para ajudar a minimizar o desenvolvimento de pressão explosiva. Os respiradouros devem ser acionados quando ocorrer uma pressão interna de 3,5 kPa a 6,9 kPa (0,5 psi a 1,0 psi).

As pernas ou partes das pernas localizadas no interior de um prédio devem ter a área máxima de alívio de explosão praticável diretamente para o exterior ou um sistema de ventilação para retenção de chamas e retenção de partículas de acordo com a NFPA 68 ou supressão de explosão de acordo com a NFPA 69.

## DADOS DE PROJETO

# ELEVADORES DE CANECA

## 6.2. DE ACORDO COM A NORMA NFPA 68-2018

A norma NFPA 68 é mais detalhada quanto a aplicação de soluções de proteção contra explosão. Seguem abaixo alguns itens importantes:

- (1) As áreas de ventilação não devem ser inferiores à área seccional de cada perna e, no mínimo, devem ser montados tanto na cabeça e o mais próximo possível do pé;
- (2) Quando um painel de alívio não estiver instalado diretamente no pé, uma área de alívio deve ser instalada em cada perna a uma distância do pé menor ou igual ao menor de 6 m ou ao adicional distância do espaçamento entre as aberturas conforme Tabela abaixo:

Classificação do Elevador	Kst	Espaçamento (m)		
		Pred = 0,2 barg	Pred=0,5 barg	Pred = 1 barg
2 pernas	< 100	6	Não Requerido	Não Requerido
	101 a 150	3	10	19
	151 a 175	<b>NEP</b>	4	8
	176 a 200	<b>NEP</b>	3	4
	> 200	<b>NEP</b>	<b>NEP</b>	3
1 perna	< 100	<b>NEP</b>	Não Requerido	Não requerido
	101 a 150	<b>NEP</b>	7	14
	151 a 175	<b>NEP</b>	4	5
	176 a 200	<b>NEP</b>	3	4
	> 200	<b>NEP</b>	<b>NEP</b>	3

Para Pred = 0,3 barg, a distância apropriada é de 6m

**Tabela 1**

**NEP** = Não é permitido



## DADOS DE PROJETO

# ELEVADORES DE CANECA

## 6.2. DE ACORDO COM A NORMA NFPA 68-2018—Continua...

- (3) O proprietário / operador poderá escolher um resistência do projeto com base em um Pred de 0,2, 0,5 ou 1,0 bar-g;
- (4) O invólucro, a cabeça e a bota devem ser projetados para o mesmo Pred;
- (5) A aberturas de alívio adicionais devem ser instaladas em cada perna a uma distância de centro a centro ao longo do eixo do elevador, com base na classificação do elevador de caçambas, no KSt do material que está sendo manuseado e na resistência do projeto com base em Pred, conforme indicado na Tabela 1;
- (6) Quando canecas de plástico são usadas, o projeto Pred correspondente correspondente de 0,2, 0,5 ou 1,0 bar-g deve ser aumentado pelos fatores dados na Tabela 2:
- (7) Em cada local de alívio, a área total da ventilação não deve ser menor que a área da seção transversal de cada perna.;
- (8) Para valores de KSt inferiores a 100 bar-m / s, onde um Pred de 0,2 bar-g é selecionado, os painéis de alívio devem ser colocados a um intervalo não superior a 6 m na (s) perna (s);

**Aumento da área de alívio devido a canecas de plástico**

Kst	Aumento da área de alívio (%)
<100	20
101 a 150	35
151 a 200	50

**Tabela 2**

## ELEVADORES DE CANECA

### 6.2. DE ACORDO COM A NORMA VDI 2263 PARTE 8.1.

A norma alemã VDI foi revisada em 2011 para atender as necessidades de proteção de elevadores de caneca. Essa revisão foi originada a partir de teste práticos. Os estudos concentraram-se em elevadores de 2 pernas, visto que estes são mais aplicados em toda Europa. Os parâmetros utilizados foram:

- Localização da fonte de ignição dentro do elevador
- Seção transversal do eixo retangular
- Alívio da explosão livre sem duto
- Pstat do sistema de ventilação  $\leq 0,1$  bar
- Todas as áreas de Alívio  $\geq$  área da seção transversal do eixo
- Poeiras orgânicas
- Espaço livre em relação à seção transversal do eixo  $<60\%$
- Material da caneca: metal
- Área de alívio na cabeça do elevador  $\geq$  área de seção transversal do eixo
- P<sub>máx</sub> de poeiras  $\leq 10$  bar
- KSt de poeiras  $\leq 200$  bar·m/s
- Distância das canecas  $\leq 280$  mm com KSt  $\leq 150$  bar·m/s
- Distância das canecas  $\leq 140$  mm com KSt  $\leq 200$  bar·m/s
- Eficiência da ventilação dos dispositivos de ventilação EF = 1

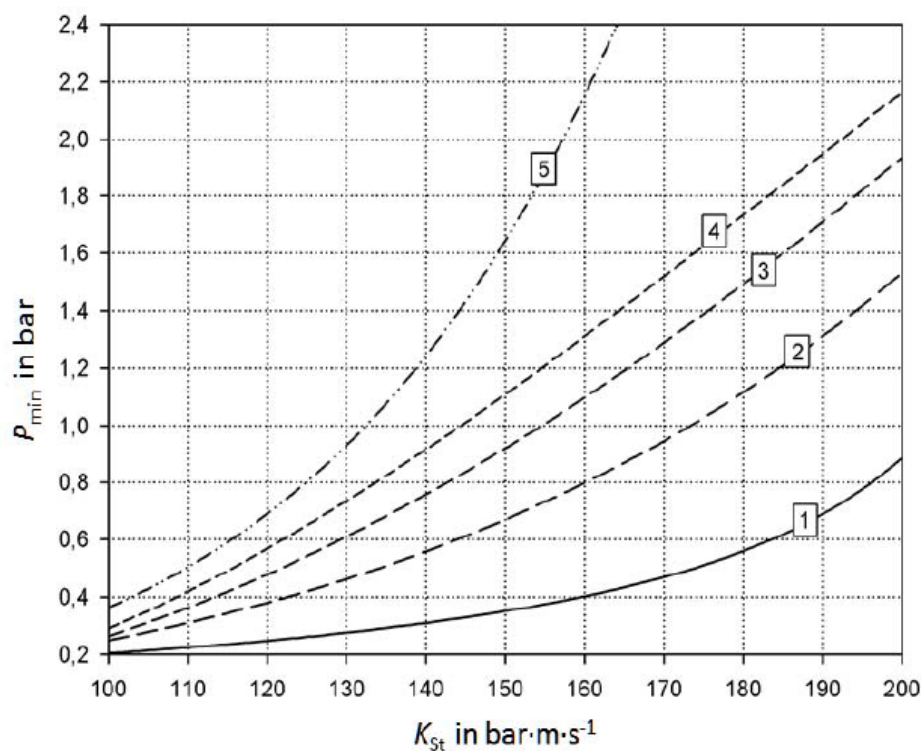
## DADOS DE PROJETO

# ELEVADORES DE CANECA

## 6.2. DE ACORDO COM A NORMA VDI 2263 PARTE 8.1.—Continua...

A partir daí, criou-se o seguinte gráfico:

Resistência mínima à explosão necessária  $P_{min}$  do elevador, dependendo do valor  $K_{St}$ .



- Onde:
- Curva 1— Cabeça, pé e pernas (distantes 3m)
  - Curva 2— Cabeça, pé e pernas (distantes 6m)
  - Curva 3—Cabeça e pernas (distantes 6m)
  - Curva 4—Cabeça e pernas (distantes 6m)
  - Curva 5—Cabeça e pernas (distantes 12m) ou só cabeça para uma perna de comprimento máximo de 12m

Essas curva foram criadas a partir da equação:

$$P_{min} = \exp(a \times K_{St}^c + b) \text{ (em bar)}$$

Sendo que os parâmetros podem ser obtidos na VDI-Guideline 2263 Part 8.1. As Figuras 5 e 6 mostram 2 exemplos de cálculo usando a equação

## ELEVADORES DE CANECA

### 6.2. DE ACORDO COM A NORMA VDI 2263 PARTE 8.1.—Continua...

Exemplos de proteção contra explosão necessária para elevadores de caneca de perna dupla para duas configurações—  $KSt \leq 150 \text{ bar}\cdot\text{m/s}$

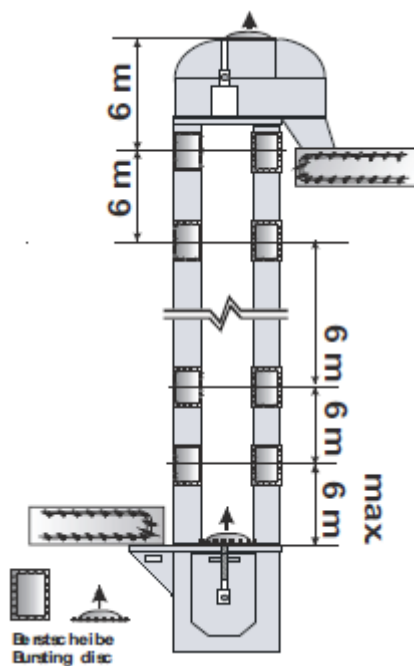


Figura 5

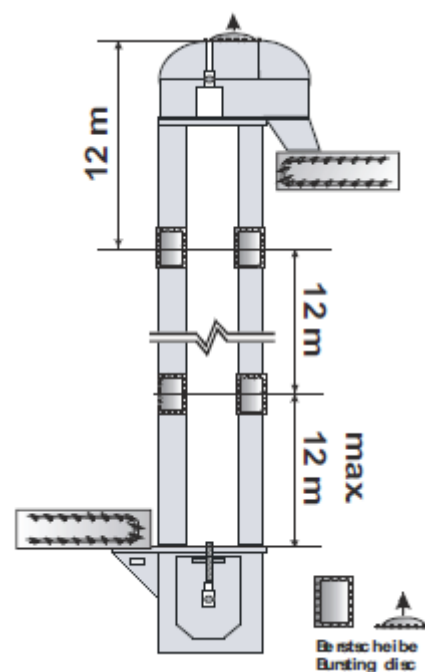


Figura 6

Exemplos de proteção contra explosão necessária para elevadores de caneca de perna dupla para duas configurações—  $KSt \leq 150 \text{ bar}\cdot\text{m/s}$

No caso da figura 5, o  $P_{min} = 0,7 \text{ bar}$  da curva 3

No caso da figura 6, o  $P_{min} = 1,6 \text{ bar}$  da curva 5

Para esses testes foram utilizadas canecas de metal que tem melhor dissipação de calor. No caso de utiliza canecas plásticas, deve-se corrigir a essa pressão de resistência conforme a Tabela 2.

## ELEVADORES DE CANECA

### 7. ISOLAMENTO

O Isolamento do elevador é muito importante para evitar que uma explosão se propague para outros equipamentos. A melhor solução para isolamento de um elevador é o isolamento químico.

Nada mais que um cilindro pressurizado com bicarbonato de sódio que é descarregado após a detecção do aumento de pressão dentro do elevador.

O isolamento químico deve ser instalado na entrada e na saída do material transportado. Veja a figura 7 abaixo:

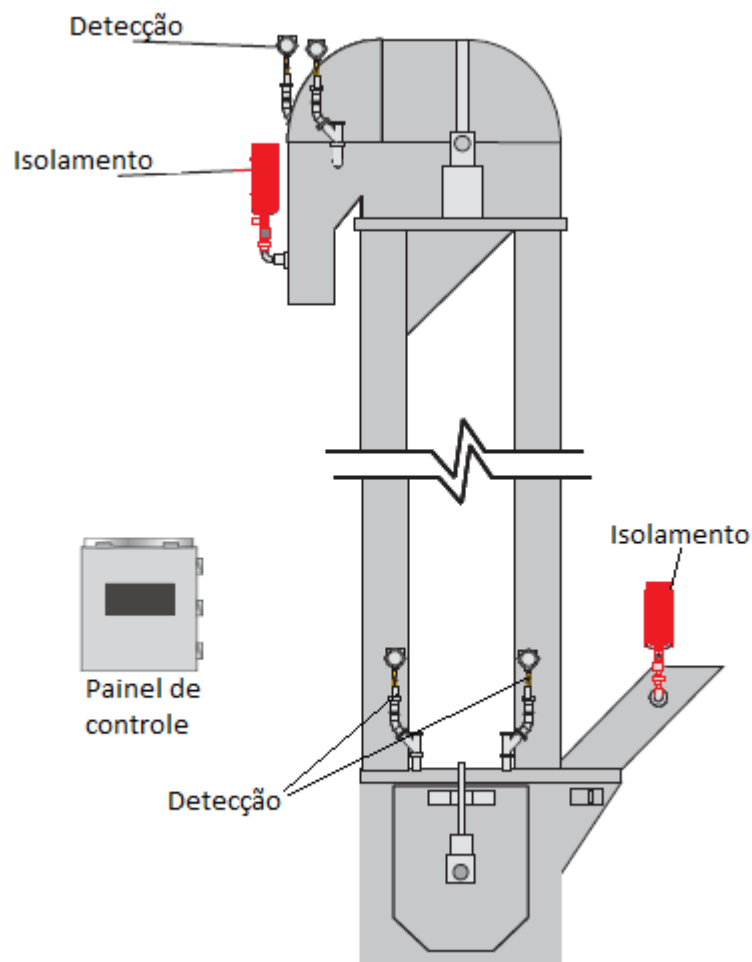


Figura 7

Detectores são instalados na cabeça e no pé do elevador e eles enviam constantemente a variação de pressão dentro do elevador. Caso ocorra uma explosão, a pressão aumentará abruptamente e esse sinal é enviado ao painel de controle, que por sua vez envia um sinal de liberação dos supressores pressurizados. Tudo isso ocorre em menos de 10 milissegundos.

## DADOS DE PROJETO

## ELEVADORES DE CANECA

### 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aberturas de alívio de explosão devem ter área igual à seção transversal da perna do elevador e o menor requisito é que os painéis sejam montados na cabeça e o mais próximo possível do pé do elevador. Isso geralmente significa que dentro do espaçamento de 6 m do pé ou dentro do espaçamento de alívio recomendado, o que for menor deve ser aplicado.

A pressão de ruptura estática do painel de alívio não deve exceder 0,1 bar.

O espaçamento das áreas de alívio adicionais depende do KSt valor do pó.

Observe sempre o seguinte:

- (a) Embora explosões sejam possíveis com pós de KSt baixo (<100), geralmente as pressões desenvolvidas por pós com valores de KSt abaixo de 100 barm/s não são significativas e não são necessários painéis de alívio.
- (b) Poeiras com um valor KSt de 150 barm/s são capazes de desenvolver pressões significativas, embora a probabilidade de propagação da explosão através do elevador seja baixa. Aberturas adicionais na cabeça e no pé podem ser necessárias em elevadores longos se a estrutura da caixa for comparativamente fraca.
- (c) Poeiras com valores de KSt acima de 150 barm/s, a propagação de explosões e áreas de alívio adicionais na cabeça e no pé são necessários em elevadores com altura superior a 6 m. A força do elevador deve ser projetada adequadamente.
- (d) Não há dados disponíveis para poeiras com valores KSt superiores a 210 barm/s.

As orientações fornecidas nesta folha de dados diferem das fornecidas na NFPA-91 em alguns aspectos importantes. Nesta orientação, considera-se que a área de uma abertura é igual na área da seção transversal à perna em que está instalada; na NFPA-91, presume-se que uma abertura tenha uma área igual a 4/3 da área da seção transversal da perna. A NFPA-91 sugere que a área de alívio em uma determinada posição seja dividida em dois respiradouros iguais instalados em lados opostos da perna; os testes atuais, no entanto, não mostraram que as forças de reação eram importantes. A NFPA-91 sugere que quando a velocidade da correia estiver abaixo de 2,5 m/s e a capacidade for menor que 106 m<sup>3</sup>/h, não é necessária alívio de explosão; os presentes resultados mostram, no entanto, que a velocidade da correia não tem efeito perceptível na pressão reduzida de explosão.

É essencial que o elevador pare rapidamente em caso de explosão e isso pode ser conseguido por sensores nos painéis de alívio, mas, devido à incerteza sobre quais painéis podem abrir, é provável que um disparo em um único painel não seja confiável. É recomendado que sensores sejam instalados em mais de um painel.

Os painéis de alívio não devem abrir em áreas regularmente ocupadas e, sempre que possível, devem ser conduzidos para o exterior ou equipados com um abafador.

DADOS DE PROJETO

## ELEVADORES DE CANECA

### 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NFPA 68—Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting

NFPA-91: Fires and dust explosions in agricultural and food products facilities. Quincy, MD: National Fire Protection Association

Explosion venting of bucket elevators—P. Holbrow , G.A. Lunn, A. Tyldesley

EN 14491 : Dust explosion venting protective systems