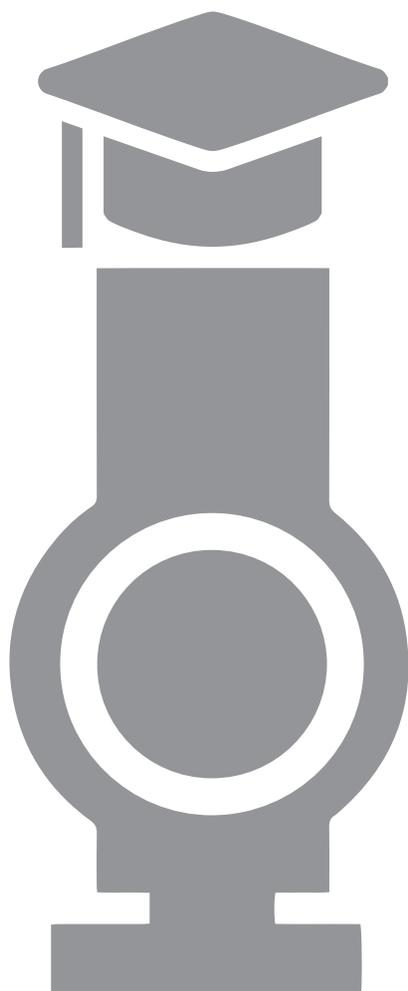


LESER Docens

Conhecimento Técnico em Válvulas de Segurança



LESER

The-Safety-Valve.com



Copyright© 2025 por LESER Válvulas de Segurança Ltda.
Todos os direitos reservados, incluindo o direito de reproduzir
esse livro ou partes dele de qualquer forma.
Para mais informações, dirija-se a LESER Válvulas de Segurança Ltda.,
no endereço: Rua Ipadu, 521 | Rio de Janeiro/RJ | CEP: 22713-460 | Brasil,
ou pelos contatos: (21) 3195-5350 | vendas@leser.com.br | site www.leser.com.

Impresso no Brasil.

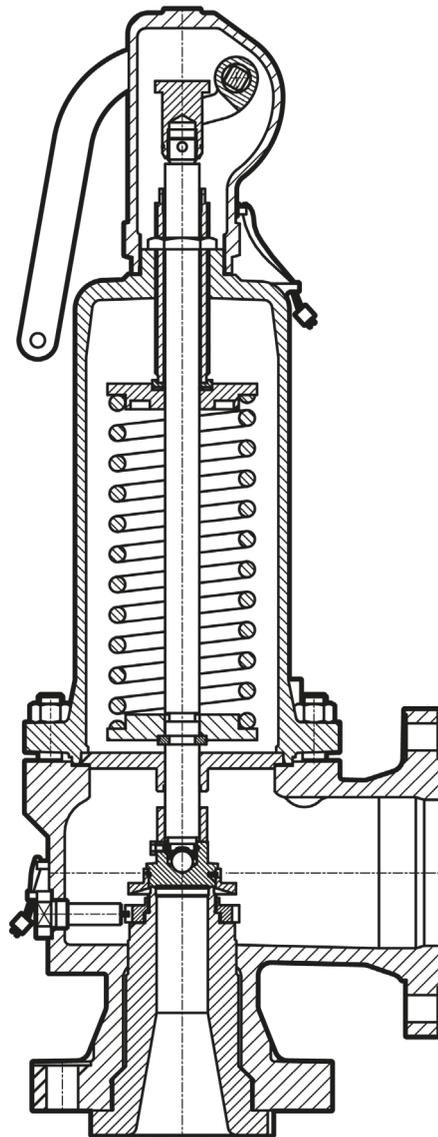
Edição e Revisão

Paulo Poffo - Diretor de Vendas e Marketing (LESER)

Erik Rocha - Gerente de Contas (LESER)

Diagramação e Arte

Gabriel Guedes - Analista de Marketing e Comunicação (LESER)



Modelo API

LESER Válvulas de Segurança Ltda. | Rio de Janeiro, Brasil
2ª edição | Abril, 2025.
Publicado por LESER Válvulas de Segurança Ltda.

Introdução

O LESER Docens

As válvulas de segurança desempenham um papel essencial na prevenção de acidentes e na proteção de pessoas, do meio ambiente e de equipamentos e processos industriais. No entanto, para que desempenhem sua função de forma eficaz, é imprescindível um profundo entendimento técnico sobre sua seleção, aplicação, instalação, manutenção e conformidade com normas e regulamentações internacionais.

Com o compromisso de promover a disseminação de conhecimento técnico e contribuir para a formação de profissionais altamente qualificados, a LESER apresenta este livro como parte do programa *LESER Docens*. Esta iniciativa tem como objetivo oferecer um conteúdo estruturado e aprofundado sobre válvulas de segurança, abrangendo desde conceitos fundamentais até temas avançados e desafios complexos encontrados na indústria. Este livro nasce da expertise consolidada da LESER, líder mundial no desenvolvimento e na fabricação de válvulas de segurança de alta qualidade. Com base em décadas de experiência, pesquisa e inovação, reunimos neste material um compêndio de informações técnicas essenciais, organizadas de forma didática para atender tanto profissionais experientes quanto aqueles que estão iniciando sua jornada no setor.

Cada capítulo deste livro foi cuidadosamente elaborado para proporcionar uma compreensão abrangente dos principais aspectos que envolvem as válvulas de segurança. Exploramos temas como princípios de funcionamento, dimensionamento, instalação correta, procedimentos de inspeção e manutenção, além de requisitos normativos e melhores práticas do mercado.

Ao embarcar nesta jornada de aprendizado com o *LESER Docens*, você estará investindo em seu desenvolvimento profissional e na segurança dos processos industriais em que atua. Nosso compromisso é fornecer o conhecimento necessário para você enfrentar desafios técnicos e tomar decisões assertivas no dia a dia.

Convidamos você a explorar cada página deste livro com dedicação e curiosidade. Que esta leitura seja enriquecedora e que o conhecimento aqui compartilhado contribua para a sua formação e crescimento no setor industrial.

Boa leitura!

Atenciosamente,
LESER Válvulas de Segurança Ltda.

A LESER

Especialista em Válvulas de Segurança

A LESER foi fundada em 1818, em Hamburgo, Alemanha, como uma usina de fundição de latão e, em 1970, a empresa passa a se tornar especialista em válvulas de segurança.

Atualmente, com mais de 1.500 colaboradores ao redor do mundo, diversas subsidiárias e parceiros comerciais em mais de 100 países, a LESER é o maior fabricante de válvulas de segurança da Europa e uma das empresas líderes do setor no mercado global.

Com o objetivo de proteger pessoas, o meio ambiente e a indústria contra sobrepressão, a LESER possui 9 linhas de produtos, 40 modelos, 1.500 acessórios, mais de 2.000.000 de configurações possíveis e uma produção de mais de 130.000 válvulas de segurança por ano em sua fábrica, em Hohenwestedt, Alemanha.

A LESER no Brasil

A LESER Válvulas de Segurança Ltda., ou LESER Brasil, foi fundada em 1998, no Rio de Janeiro, sendo a primeira subsidiária do Grupo LESER. A subsidiária atende o mercado brasileiro com estrutura própria capaz de oferecer suporte técnico a todo ciclo de vida do projeto, desde a engenharia ao ciclo de operação. A linha de montagem certificada com o selo ASME UV permite a execução de procedimentos especiais de pintura e uma variedade completa de testes não destrutíveis disponíveis.

Com o maior estoque de válvulas de segurança da América Latina, a LESER Brasil garante prazos de entrega curtos e confiáveis, além dos serviços de manutenção e reparo de válvulas de segurança com certificação VR (Valve Repair). Para os demais estados, uma rede de representantes comerciais está disponível para total suporte técnico e comercial.

Sumário

O Conteúdo

Capítulo 1: Pressão	10
1.1. Definições de Pressão	10
1.2. Cenários Comuns de Sobrepressão	12
1.3. Sobrepressão	18
1.4. Contrapressão	20
1.5. Diferencial de Alívio (Blowdown)	24
1.6. Tipos de Pressão	27
1.7. Definição de Pressão de Abertura (Set Pressure)	29
1.8. Pressão de Ajuste - CDTP (Cold Differential Test Pressure)	31
1.9. Influências: CDTP x Set Pressure	32
1.10. Influência de Perda de Carga na Entrada	35
Capítulo 2: Tipos de Dispositivos de Segurança	39
2.1. Tipos de Dispositivos e Princípios de Funcionamento	39
Capítulo 3: Válvulas de Segurança	44
3.1. Definições e Princípios de Funcionamento	44
3.2. Influências no Funcionamento	46
3.3. Condições de Operação	49
3.4. Construção	55
3.5. Fole de Balanceamento	63
3.6. Opcionais	65
Capítulo 4: Válvulas de Segurança Piloto-Operadas	70
4.1. Definições e Princípios de Funcionamento	70
4.2. Condições de Operação	73
4.3. Construção	78
4.4. Opcionais	80
4.5. Modelos Pop e Modulate Action	86
Capítulo 5: Válvulas de Troca (Change-Over)	90
5.1. Definições e Princípios de Funcionamento	90

Capítulo 6: Sistemas Pneumático Auxiliar (SLS)	97
6.1. Definições e Princípios de Funcionamento	97
6.2. Vantagens do SLS	101
Capítulo 7: Normas	104
7.1. Tipos e Definições de Normas	104
7.2. ASME	106
7.3. API	111
7.4. PED 2014/68/EU (DIN 4126)	114
7.5. NR-13	117
Capítulo 8: Dimensionamento	121
8.1. Definições de Dimensionamento	121
8.2. Dados Importantes e Necessários	122
8.3. Dimensionamento Conforme API	125
8.4. Dimensionamento Conforme ASME	128
8.5. Dimensionamento Conforme AD 2000 / ISO 4126	130
Capítulo 9: Instalação	136
9.1. Definições e Boas Práticas	136
9.2. Instalações Não-Convencionais	140
Capítulo 10: Manutenção	144
10.1. Estanqueidade	144
10.2. Teste de Abertura	145
10.3. Teste de Contrapressão	147
10.4. Teste Funcional da Alavanca	148
10.5. Mudança de Pressão (Range da Mola)	149
10.6. Cotas Críticas	151
10.7. Cuidados de Montagem e Desmontagem	153
10.8. Centro de Manutenção e Reparo da LESER	158
Capítulo 11: Extras	160
11.1. Conversão de Medidas e Materiais Disponíveis	160
11.2. Selecionando a Linha Correta de Válvulas de Segurança	166
11.3. Portfólio de Produtos da LESER	167
11.4. Atendimento Local	176
11.5. Unidades da LESER Pelo Mundo	177
Referências	179

Capítulo 1

Pressão

1.1. Definições de Pressão

A definição de pressão pode ser expressa de forma simples, sendo a medida da força exercida por algo em um corpo ou objeto. O conceito de pressão está presente em diversas situações do nosso cotidiano, como:

- Pressão sanguínea humana

A pressão sanguínea é a força exercida pelo sangue contra as paredes das artérias enquanto o coração bombeia e recebe o fluxo sanguíneo. Um nível saudável de pressão arterial é 120/80 mmHg, mas valores persistentemente acima de 130/90 mmHg indicam hipertensão, um fator de risco para doenças cardiovasculares. Por outro lado, valores muito baixos, abaixo de 90/60 mmHg, caracterizam hipotensão, podendo causar tontura e desmaios. O controle da pressão é essencial para a saúde do coração e pode ser influenciado por fatores como alimentação, estresse, exercícios físicos e predisposição genética.

- Pressão dos pneus em carros

A pressão dos pneus nos carros é essencial para a segurança e o desempenho do veículo. A maioria dos carros recomenda uma pressão entre 30 e 35 psi (libras por polegada quadrada), dependendo do modelo e da carga transportada. Pneus com pressão inadequada podem comprometer a aderência, aumentar o consumo de combustível e acelerar o desgaste irregular da borracha.

- Pressão da água na profundidade de 10.000m (Fossa das Marianas)

A Fossa das Marianas, o ponto mais profundo conhecido no oceano, é capaz de atingir aproximadamente 1.100 bar (ou 16.000 psi), que é mais de 1.000 vezes a pressão atmosférica ao nível do mar. Essa pressão extrema desafia equipamentos submersíveis, exigindo estruturas reforçadas para suportar a imensa força exercida pela água. Poucas formas de vida conseguem sobreviver nessas condições, adaptando-se à ausência de luz e à enorme pressão.

- Pressão da superfície da Terra

A pressão atmosférica ao nível do mar é de 1 bar (ou 101,3 kPa / 14,7 psi) e resulta do peso do ar sobre nós. Essa pressão diminui com a altitude, tornando-se menor em locais elevados, como montanhas, onde o ar é mais rarefeito. Ela influencia

fenômenos climáticos, como ventos e tempestades, além de afetar a respiração e a ebulição da água, que ocorre a temperaturas mais baixas em altitudes elevadas.

- Pressão dentro do Sol

No núcleo do Sol, onde ocorrem reações de fusão nuclear, a pressão atinge níveis extremos de cerca de 250 bilhões de atmosferas (ou $2,5 \times 10^{16}$ Pa). Essa pressão colossal é necessária para manter a fusão do hidrogênio em hélio, liberando a imensa quantidade de energia que alimenta nossa estrela. A enorme força gravitacional do Sol mantém essa pressão, permitindo que ele continue brilhando por bilhões de anos.

- Pressão em uma planta industrial

A pressão em uma planta industrial varia conforme os processos e equipamentos utilizados. Em sistemas de vapor, caldeiras podem operar com pressões entre 5 e 100 bar (ou 500 a 10.000 kPa), dependendo da aplicação. Já sistemas hidráulicos e pneumáticos podem trabalhar com pressões que variam de 6 bar (pneumáticos) a mais de 300 bar (hidráulicos). O controle preciso da pressão é essencial para a segurança, eficiência e conformidade com normas técnicas e regulamentações industriais.

Em termos técnicos, a pressão (P) é uma grandeza física escalar definida como a força (F) exercida perpendicularmente sobre uma superfície por unidade de área (A). Matematicamente, é expressa pela equação fundamental:

$$P = F / A$$

Onde:

- P = Pressão (Pascal, Pa);
- F = Força aplicada perpendicularmente à superfície (Newton, N);
- A = Área sobre a qual a força é distribuída (metros quadrados, m²).

A unidade padrão de pressão no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Pascal (Pa), onde 1 Pa = 1 N/m². No entanto, outras unidades são frequentemente utilizadas em diferentes contextos industriais e científicos, tais como:

- Bar: 1 bar = 10⁵ Pa;
- Atmosfera (atm): 1 atm ≈ 101.325 Pa;
- Milímetros de mercúrio (mmHg): 1 mmHg ≈ 133.3 Pa;
- Libras por polegada quadrada (psi): 1 psi ≈ 6.895 kPa.

A pressão pode ser classificada em diferentes categorias, dependendo do contexto de aplicação:

- Pressão absoluta (Pa): Medida em relação ao vácuo absoluto (zero de referência).

- Pressão manométrica (Pm): Medida em relação à pressão atmosférica local. É frequentemente usada em aplicações industriais.
- Pressão diferencial (ΔP): Diferença de pressão entre dois pontos de um sistema, essencial para controle de fluxo e dimensionamento de equipamentos.

Na engenharia e na indústria, a correta medição e controle da pressão são fundamentais para garantir a segurança, a eficiência dos processos e a conformidade com normas técnicas.

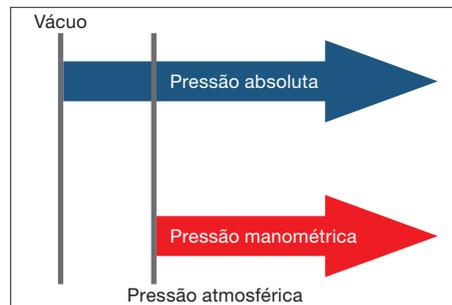


Figura 1.1

1.2. Cenários Comuns de Sobrepressão

Nos sistemas industriais, a elevação da pressão além dos limites operacionais projetados pode resultar em falhas catastróficas, comprometendo a integridade dos equipamentos, interrompendo a produção e representando riscos significativos ao meio ambiente e à segurança dos operadores. Para mitigar esses riscos, é essencial compreender os principais cenários que podem levar ao aumento indesejado de pressão e aplicar dispositivos adequados de proteção, como válvulas de segurança.

A norma API 527 Ed. 7:2020, no item 4.4, apresenta uma relação detalhada dos diversos cenários potenciais de sobrepressão. A correta identificação dessas condições é fundamental para o dimensionamento adequado dos dispositivos de alívio, garantindo a confiabilidade e segurança dos sistemas industriais.

Os cenários mais comuns de sobrepressão são:

- Expansão Térmica (Alívio Térmico);
- Fogo Externo (Caso Fogo);

- Enchimento Excessivo;
- Reação Química;
- Descarga Bloqueada.

Quando qualquer um dos cenários de aumento de pressão ocorre, a válvula de segurança assume um papel crítico na proteção do sistema industrial, na preservação do meio ambiente e, principalmente, na garantia da segurança das pessoas presentes na instalação. A atuação da válvula de segurança deve seguir os seguintes princípios operacionais:

1. Alívio da pressão excedente – A válvula de segurança e alívio deve abrir automaticamente quando a pressão do sistema atingir o limite de alívio predefinido, permitindo a descarga controlada do fluido para uma área segura.
2. Prevenção de falhas estruturais – A atuação da válvula impede que a pressão ultrapasse a pressão acumulada máxima permitida (PAMP), garantindo a integridade dos equipamentos e tubulações do sistema.
3. Restauração das condições normais de operação – Após a estabilização da pressão do sistema dentro dos parâmetros aceitáveis, a válvula deve se fechar automaticamente, evitando perdas desnecessárias de fluido e restabelecendo as condições normais do processo.

1.2.1. Expansão Térmica (Alívio Térmico)

Quando qualquer um dos cenários de aumento de pressão ocorre, a válvula de segurança assume um papel crítico na proteção do sistema industrial, na preservação do meio ambiente e, principalmente, na garantia da segurança das pessoas presentes na instalação. A atuação da válvula de segurança deve seguir os seguintes princípios operacionais:

A expansão térmica ocorre quando um fluido sofre um aumento de temperatura, resultando em sua dilatação. Em sistemas contendo meios incompressíveis, como líquidos, essa expansão pode gerar uma elevação significativa da pressão, especialmente em segmentos fechados de tubulações. Esse fenômeno é frequentemente observado em longas seções de oleodutos, linhas de abastecimento industrial ou redes de transporte de fluido em plantas químicas e refinarias.

Para mitigar esse risco, a instalação de válvulas de segurança é essencial. Em muitos casos, a liberação controlada de um pequeno volume de fluido por meio da válvula é suficiente para evitar que a pressão alcance níveis críticos, prevenindo assim falhas estruturais, como a ruptura de tubulações, conexões flangeadas e outros componentes do sistema.

Além disso, em diversas áreas da planta industrial, válvulas de segurança originalmente dimensionadas para outros cenários de sobrepressão podem ser aproveitadas para fornecer proteção contra a expansão térmica. No entanto, essa prática deve ser analisada com rigor, levando em consideração fatores como ajuste da pressão de alívio, compatibilidade do fluido e impacto operacional para garantir que a válvula cumpra sua função de maneira eficaz e segura.

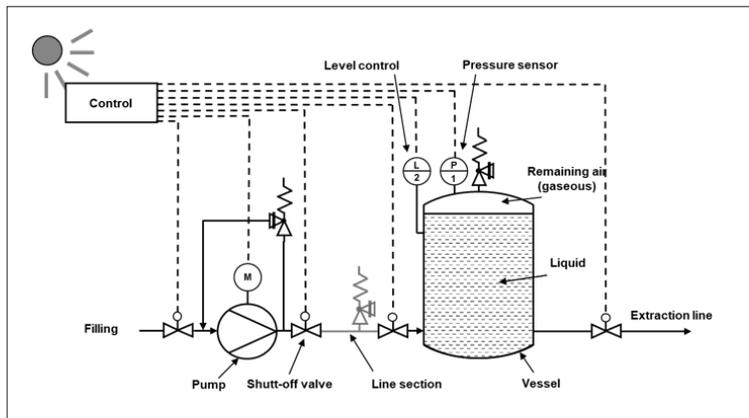


Figura 1.2

1.2.2. Fogo Externo (Caso Fogo)

Quando um incêndio ocorre em uma instalação industrial, o calor gerado pode afetar diretamente os tanques de armazenamento, tubulações e outros equipamentos pressurizados, resultando em um aumento significativo da temperatura dos fluidos contidos no sistema. Esse aquecimento introduz energia adicional ao meio confinado, promovendo a elevação da pressão interna.

Diferentemente da expansão térmica, onde a elevação da pressão é causada pelo aquecimento de um fluido incompressível em um volume fechado, o cenário de fogo externo apresenta características distintas. Durante um incêndio, a transferência de calor ocorre de forma intensa e contínua, podendo levar à vaporização de líquidos e ao aumento da pressão em um ritmo acelerado.

Devido a essas particularidades, o dimensionamento das válvulas de segurança para proteção contra incêndio é realizado com base em um fluxo de massa específico, adequado para o alívio eficaz da sobrepressão gerada pelo fogo.

Muitas vezes, um tanque é protegido apenas com uma válvula de segurança projetada para o pior cenário e, dessa forma, a mesma é dimensionada para todos os casos de proteção considerados.

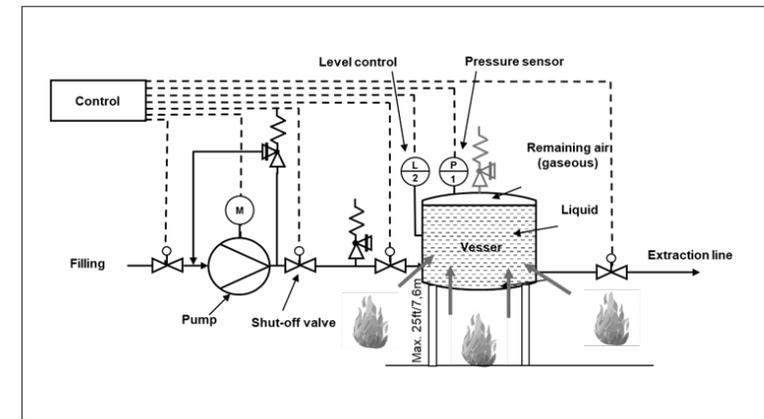


Figura 1.3

1.2.3. Enchimento Excessivo

O enchimento excessivo é um cenário de sobrepressão que ocorre quando um determinado fluido continua sendo introduzido em um vaso de pressão, tanque de armazenamento ou sistema fechado, mesmo após atingir seu nível máximo operacional. Esse fenômeno pode ocorrer devido a falhas no sistema de monitoramento de nível, erros operacionais ou defeitos nos dispositivos de controle de pressão e vazão.

Um exemplo típico dessa condição ocorre quando uma bomba de alimentação continua operando enquanto a válvula de descarga permanece fechada, resultando no acúmulo contínuo de fluido no reservatório. Sem um mecanismo de alívio adequado, a pressão no interior do vaso pode se elevar além dos limites projetados, comprometendo a integridade do sistema e podendo levar à ruptura mecânica dos componentes.

O dimensionamento da válvula deve considerar a taxa máxima de fluxo da bomba de alimentação, garantindo que, no mínimo, o volume de fluido sendo introduzido no sistema possa ser adequadamente descarregado.

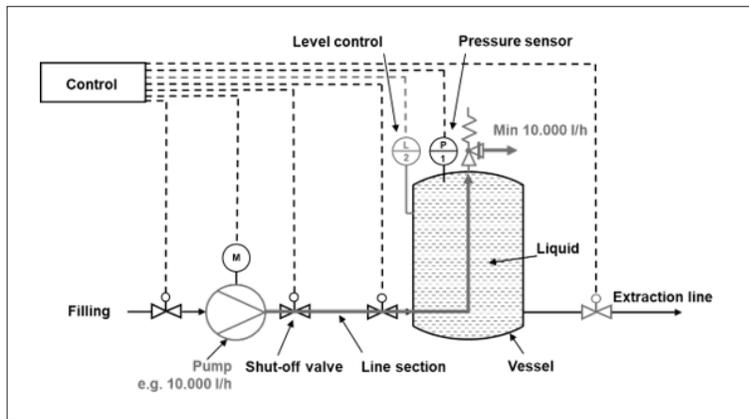


Figura 1.4

1.2.4. Reação Química

A reação química causa sobrepressão quando um processo reativo se desenvolve de maneira imprevista ou descontrolada. Esse fenômeno pode ser desencadeado por falhas no sistema de resfriamento, alterações nas condições operacionais ou pela mistura acidental de substâncias químicas incompatíveis.

Durante uma reação química, a conversão de reagentes pode resultar na geração rápida e significativa de gases a partir de um volume reduzido de líquido. Esse aumento repentino de pressão pode ocorrer em um tempo extremamente curto, exigindo um mecanismo de alívio eficiente para evitar falhas estruturais no sistema.

Para mitigar riscos, a proteção do vaso de pressão é realizada por meio de uma válvula de segurança dimensionada especificamente para a vazão necessária ao alívio dos gases gerados, garantindo que a pressão permaneça dentro dos limites operacionais seguros.

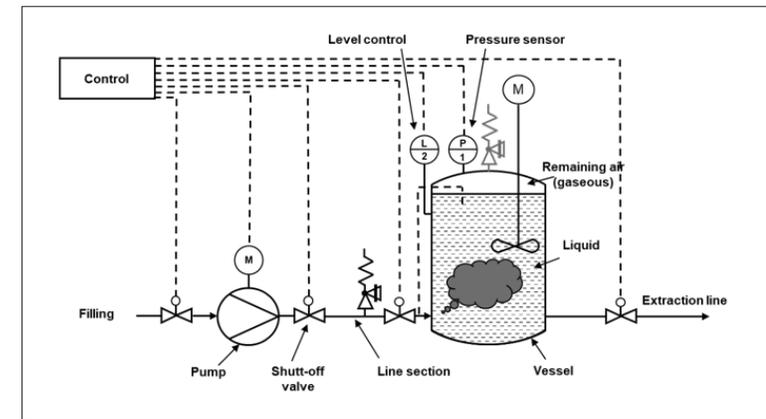


Figura 1.5

1.2.5. Descarga Bloqueada

A descarga bloqueada ocorre quando a válvula de fechamento instalada imediatamente após a saída de uma bomba é fechada inadvertidamente enquanto a bomba permanece em operação. Esse bloqueio impede a vazão do fluido, resultando em um aumento súbito de pressão na linha de descarga, o que pode causar sobrecarga mecânica na bomba, danos à tubulação e superaquecimento do fluido.

Para evitar esses problemas, é fundamental a instalação de uma válvula de segurança na linha de descarga da bomba. Essa válvula deve ser dimensionada para aliviar o fluido excedente, redirecionando-o para um ponto seguro do sistema, como o reservatório de sucção da bomba ou uma linha de recirculação dedicada. Esse mecanismo cria um circuito de "bypass", permitindo que o fluido continue circulando e prevenindo falhas no equipamento.

O dimensionamento da válvula de segurança deve considerar a capacidade máxima de vazão da bomba, garantindo que todo o fluido bombeado possa ser descarregado de forma segura até que a condição anormal seja corrigida.

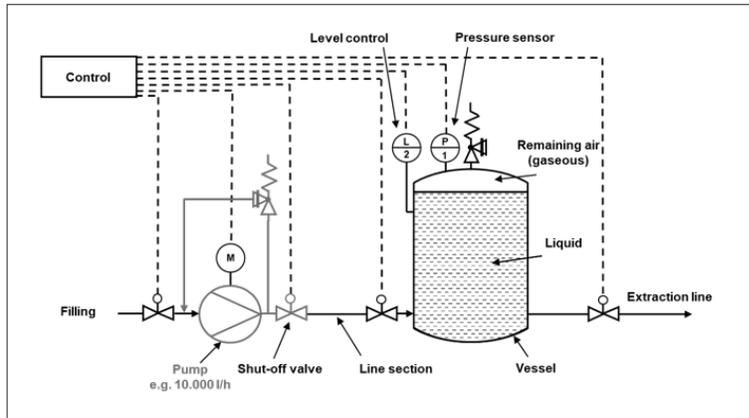


Figura 1.6

1.3. Sobrepressão

Para válvulas de segurança e alívio, o termo sobrepressão refere-se ao aumento da pressão acima da pressão de abertura da válvula, necessário para que esta atinja seu curso máximo e, conseqüentemente, a capacidade total de alívio projetada. Esse valor é fundamental no dimensionamento e desempenho da válvula, garantindo que ela atue de forma eficiente para proteger o sistema contra condições de pressão excessiva. A sobrepressão normalmente é expressa como uma porcentagem da pressão de ajuste.

Na maioria dos sistemas pressurizados, a pressão não deve ultrapassar a pressão máxima de trabalho admissível (PMTA) em mais de 10%. As normas e códigos técnicos estabelecem limites para a sobrepressão máxima, sendo 10% um valor típico, mas podendo variar entre 3% e 21%, dependendo da norma aplicável e do tipo de sistema protegido.

Até o limite máximo de sobrepressão permitido, a válvula de segurança deve estar completamente aberta, garantindo a capacidade de alívio certificada para proteger o equipamento contra falhas por excesso de pressão.

Sobrepressão (Valores máximos)					
Código	DIN EN ISO 4126-1	AD 2000-Merkblatt A2	ASME VIII / XIII	API 520-1	ASME I
Fluido					
Vapor / Gás	10% ou 0,1 bar, o maior valor aplicado	5% Full Lift 10% Normal / Proporcional-SV < 1 bar: 0,1 bar	10% ou 3 psi (0,21 bar), o maior valor aplicado Caso Fogo: 21% Instalação de múltiplas válvulas de segurança: 16%	10%	3%
Líquidos	10% ou 0,1 bar, o maior valor aplicado	10% < 1 bar: 0,1 bar	10% ou 3 psi (0,21 bar), o maior valor aplicado Instalação de múltiplas válvulas de segurança: 16%	10%	N/A

Tabela 1.1

Abaixo é possível verificar o gráfico curso x pressão para o fluido de vapor / gás:

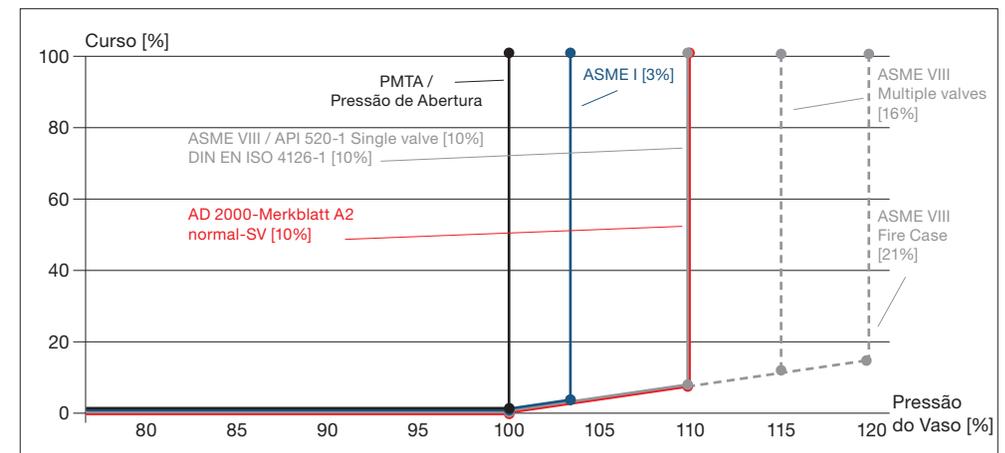


Gráfico 1.1

Já para o fluido líquido:

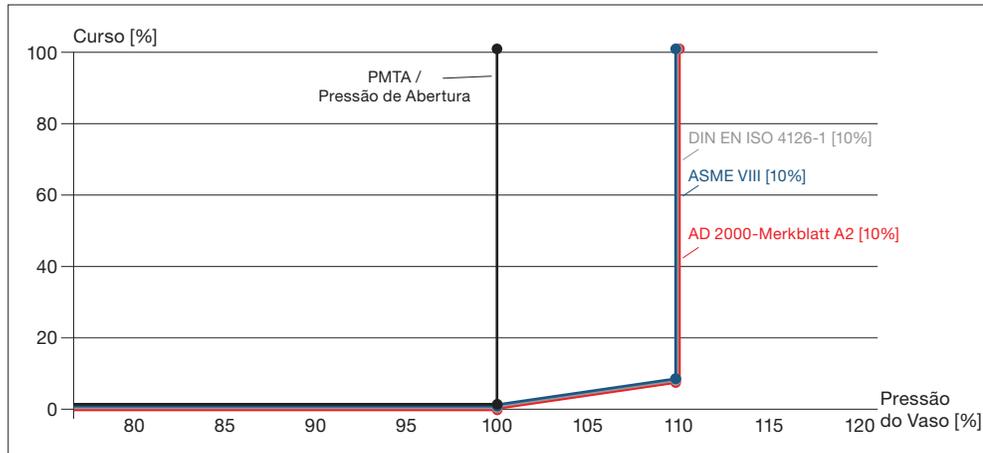


Gráfico 1.2

1.4. Contrapressão

Outro conceito essencial para o funcionamento adequado de uma válvula de segurança é a contrapressão. Para válvulas de segurança e alívio, a contrapressão é definida como a pressão existente na saída da válvula, ou seja, a pressão presente no sistema de descarga. Esse fator pode influenciar diretamente o desempenho da válvula de segurança, afetando sua capacidade de alívio, estabilidade operacional e pressão de recalibragem. O correto dimensionamento e a análise da contrapressão são fundamentais para garantir que a válvula opere conforme os requisitos normativos e mantenha sua eficiência na proteção do sistema contra sobrepressão.



Figura 1.7

Essa contrapressão pode ser dividida em dois tipos: Contrapressão Superimposta e Contrapressão Desenvolvida. Já a contrapressão total, é a soma entre esses dois tipos de contrapressão:

$$\text{Contrapressão} = \text{Contrapressão Superimposta} + \text{Contrapressão Desenvolvida}$$

1.4.1. Contrapressão Superimposta

A Contrapressão Superimposta é a pressão presente na saída da válvula de segurança antes de sua abertura, resultante de fontes externas, como outras válvulas de alívio descarregando no mesmo sistema de exaustão ou pressão constante no coletor de descarga.

A Contrapressão Superimposta influencia diretamente a pressão de abertura da válvula de segurança e, por isso, deve ser considerada no dimensionamento para garantir seu funcionamento adequado. Essa contrapressão pode ser classificada em dois tipos:

1. Contrapressão Superimposta Constante – Permanece estável durante a operação, sendo gerada por fatores como pressão fixa no sistema de descarga ou presença contínua de gases no coletor de exaustão.
2. Contrapressão Superimposta Variável – Flutua conforme as condições do sistema, podendo ser causada por outras válvulas de alívio descarregando

no mesmo sistema de exaustão, variações de processo ou mudanças nas condições operacionais.

Portanto, sempre que houver Contrapressão Superimposta, é fundamental analisá-la em relação ao seu tipo (constante ou variável) e valores para garantir que não comprometa o desempenho da válvula de segurança. Medidas corretivas, como o ajuste da pressão de calibração, o uso de válvulas balanceadas ou a adequação do sistema de descarga, devem ser adotadas conforme necessário para assegurar o funcionamento adequado da válvula e a proteção eficaz do sistema.

1.4.2. Contrapressão Desenvolvida

A Contrapressão Desenvolvida ocorre exclusivamente durante a abertura da válvula de segurança, sendo gerada pelo fluxo do fluido através do sistema de descarga. Quando a válvula alivia a pressão para a atmosfera ou para uma linha de exaustão, elementos como rugosidade da tubulação, cotovelos, restrições e comprimentos excessivos provocam perdas de carga, resultando na formação de contrapressão na saída da válvula.

A magnitude da Contrapressão Desenvolvida depende diretamente do dimensionamento da linha de descarga e deve ser considerada para evitar impactos no desempenho da válvula, como redução da capacidade de alívio, instabilidade operacional e variações na pressão de fechamento.

A Contrapressão Desenvolvida pode impactar diretamente a capacidade de alívio e a performance da válvula de segurança. O aumento excessivo dessa contrapressão pode levar a problemas operacionais como redução da vazão aliviada, instabilidade na abertura e fechamento da válvula, além de aumentar a probabilidade de ocorrência de fenômenos indesejáveis, como chattering (batidas rápidas e repetitivas da válvula contra o assento) e fluttering (oscilações contínuas do obturador sem fechamento completo).

Para evitar esses problemas, é fundamental calcular corretamente a contrapressão desenvolvida, garantindo que ela permaneça dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pelas normas aplicáveis. O dimensionamento adequado da tubulação de descarga, a minimização de restrições e a escolha de válvulas apropriadas são medidas essenciais para assegurar o funcionamento seguro e eficiente da válvula.

Esses limites máximos variam de acordo com a norma utilizada. É possível verificar os limites de acordo com a Tabela 1.2:

Norma	Limites para válvulas convencionais	Limites para válvulas balanceadas
AD 2000 info.sheet A2 2020	6.3.2 Pressões de contrapressão permitidas, por exemplo, 15 % (a = 0,15) [...]	6.3.2 [...] ou com foles, até 30 % (a = 0,3) da pressão de ajuste P_e , podendo esse valor ser obtido nos catálogos do fabricante, se necessário.
ASME VIII Sec. 1 (non-mandatory appendix M) 2019	M-7 Linhas de descarga de alívio de dispositivos de alívio de pressão [...] (c) A pressão estática desenvolvida na flange de descarga de uma válvula convencional acionada por mola direta não deve exceder 10% da pressão de ajuste quando estiver operando na capacidade nominal.	Outros tipos de válvulas apresentam diferentes níveis de tolerância à contrapressão, e as recomendações do fabricante devem ser seguidas.
API 520-1 2014	5.3.3.1.3 Em uma aplicação convencional de válvula de alívio de pressão (PRV), quando a sobrepressão permitida é de 10%, a contrapressão gerada não deve exceder 10% da pressão de ajuste. Uma contrapressão gerada máxima maior pode ser permitida para sobrepressões permitidas superiores a 10%, desde que a contrapressão gerada não exceda a sobrepressão permitida. [...]	5.3.3.2.1 Uma válvula de alívio de pressão balanceada (PRV balanceada) deve ser utilizada quando a contrapressão total (contrapressão sobreposta + contrapressão gerada) não exceder aproximadamente 50% da pressão de ajuste. [...] Os fatores de correção de capacidade, conhecidos como fatores de correção de contrapressão, são fornecidos pelos fabricantes para considerar essa redução no fluxo. [...]
ISO 4126-9 2008	7. Tubulação de saída [...] NOTA: A contrapressão permitida geralmente é expressa como uma porcentagem da diferença entre a pressão de abertura e a contrapressão sobreposta. Por exemplo, a contrapressão inerente pode ser limitada a 15%.	-

Tabela 1.2

Dependendo do tipo de contrapressão, seja Superimposta ou Desenvolvida, são necessárias medidas para prevenir o mau funcionamento causado pela mesma no processo.

Contrapressão	Tipo	Especificação	Medida
	Desenvolvida	$\leq 10\%$	Sem medida
		$> 10\% - 30\%$ ou 50%	Fole de compensação
		$> 10\% - 70\%$	Válvula Piloto-Operada
	Superimposta Constante	$\leq 30\%$ ou 50%	Fole de compensação
		$\leq 70\%$	Válvula Piloto-Operada
		$\leq 90\%$	Correção de CDTF
	Superimposta Variável	$\leq 30\%^1$ ou $50\%^2$	Fole de compensação
		$\leq 70\%$	Válvula Piloto-Operada

Tabela 1.3

1.5. Diferencial de Alívio (Blowdown)

Para válvulas de segurança e alívio, o termo diferencial de alívio, também conhecido como blowdown, refere-se à pressão de fechamento da válvula, ou seja, ao momento em que o disco da válvula reassenta após o alívio da sobrepressão.

Esse diferencial é geralmente expresso como uma porcentagem da pressão de ajuste e é definido como a diferença entre a pressão de abertura e a pressão de fechamento da válvula. O controle adequado do blowdown evita perdas excessivas de fluido e garante a estabilidade operacional da válvula, prevenindo fenômenos como chattering e garantindo a proteção do sistema pressurizado.

Na maioria dos sistemas pressurizados, o blowdown deve ser inferior a 7% para um diferencial de alívio ajustado e 20% para um diferencial fixo. As normas e códigos estabelecem limites específicos para o percentual de blowdown, que pode variar de 4% a 20%, ou até mesmo não ser restrito, dependendo da aplicação e do código técnico aplicável.

A importância do controle do blowdown está na garantia de que a pressão operacional do sistema permaneça abaixo da pressão de fechamento da válvula, que é a pressão de abertura menos o percentual de blowdown. Isso assegura que, após a atuação da válvula, esta seja capaz de fechar completamente, restaurando o sistema às suas condições normais de operação e evitando ciclos indesejados de abertura e fechamento.

A seguir, a tabela apresenta os valores típicos de blowdown para diferentes normas e cenários operacionais.

Blowdown (Valores máximos)					
Código	DIN EN ISO 4126-1	AD 2000-Merkblatt A2	ASME VIII / XIII	API 520-1	ASME I
Fluido					
Vapor / Gás	-15% ou 0,3 bar, o maior valor aplicado	-10% < 3 bar: 0,6 bar	-7% ou 3 psi (0,21 bar), o maior valor aplicado	-7%	-4%
Líquidos	-20% ou 0,6 bar, o maior valor aplicado	-20% < 3 bar: 0,6 bar	Sem requerimento	-20%	N/A

Tabela 1.4

Abaixo é possível verificar o gráfico curso x pressão para o fluido de vapor / gás:

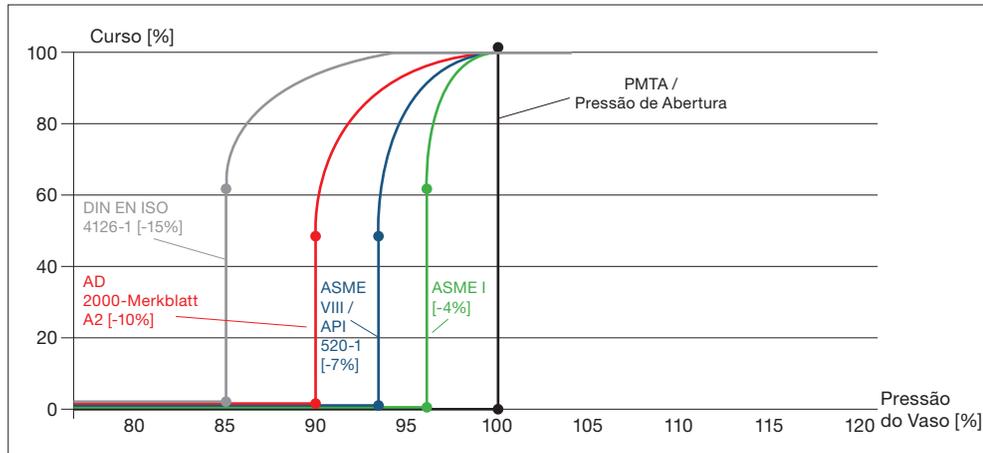


Gráfico 1.3

Já para o fluido líquido:

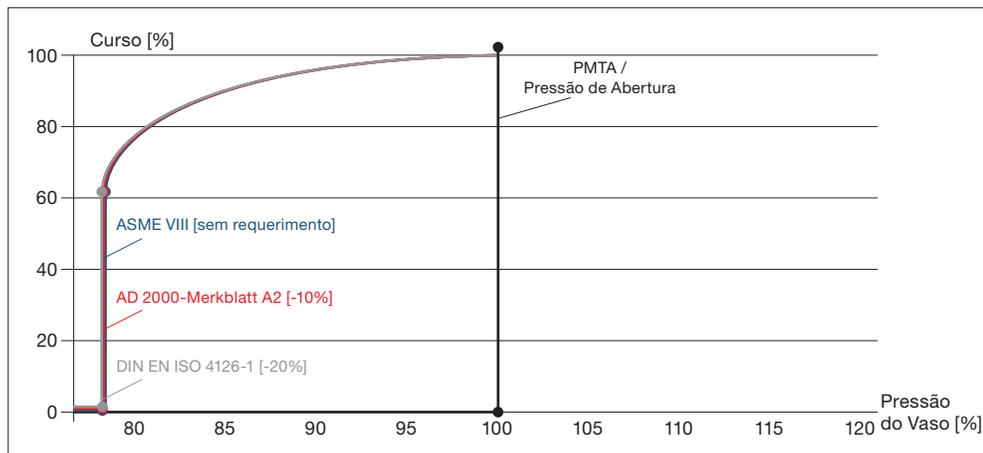


Gráfico 1.4

1.6. Tipos de Pressão

Nos sistemas industriais, diferentes tipos de pressão podem atuar sobre um vaso de pressão, caldeira ou qualquer outro equipamento pressurizado que exija proteção. Esses fatores influenciam diretamente a seleção e o dimensionamento adequado da válvula de segurança e alívio instalada para garantir a proteção do sistema.

Um dos parâmetros mais importantes nesse contexto é a Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA), conhecida internacionalmente como Maximum Allowable Working Pressure (MAWP). A PMTA representa a maior pressão que o vaso de pressão pode suportar em condições operacionais seguras, sem comprometer sua integridade estrutural. Esse valor é determinado pelo fabricante ou por um Profissional Habilitado (PH) e depende de fatores como:

- Projeto e construção do vaso;
- Espessura da chapa e materiais utilizados;
- Temperatura operacional máxima permitida;
- Normas e códigos aplicáveis.

A correta definição da PMTA é essencial para a segurança operacional, pois estabelece o limite de pressão que o sistema pode suportar sem apresentar riscos de falha mecânica, ruptura ou vazamento. Esse parâmetro também serve como base para a calibração das válvulas de segurança, garantindo que elas atuem antes que a pressão do sistema ultrapasse os limites projetados.

$$\text{Pressão de Abertura} \leq \text{PMTA}$$

Outra definição essencial para vasos de pressão é a acumulação, que representa o percentual máximo pelo qual a pressão pode exceder a PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) por um curto período de tempo. Esse aumento momentâneo ocorre, por exemplo, durante eventos de sobrepressão, como falhas no controle do processo ou bloqueio na linha de descarga.

A acumulação permitida é definida por normas e códigos técnicos, garantindo que o vaso de pressão permaneça dentro dos limites seguros de operação, mesmo sob condições excepcionais. Esse valor varia de acordo com a aplicação específica e o tipo de equipamento, sendo geralmente expresso como um percentual da PMTA.

De maneira geral, a acumulação permitida é de 10% para vasos de pressão e 6% para caldeiras, conforme estabelecido por normas técnicas. Esse conceito está diretamente relacionado ao funcionamento das válvulas de segurança e alívio, uma vez que, para esses dispositivos, o termo equivalente é a sobrepressão.

Outro conceito fundamental no contexto dos vasos de pressão é a Pressão Máxima de Acumulação, conhecida em inglês como Maximum Allowable Accumulated Pressure (MAAP). Essa pressão representa o valor máximo que o equipamento

pode atingir durante um evento de sobrepressão, enquanto as válvulas de segurança estão em plena operação, aliviando a vazão necessária para restaurar o equilíbrio do sistema.

Matematicamente, a Pressão Máxima de Acumulação é definida como:

$$\text{Pressão Máxima de Acumulação} = \text{PMTA} + \text{Acumulação}$$

Esse valor é crítico para garantir a segurança estrutural do vaso de pressão, assegurando que, mesmo sob condições extremas, os limites de projeto não sejam excedidos. O correto dimensionamento das válvulas de segurança deve levar em conta a pressão máxima de acumulação, garantindo que a vazão aliviada seja suficiente para evitar que a pressão ultrapasse esse limite.

No dimensionamento de válvulas de segurança, é fundamental garantir que as válvulas estejam completamente abertas e aliviando a vazão necessária ao atingir a pressão máxima de acumulação. Esse procedimento assegura que a pressão do sistema não ultrapasse os limites estabelecidos, protegendo a integridade do equipamento e evitando falhas operacionais.

Para as válvulas de segurança, essa pressão é denominada pressão de alívio (relieving pressure). Esse é o ponto em que a válvula atinge sua abertura total e libera toda a capacidade de vazão requerida para conter o aumento da pressão no sistema.

Matematicamente, a pressão de alívio é definida como:

$$\text{Pressão de Alívio} = \text{Pressão de Abertura} + \text{Sobrepressão}$$

O correto dimensionamento da válvula deve garantir que essa pressão seja alcançada sem exceder os limites de segurança do equipamento, permitindo que a válvula atue de forma eficaz e restabeleça a estabilidade operacional do sistema pressurizado.

Com base nisso, conclui-se que as válvulas de segurança e alívio devem ter sua pressão de abertura limitada à PMTA do vaso de pressão. Essa abordagem garante que, ao considerar tanto a acumulação do vaso de pressão quanto a sobrepressão da válvula (que normalmente possuem valores equivalentes), a pressão de alívio resultante seja igual ou inferior à pressão máxima de acumulação.

Em termos operacionais, essa relação pode ser expressa como:

$$\text{Pressão de Alívio} = \text{PMTA} + \text{Acumulação} = \text{Pressão de Abertura} + \text{Sobrepressão}$$

Dessa forma, o correto dimensionamento da válvula de segurança assegura que o sistema permaneça dentro dos limites estruturais e normativos, evitando falhas mecânicas e garantindo a segurança operacional do vaso de pressão.

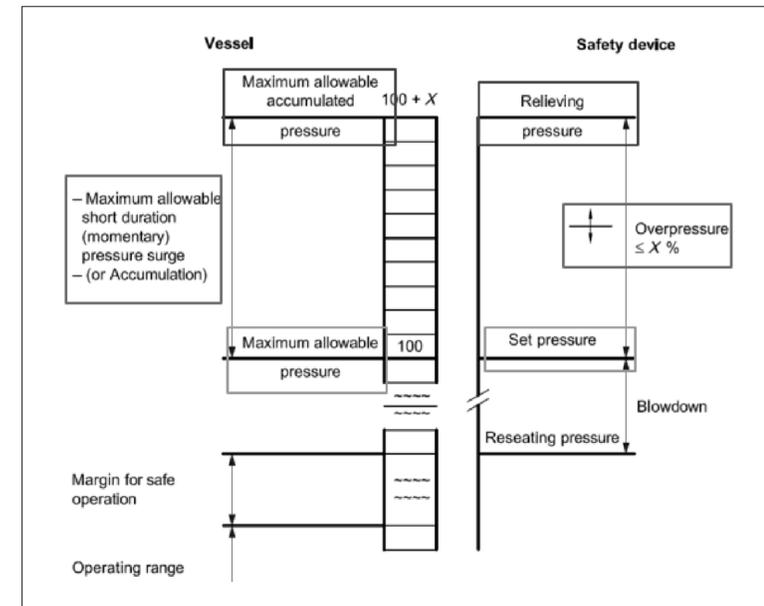


Figura 1.8

1.7. Definição de Pressão de Abertura (Set Pressure)

A pressão de abertura é um dos parâmetros mais críticos no dimensionamento de válvulas de segurança e alívio. Conhecida como Set Pressure em inglês, essa pressão é definida como o valor exato nas condições de processo em que a válvula começa a abrir, atuando para aliviar a sobrepressão no sistema a ser protegido.

Conforme discutido anteriormente, é fundamental que todo sistema pressurizado tenha, no mínimo, uma válvula de segurança configurada com uma pressão de abertura igual ou inferior à PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) do sistema. Essa prática garante que, ao atingir a pressão máxima de acumulação permitida, a válvula esteja totalmente aberta e aliviando a vazão necessária, evitando que a pressão ultrapasse os limites projetados para o equipamento.

Dessa forma, a correta configuração da pressão de abertura é essencial para garantir a proteção do sistema contra falhas mecânicas, prevenindo danos estruturais, riscos operacionais e impactos ambientais decorrentes de uma possível sobrepressão.

A pressão de abertura é o conceito de pressão aplicado às válvulas de segurança, correspondendo ao ponto em que a válvula inicia sua abertura sob as condições normais de processo. Isso significa que essa pressão é considerada na temperatura operacional do sistema, levando em conta todas as influências de pressão e contrapressão que possam atuar sobre a válvula no momento de sua ativação.

Outro aspecto fundamental é a definição do Tipo de Pressão de Abertura (Set Pressure Definition). De acordo com o design e as características construtivas de cada válvula de segurança, além do estado físico do fluido (gás, líquido ou bifásico), cada fabricante, incluindo a LESER, estabelece o tipo de pressão de abertura aplicável às suas válvulas. Esse parâmetro é essencial para garantir que a válvula opere dentro dos limites especificados, proporcionando uma resposta precisa e eficiente à sobrepressão do sistema.

A correta interpretação e aplicação do Tipo de Pressão de Abertura no dimensionamento e seleção das válvulas assegura conformidade com normas técnicas, segurança operacional e desempenho confiável no alívio de pressão industrial.

Os tipos mais comuns de Pressão de Abertura são:

- Primeiro Som Audível

A Pressão de Abertura é definida no momento em que o primeiro chiado audível ocorre. Esse ruído indica que o fluido começou a escapar pela válvula, mas ainda sem atingir o curso total de abertura. Comumente utilizado para válvulas de segurança operando com líquidos, onde a abertura é mais gradual e menos abrupta.

- Pop

A Pressão de Abertura ocorre no ponto “Pop”, quando a válvula abre instantaneamente para seu curso total. Esse comportamento é característico de válvulas de segurança para gases ou vapor, onde a energia acumulada supera rapidamente a resistência da mola, resultando em uma abertura súbita e completa. Utilizado para garantir que a válvula atinja rapidamente sua capacidade total de alívio.

- Primeiro Fluxo Contínuo

A Pressão de Abertura é definida no momento em que a válvula permite um fluxo contínuo e sustentado do fluido. Indica que a válvula está permitindo a vazão de maneira estável, sem oscilações ou interrupções. Frequentemente aplicado em válvulas operando com líquidos, onde a abertura pode ocorrer de forma mais progressiva.

A definição utilizada depende do design da válvula, do estado físico do fluido e da norma técnica aplicável, garantindo precisão no dimensionamento e confiabilidade na operação da válvula de segurança.

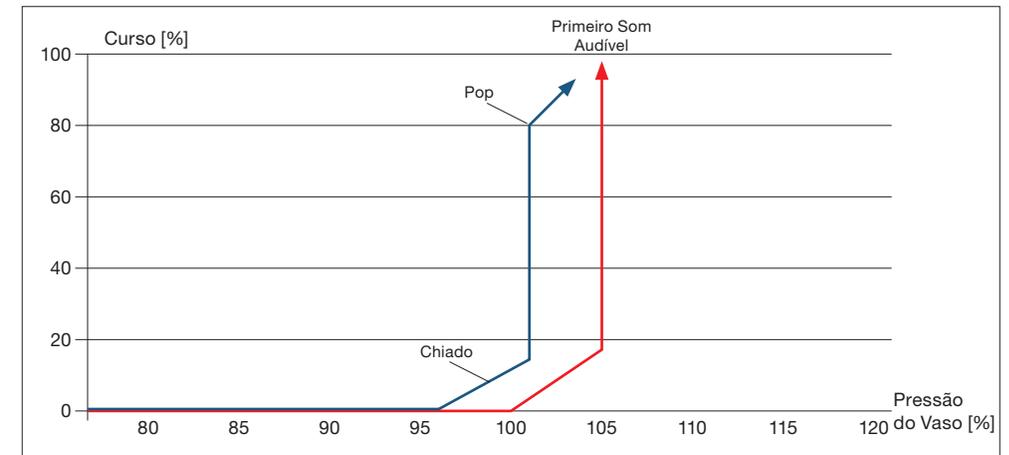


Gráfico 1.5

A LESER adota a definição de Pressão de Abertura de Primeiro Som Audível para gases e vapor e a Pressão de Abertura de Primeiro Fluxo Contínuo para processos com líquidos em suas válvulas de segurança. É fundamental compreender cada tipo, pois, quando um deles é definido pelo fabricante, a Pressão de Abertura pode variar dos valores especificados, o que pode levar a um funcionamento incorreto conforme dimensionado.

1.8. Pressão de Ajuste - CDTP (Cold Differential Test Pressure)

A Pressão de Ajuste, conhecida pela sigla CDTP (Cold Differential Test Pressure), é definida como a pressão na qual a válvula deve iniciar sua abertura durante um teste em bancada. Em outras palavras, corresponde à pressão necessária para que a válvula se abra nas condições específicas da bancada de teste, geralmente à temperatura ambiente e sem a influência de contrapressão do sistema operacional real.

Na maioria dos casos, os valores de Pressão de Ajuste (CDTP) e Pressão de Abertura (Set Pressure) são iguais. No entanto, em situações onde a válvula opera sob contrapressão constante ou em condições térmicas que afetam seu comportamento, pode ser necessário um ajuste na CDTP para garantir que, no sistema real, a válvula atue conforme o esperado.

Essa correção é particularmente relevante para válvulas instaladas em sistemas com alta contrapressão ou variações significativas de temperatura, onde o fabricante pode determinar um fator de correção para a CDTP, assegurando que a válvula abra na pressão especificada quando em operação.

Nos casos em que a Pressão de Ajuste (CDTP) difere da Pressão de Abertura (Set Pressure), é fundamental que ambos os valores estejam claramente identificados

na plaqueta de identificação da válvula de segurança. Essa informação garante que os operadores e responsáveis pela manutenção possam verificar os parâmetros corretos da válvula durante a instalação, inspeção e operação.

1.9. Influências: CDTP x Set Pressure

Em determinados casos, os valores de Pressão de Abertura (pressão na qual a válvula entra em operação nas condições de processo) e Pressão de Ajuste (pressão na qual a válvula é calibrada em bancada) podem diferir.

Um dos principais fatores que exigem a correção do valor da Pressão de Ajuste, também denominada CDTP (Cold Differential Test Pressure), é a temperatura de operação da válvula de segurança.

O principal componente da válvula influenciado pela temperatura é a mola, cuja força é determinada pela relação entre:

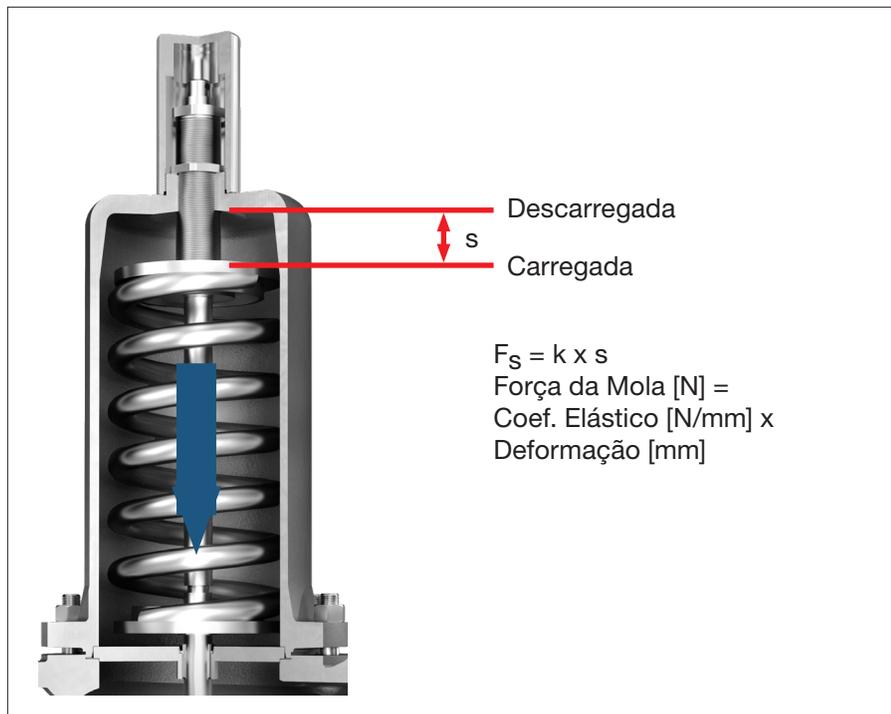


Figura 1.9

O coeficiente elástico k da mola é influenciado pela temperatura à qual o componente está submetido. À medida que a temperatura da mola aumenta, ocorre uma redução no seu coeficiente elástico, o que impacta diretamente o desempenho da válvula de segurança.

Dessa forma, para cada faixa de temperatura operacional, os fabricantes estabelecem fatores de correção específicos, considerando o tipo e o material da mola utilizada.

Além da temperatura, a configuração da válvula também pode exigir a aplicação de fatores de correção. Em determinadas situações, pode haver transferência térmica entre o meio de processo e a mola, ou ainda a presença de barreiras que atenuam essa troca térmica. Um exemplo disso ocorre em válvulas equipadas com fole de balanceamento, que podem influenciar a temperatura efetiva da mola e, conseqüentemente, seu comportamento mecânico.

Não há normas que estabeleçam valores percentuais específicos para os fatores de correção aplicáveis à Pressão de Ajuste (CDTP). Dessa forma, a determinação desses fatores é de responsabilidade do fabricante, que define os ajustes necessários com base nas características da mola e nas condições operacionais da válvula.

Nesse contexto, a CDTP é calculada multiplicando-se o valor da Pressão de Abertura pelo fator de correção estabelecido pelo fabricante.

$$\text{Pressão de Ajuste} = \text{Pressão de Abertura} \times \text{Fator de Correção}$$

Confira o exemplo a seguir:

Válvula de segurança com castelo fechado de tipo convencional e mola em aço inoxidável com pressão de abertura de 8 bar e temperatura a 300°C.

°C	°F	Open bonnet conventional	Closed bonnet conventional	Open bonnet balanced bellows or Inconel spring with or without bellows	Closed bonnet balanced bellows or Inconel spring with or without bellows		
550	1022	Limitation at 427°C (only with balanced bellows)	Limitation at 350°C (only with balanced bellows)	1,049	1,049		
500	932			1,032	1,032		
450	842			1,021	1,021		
400	752			1,013	1,013		
350	662			1,032	1,049		
300	572			1,021	1,032		
250	482	1,013	1,021	1,000	1,000		
200	392	1,007	1,013				
150	302	1,000	1,007				
100	212	No influence of service condition on CDTP, correction factor: 1,000					
50	122						
0	32						
-50	-58						
-100	-148						
-150	-238						
-200	-328						
-250	-418						

Figura 1.10

Logo, a Pressão de Ajuste será:

$$\text{Pressão de Ajuste} = 8,00 \times 1,032 = 8,26 \text{ bar}$$

Outro fator relevante que pode exigir a correção da Pressão de Ajuste (CDTP) é a presença de contrapressão constante em válvulas convencionais.

Nesses casos, o principal componente da válvula influenciado pela contrapressão é o disco. Quando a contrapressão aumenta, exerce-se uma força adicional sobre o disco, o que pode afetar a resposta da válvula à Pressão de Abertura. Para compensar esse efeito, o valor da CDTP deve ser reduzido de acordo com a magnitude da contrapressão presente no sistema.

Nesses casos, a contrapressão constante exerce uma força adicional que auxilia a mola no fechamento da válvula durante as condições de processo. No entanto, durante o ajuste da válvula em bancada, essa força não está presente, o que pode resultar em uma discrepância entre a Pressão de Ajuste (CDTP) e a Pressão de Abertura real em operação.

Para corrigir esse efeito, é necessário compensar a CDTP de modo que a força exercida pela mola corresponda à resultante entre a Pressão de Abertura e a contrapressão constante existente no sistema. Esse ajuste garante que a válvula atue corretamente nas condições reais de operação.

Operação	Tipos de Pressão	bar
	Pressão de Abertura	10
	Pressão de Ajuste (CDTP)	8
Bancada (Convencional)	Contrapressão Constante	2
	Pressão de Abertura	10
	Pressão de Ajuste (CDTP)	8
	Contrapressão Constante	2

Tabela 1.5

A verificação e a correção da Pressão de Ajuste (CDTP) são etapas essenciais sempre que necessário. Como mencionado anteriormente, uma CDTP devidamente corrigida assegura que a válvula opere corretamente nas condições reais de processo, garantindo sua atuação eficaz quando exigida.

Para que essa correção seja precisa, é fundamental que os valores de temperatura e contrapressão constante sejam determinados com exatidão. Esses parâmetros influenciam diretamente o comportamento da mola e do disco, tornando sua consideração indispensável para o ajuste correto da válvula de segurança.

1.10. Influência de Perda de Carga na Entrada

Para o correto funcionamento das válvulas de segurança, é essencial considerar um fator que pode comprometer seu desempenho: a perda de carga na entrada da válvula em relação ao ponto a ser protegido.

A perda de carga ocorre devido à resistência imposta pelo escoamento do fluido ao longo da tubulação, sendo influenciada pela rugosidade interna da linha e por elementos como conexões, cotovelos e curvas. Esse efeito pode reduzir a pressão efetiva disponível na entrada da válvula, impactando sua capacidade de resposta ao alívio de pressão.

Após calcular o valor absoluto da perda de carga, é necessário avaliar seu percentual em relação à Pressão de Abertura da válvula. Como exemplo:

$$\begin{aligned} \text{Perda de Carga} &= 0,2 \text{ bar} \\ \text{Pressão de Abertura} &= 20 \text{ bar} \\ \text{Percentual de Perda de Carga} &= 1\% \end{aligned}$$

De modo geral, a perda de carga na entrada da válvula de segurança não deve exceder 3% da Pressão de Abertura. O não cumprimento dessa recomendação pode comprometer o funcionamento adequado da válvula e resultar em fenômenos

indesejados, como o batimento (chattering).

O batimento ocorre quando a válvula de alívio de pressão abre e fecha em alta frequência, devido à instabilidade das forças atuantes. Esse fenômeno pode gerar vibrações intensas, levando, em casos extremos, à ressonância do material, o que pode comprometer a integridade da válvula e dificultar sua abertura adequada.

Nos casos em que a perda de carga na entrada da válvula de segurança excede 3% da Pressão de Abertura, é necessário adotar medidas corretivas para garantir o funcionamento adequado da válvula. As ações recomendadas incluem:

Redução da velocidade da vazão:

- Aumento do diâmetro da tubulação de entrada, minimizando a resistência ao fluxo;
- Diminuição do número de conexões, reduzindo perdas localizadas causadas por cotovelos, curvas e outros acessórios;
- Uso de uma válvula de menor capacidade, desde que esta ainda atenda aos requisitos do processo;
- Aplicação de um limitador de curso ou O-ring damper, restringindo a capacidade de vazão e minimizando oscilações.

Redução da resistência à vazão:

- Encurtamento da tubulação de entrada, reduzindo o percurso do fluido até a válvula;
- Melhoria da rugosidade da tubulação, utilizando materiais ou tratamentos internos que minimizem atrito e turbulência.

A implementação dessas medidas contribui para a estabilidade da operação da válvula, prevenindo fenômenos como o batimento (chattering) e garantindo um desempenho seguro e eficiente do sistema.

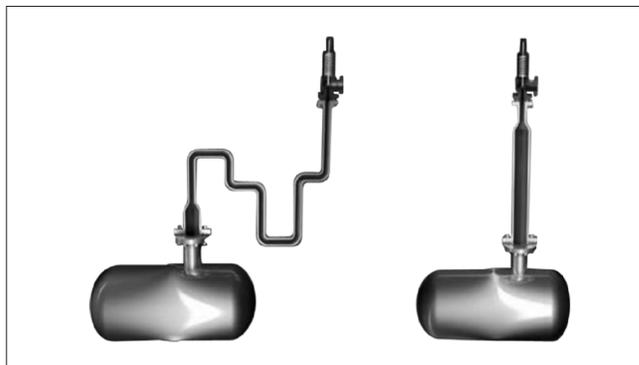


Figura 1.11

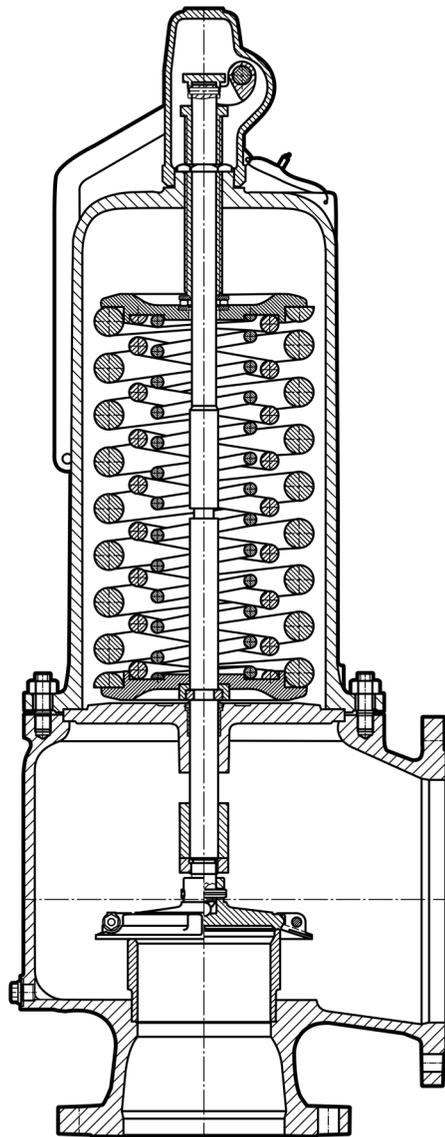
As medidas de redução da velocidade da vazão geralmente apresentam maior eficácia do que as medidas de redução da resistência à vazão e, portanto, devem ser priorizadas na maioria dos casos.

A diminuição da velocidade do fluido contribui diretamente para a redução da perda de carga na entrada da válvula, minimizando os riscos de instabilidade no funcionamento do sistema. Estratégias como o aumento do diâmetro da tubulação e a redução do número de conexões tendem a gerar resultados mais significativos e imediatos em comparação com intervenções na resistência do fluxo, como o encurtamento da tubulação ou a melhoria da rugosidade interna.

No entanto, a escolha da melhor solução deve considerar as condições específicas de cada sistema, avaliando os impactos operacionais e estruturais de cada modificação.

Capítulo 2

Tipos de Dispositivos de Segurança



Modelo High Performance

2.1. Tipos de Dispositivos e Princípios de Funcionamento

Após a compreensão dos principais conceitos que influenciam o correto dimensionamento e funcionamento das válvulas de segurança, é possível classificar os dispositivos utilizados na proteção de caldeiras e vasos de pressão.

A seguir, apresenta-se um esquema que categoriza os diferentes tipos de dispositivos de alívio de pressão, destacando suas características e aplicações específicas.

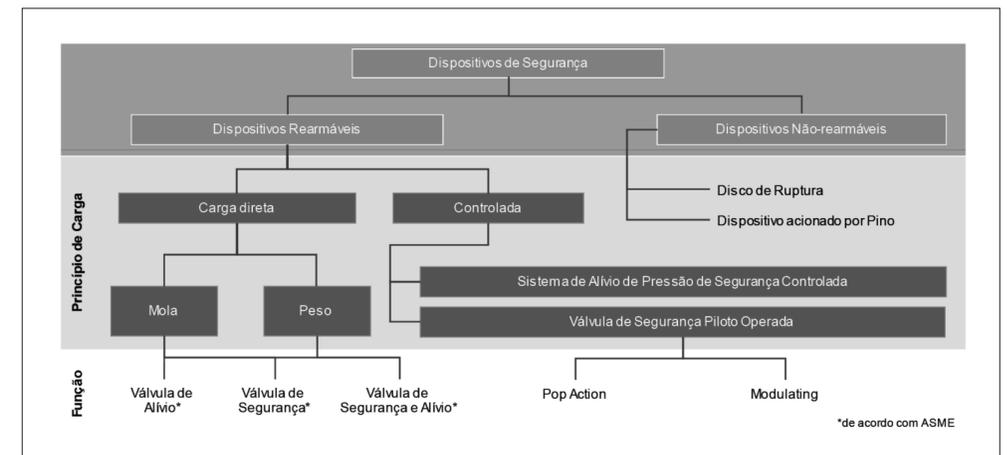


Figura 2.1

Os dispositivos de segurança utilizados na proteção de caldeiras e vasos de pressão podem ser classificados em duas categorias principais, de acordo com seu mecanismo de atuação após um evento de sobrepressão:

- Dispositivos Rearmáveis

São dispositivos que, após o alívio da sobrepressão e o retorno da pressão ao nível seguro, voltam a se fechar automaticamente, restabelecendo a estanqueidade do sistema. Esses dispositivos podem ser reutilizados sem a necessidade de substituição de componentes, garantindo proteção contínua.

- Dispositivos Não-Rearmáveis

Nestes dispositivos, a atuação em um evento de sobrepressão resulta na deformação permanente de um de seus componentes críticos. Como consequência, o dispositivo não mantém a estanqueidade do sistema e requer a substituição do componente afetado antes que o equipamento possa retornar à operação normal.

Nos dispositivos não-rearmáveis, a atuação ocorre por meio da deformação permanente de um componente, impossibilitando sua reutilização. Dentro dessa categoria, destacam-se os seguintes tipos:

- Dispositivo acionado por Pino (Pin Device)

Esse dispositivo pode ser comparado a um fusível, pois contém uma haste calibrada que se rompe quando a pressão de abertura predeterminada é atingida. Com a ruptura do pino, o fluxo é liberado, permitindo o alívio da sobrepressão no sistema.

- Disco de Ruptura (Rupture Disc)

Fabricado em aço ou outros materiais resistentes, o disco de ruptura possui uma resistência mecânica calibrada para atuar em uma pressão específica. Quando essa pressão é atingida, o disco rompe-se completamente, permitindo o livre fluxo do fluido.

Os discos de ruptura são frequentemente empregados em sistemas que contêm fluidos altamente corrosivos ou prejudiciais ao meio ambiente, pois garantem vazamento zero até o momento do rompimento. O conjunto geralmente é composto por um corpo que acomoda o disco e possibilita sua montagem no sistema.

Em muitas aplicações, os dispositivos não-rearmáveis, como discos de ruptura e dispositivos acionados por pino, são instalados em conjunto com válvulas de segurança. Essa configuração tem como principal objetivo garantir vedação total do sistema até o momento da abertura do dispositivo de alívio.

Após a ativação do dispositivo não-rearmável, a válvula de segurança pode entrar em operação para controlar o fluxo e minimizar perdas excessivas de fluido. Dessa forma, assim que a pressão do sistema for normalizada, a válvula de segurança se fecha automaticamente, evitando a liberação contínua do fluido até que o dispositivo rompido seja substituído.

Essa combinação é especialmente útil em processos onde a vedação absoluta é essencial para evitar emissões indesejadas, garantir a integridade operacional e atender a requisitos regulatórios de segurança industrial.

Os dispositivos rearmáveis podem ser diferenciados com base no seu princípio de carga, ou seja, na forma como a força de fechamento é aplicada em relação à pressão do fluido. Essa diferenciação ocorre da seguinte maneira:

2.1.1. Carga Direta

Neste tipo de dispositivo, a força de fechamento é aplicada diretamente sobre o componente que mantém o dispositivo fechado, contrapondo-se à pressão do fluido do sistema. A ativação ocorre exclusivamente quando a pressão de abertura excede a força aplicada pelo mecanismo de carga.

Dentro do princípio de Carga Direta, há uma distinção entre dois tipos de válvulas, conforme o mecanismo de carga utilizado:

- Válvulas acionadas por peso – Utilizam um contrapeso para exercer a força de fechamento. São menos comuns no mercado atual, mas ainda encontradas em aplicações específicas de baixa pressão.
- Válvulas acionadas por mola – São as mais utilizadas na indústria. A força da mola controla a abertura e o fechamento da válvula, garantindo atuação confiável em uma ampla faixa de pressões de operação.

No princípio de Carga Direta, as válvulas de segurança são classificadas conforme o tipo de fluido do sistema em que operam:

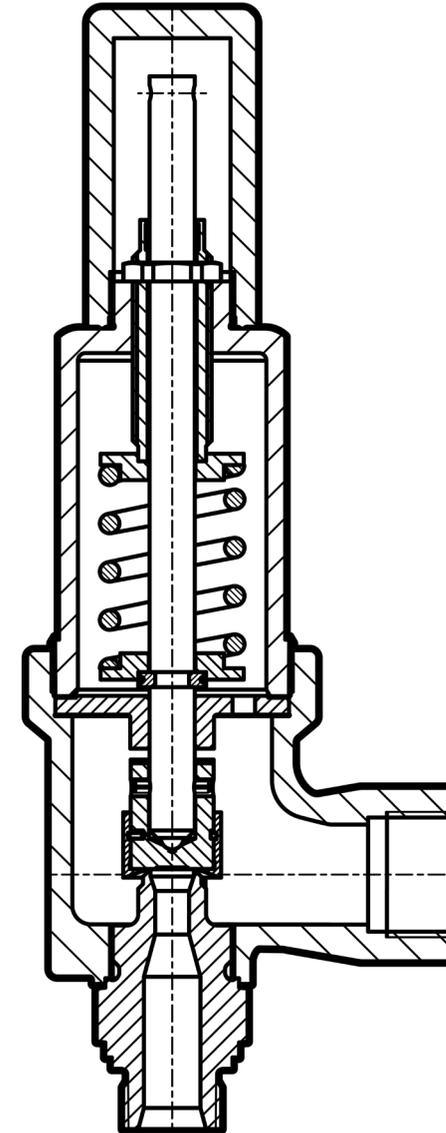
- Válvula de Segurança – Projetada para atuar em sistemas que operam com fluidos compressíveis, como gases e vapores.
- Válvula de Alívio – Desenvolvida para sistemas com fluidos incompressíveis, como líquidos.
- Válvula de Segurança e Alívio – Capaz de operar em sistemas que utilizam tanto fluidos compressíveis quanto incompressíveis, proporcionando versatilidade na aplicação.

2.1.2. Carga Controlada

A atuação desse tipo de dispositivo depende de um mecanismo externo, como um piloto acoplado à válvula principal ou um sistema auxiliar de controle. Esse princípio permite maior precisão no acionamento da válvula e pode ser empregado para otimizar a resposta do sistema em diferentes condições de operação.

No princípio de Carga Controlada, o acionamento da válvula requer um mecanismo auxiliar que controla sua abertura e fechamento. Existem dois tipos principais:

- Válvula de Segurança Piloto-Operada – O funcionamento dessa válvula é controlado por uma válvula auxiliar denominada piloto, que regula a pressão e determina o momento de abertura e fechamento da válvula principal. Esse tipo de configuração permite maior precisão e desempenho em sistemas de alta pressão ou com variações de carga.
- Sistema Pneumático Auxiliar (SLS) – Um dispositivo que atua como suporte para o acionamento e fechamento da válvula de segurança em condições específicas. Esse sistema pode ser utilizado para otimizar o desempenho em situações onde a atuação precisa ser controlada de forma diferenciada, garantindo maior estabilidade operacional. A escolha entre esses diferentes tipos de válvulas deve levar em consideração a aplicação, os requisitos de segurança e as características do sistema onde serão instaladas.



Modelo Compact Performance

Capítulo 3

Válvulas de Segurança

3.1. Definições e Princípios de Funcionamento

Neste capítulo, será abordada a análise detalhada dos produtos, explorando suas particularidades, desafios e conceitos fundamentais. O objetivo é proporcionar uma compreensão abrangente sobre o dimensionamento adequado das válvulas de segurança e seu funcionamento eficaz dentro do sistema.

A principal função das válvulas de segurança vai além da proteção do próprio sistema. Esses dispositivos desempenham um papel essencial na preservação do meio ambiente e, acima de tudo, na garantia da saúde e segurança das pessoas.

Conforme discutido nos capítulos anteriores, as válvulas de segurança e alívio são dispositivos mecânicos projetados para atuar automaticamente no alívio de pressão, sendo acionados por mola. Sua concepção permite que, ao atingir a pressão de abertura, a válvula se abra para aliviar o excesso de pressão no sistema. Após a estabilização das condições operacionais normais, a válvula se fecha automaticamente, garantindo a continuidade segura da operação.

O princípio de funcionamento de uma válvula de segurança ou alívio está fundamentado em conceitos básicos da Física, mais especificamente na teoria do Diagrama de Forças de Newton. A operação da válvula baseia-se no equilíbrio de forças atuantes sobre seus componentes principais.

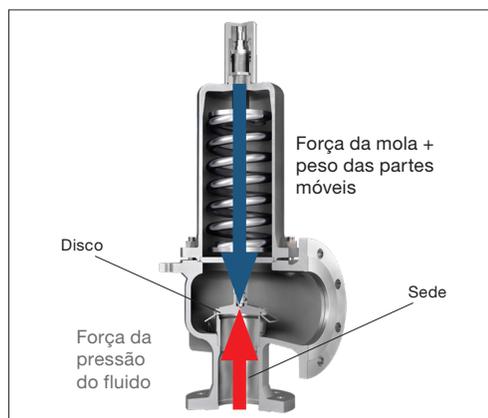


Figura 3.1

$$\sum F = 0 = m \cdot a$$

Ou seja, ela é baseada na resultante de forças atuantes na válvula, sendo forças atuantes na direção de fechamento da válvula:

- Força de compressão da mola;
- Peso das partes móveis.

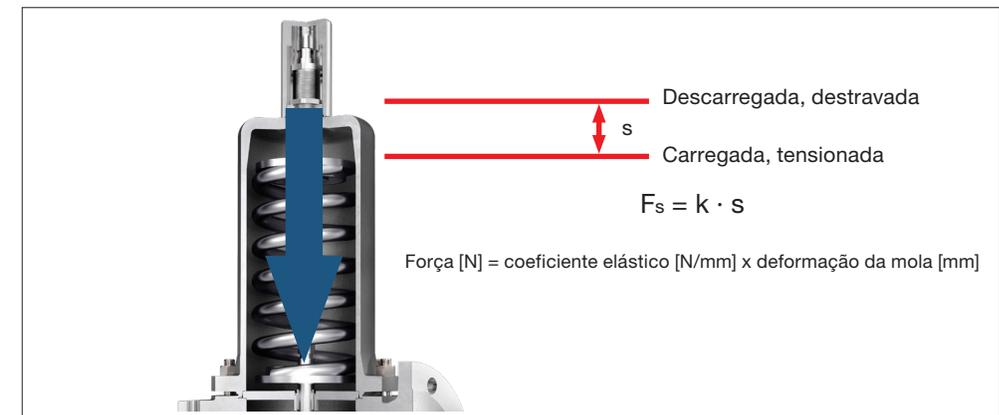


Figura 3.2

O coeficiente elástico da mola indica quantos Newton a força aumenta com cada milímetro de deformação da mola.

- Depende do material e design;
- Com aumento da força da mola ou enrolamentos mais apertados, o coeficiente elástico aumenta;
- Forças atuantes na direção de fechamento da válvula: Força da pressão do fluido.

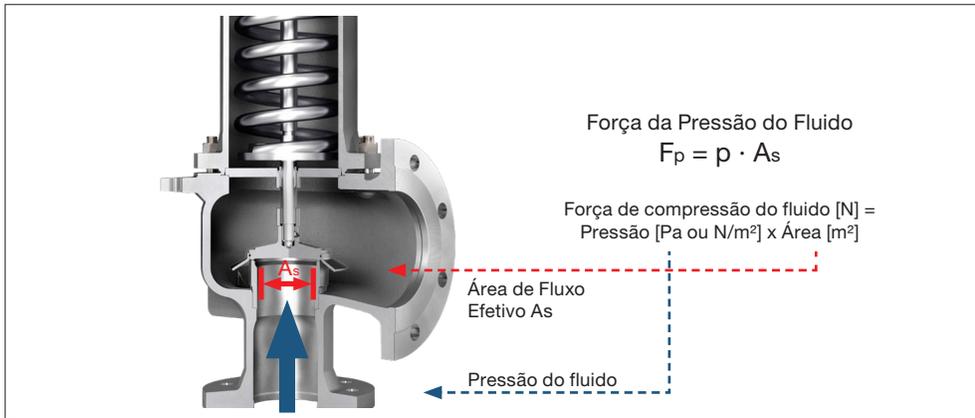


Figura 3.3

3.2. Influência no Funcionamento

Alguns componentes das válvulas de segurança podem impactar diretamente as características operacionais essenciais, como os valores máximos de sobrepressão, o comportamento na abertura e o blowdown.

O primeiro componente relevante é o disco, que exerce influência sobre os seguintes aspectos:

- Na sobrepressão

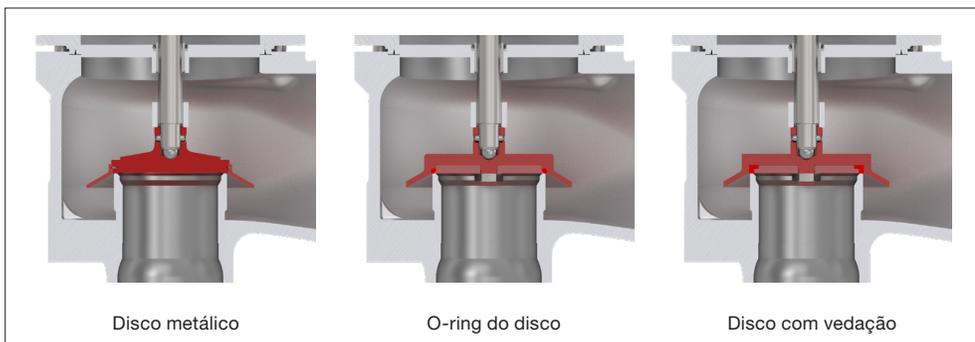


Figura 3.4

Nesse contexto, é fundamental destacar que o aumento da abertura do defletor reduz a sobrepressão da válvula. Esse efeito ocorre devido ao crescimento da área útil do disco, o que favorece uma abertura mais rápida, conhecida como “Pop”, resultando na abertura total da válvula conforme discutido anteriormente.

Em outras palavras, a sobrepressão em válvulas de acionamento proporcional tende a ser, em termos percentuais, maior do que em válvulas padrão, que, por sua vez, apresentam uma sobrepressão superior à das válvulas full-lift.

- Na área da “cortina” (curtain area)

A área da “cortina” influencia diretamente a capacidade de alívio da válvula de segurança. Dependendo da geometria do disco, essa área pode aumentar ou diminuir, impactando o desempenho da válvula na liberação de pressão.

A norma ASME PTC 25 apresenta as principais geometrias de disco e define as respectivas áreas da cortina associadas a cada configuração. Essas informações são fundamentais para o correto dimensionamento e seleção da válvula de segurança em função das condições operacionais do sistema.

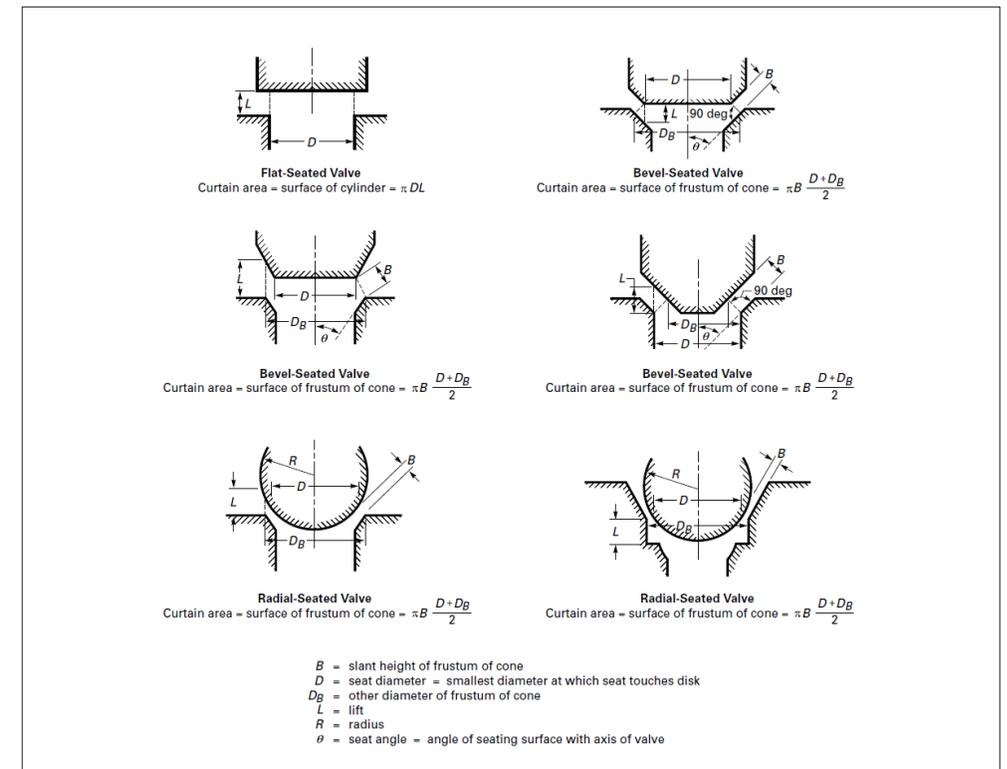


Figura 3.5

O segundo componente relevante é a sede, que pode influenciar diretamente o comportamento do fluxo e, conseqüentemente, o processo de abertura da válvula. Esse impacto ocorre em função do tipo e do tamanho do chanfro da área de vedação do bocal, que afeta a forma como o fluido interage com a superfície de vedação e a dinâmica da abertura da válvula de segurança.

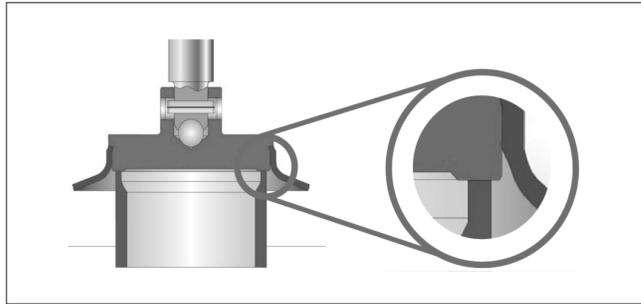


Figura 3.6

Por fim, o terceiro componente relevante é a mola, que pode influenciar diretamente nos valores percentuais de blowdown, ou seja, na pressão de fechamento da válvula e no seu correto funcionamento durante a abertura.

Esse comportamento está diretamente relacionado ao coeficiente elástico da mola, que deve ser compatível com a pressão de abertura da válvula. Além disso, a mola deve ser adequadamente dimensionada para a instalação no castelo da válvula, garantindo uma atuação precisa e estável do mecanismo de alívio de pressão.



Figura 3.7

O coeficiente elástico da mola deve ser corretamente especificado para garantir o funcionamento adequado da válvula de segurança. Caso esse coeficiente não esteja dentro dos parâmetros corretos, podem ocorrer os seguintes problemas:

- Coeficiente da mola menor do que o necessário
 1. Os limites percentuais da pressão de fechamento (blowdown) podem ser excedidos;
 2. A válvula pode não se fechar corretamente após a abertura, resultando em vazamento contínuo e comprometendo a operação do sistema.
- Coeficiente da mola maior do que o necessário
 1. A força da mola será excessiva, exigindo uma pressão do fluido superior ao limite de abertura ajustado para que a válvula atue;
 2. Isso pode impedir a abertura da válvula no momento necessário, representando um grave risco de acidente devido à falha na proteção contra sobrepressão.

A correta seleção e dimensionamento da mola são essenciais para assegurar que a válvula opere conforme os requisitos de projeto, garantindo a segurança e eficiência do sistema.

Dessa forma, o conjunto composto pelo disco, a sede e a mola de compressão desempenha um papel fundamental no funcionamento, desempenho e estanqueidade da válvula de segurança.

Por esse motivo, é essencial que todos os componentes de uma válvula de segurança sejam originais e sigam rigorosamente as especificações do fabricante. O uso de componentes devidamente projetados e compatíveis garante que a válvula funcione conforme os parâmetros estabelecidos, evitando variações que possam comprometer sua operação.

A observância dessas diretrizes assegura que a válvula cumpra sua função de proteção, prevenindo falhas que poderiam colocar em risco a segurança de pessoas, a integridade dos equipamentos e a preservação do meio ambiente.

3.3. Condições de Operação

A operação de uma válvula de segurança é fundamentada no diagrama de forças, conforme discutido anteriormente. Durante o funcionamento da válvula, seu conjunto mecânico responde de maneira distinta em cada fase do processo de alívio de pressão. Confira a seguir todas as fases desse processo:

3.3.1. Válvula Fechada

Durante a operação normal, a pressão está abaixo da pressão de abertura.

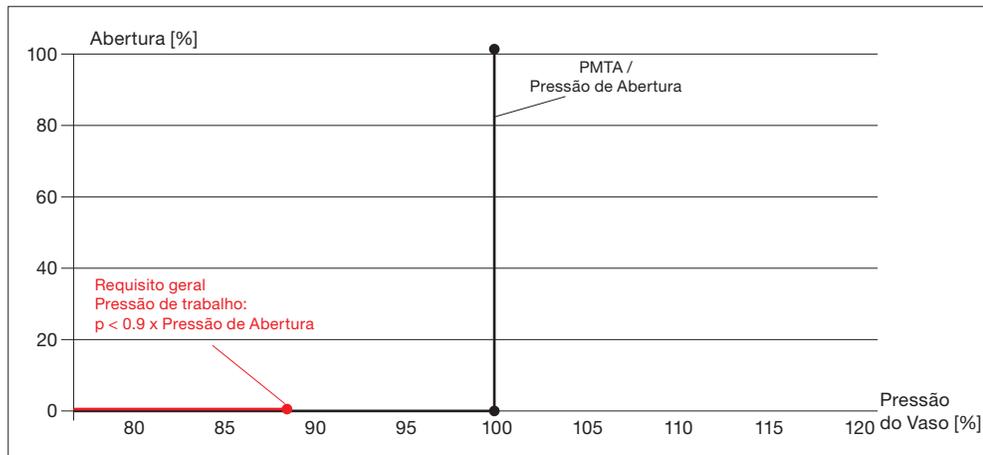


Gráfico 3.1

Nessa condição, a força da mola (F_s), que atua no sentido de fechamento da válvula, é maior que a força da pressão do fluido (F_p), que age sobre o disco no sentido de abertura.

Esse equilíbrio de forças garante que a válvula de segurança permaneça fechada, mantendo a vedação adequada do sistema. A pressão do fluido ainda não atingiu o limite necessário para superar a força da mola e iniciar o processo de abertura.

A relação entre essas forças pode ser expressa pela equação:

$$F_s > F_p$$

A válvula está fechada

Onde:

- $F_s = k \cdot x$ representa a força da mola, sendo k o coeficiente elástico da mola e x sua deformação;
- $F_p = P \cdot A$ é a força exercida pela pressão do fluido sobre a área efetiva do disco (A).

Esse estado caracteriza a condição de operação normal, na qual a válvula continua vedada até que a pressão do sistema aumente e atinja o ponto de abertura definido no ajuste da válvula.

Quando ocorre uma instabilidade no sistema, a pressão interna começa a superar a pressão de trabalho estabelecida. Como consequência, há um aumento da pressão na entrada da válvula de segurança.

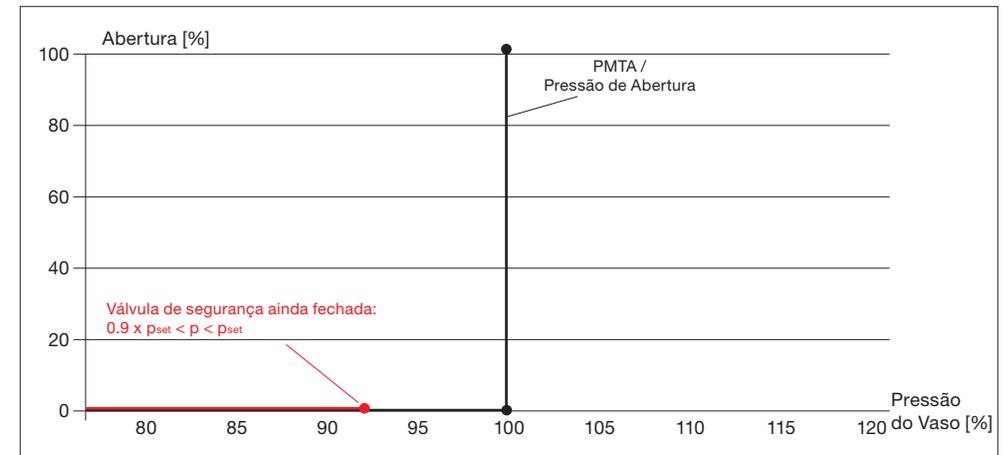


Gráfico 3.2

Se a pressão do sistema continuar a aumentar devido à instabilidade operacional e atingir a Pressão de Abertura da válvula de segurança, ocorre o segundo momento do seu funcionamento:

3.3.2. Início da Abertura da Válvula

Nesse estágio, a válvula começa a chiar e a fazer o descolamento entre o disco e a sede. Além disso, a força de pressão do fluido (F_p) sobre o disco iguala-se à força da mola (F_s), estabelecendo um equilíbrio momentâneo. Com o contínuo aumento da pressão além desse ponto, a força do fluido supera a resistência da mola, resultando na abertura progressiva da válvula de segurança.

Esse comportamento pode ser descrito pela equação:

$$F_s = F_p$$

A válvula está começando a abrir

Onde:

- $F_s = k \cdot x$ representa a força da mola, sendo k o coeficiente elástico da mola e x sua deformação;
- $F_p = P \cdot A$ é a força exercida pela pressão do fluido sobre a área efetiva do disco (A).

Neste momento, a válvula começa a aliviar a pressão do sistema, permitindo o escoamento do fluido. A velocidade e a extensão dessa abertura dependerão do tipo de válvula:

- Válvula proporcional – A abertura ocorre de forma gradual, proporcional ao aumento da pressão.

- Válvula padrão – Apresenta um comportamento intermediário, com abertura relativamente rápida.
- Válvula full-lift – A abertura ocorre de maneira abrupta, liberando rapidamente um grande volume de fluido.

Esse estágio é essencial para evitar que a pressão continue a subir descontroladamente, protegendo o sistema de falhas estruturais.

3.3.3. Válvula Aberta

Nesse estágio, a válvula já se encontra parcialmente aberta, iniciando o alívio da pressão do sistema de forma proporcional. A vazão liberada neste momento não atinge ainda a capacidade total da válvula, mas já contribui para a estabilização do sistema.

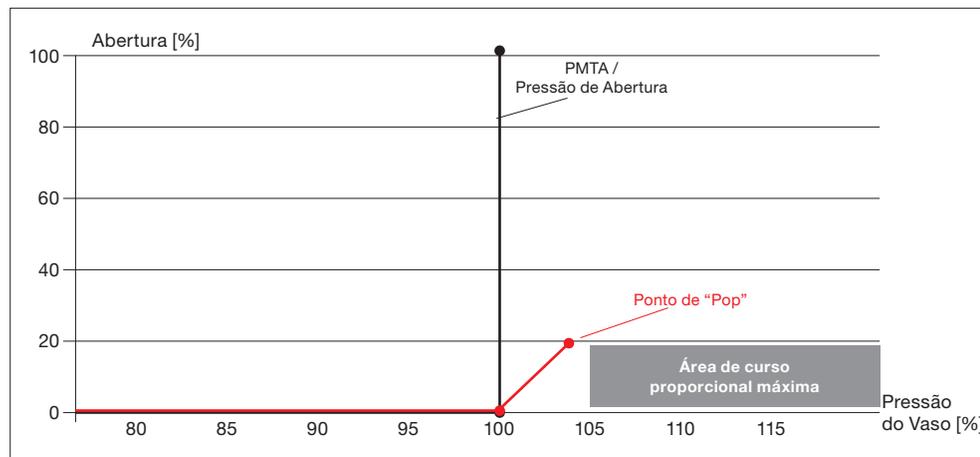


Gráfico 3.3

À medida que a pressão continua a aumentar além da fase inicial de abertura proporcional, a válvula atinge o ponto crítico conhecido como “Pop”. Nesse momento, ocorre a abertura instantânea da válvula, atingindo seu curso total e permitindo o alívio completo da vazão para a qual foi projetada.

Essa transição ocorre devido à rápida superação da força da mola pela pressão do fluido, resultando em um deslocamento abrupto do disco.

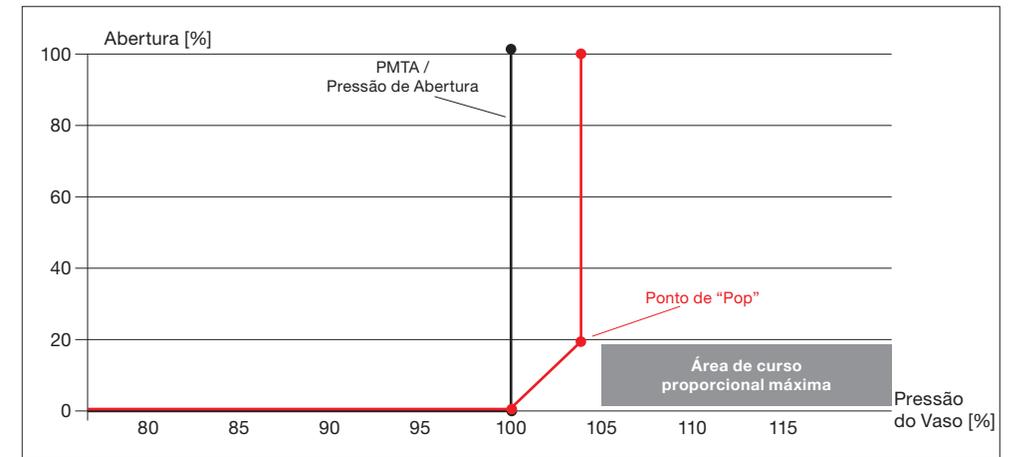


Gráfico 3.4

Nesse estágio, a força da mola (F_s), que atua no sentido de fechamento da válvula, torna-se significativamente menor do que a força de abertura (F_p), exercida pela pressão do fluido sobre o disco.

Essa relação de forças pode ser expressa matematicamente como:

$$F_s \gg F_p$$

A válvula está aberta

Onde:

- $F_s = k \cdot x$ representa a força da mola, sendo k o coeficiente elástico da mola e x sua deformação;
- $F_p = P \cdot A$ é a força exercida pela pressão do fluido sobre a área efetiva do disco (A).

Com essa diferença acentuada entre as forças, a válvula atinge o estágio de abertura total e instantânea (“Pop”), garantindo o alívio máximo de vazão para proteger o sistema contra sobrepressão.

A mesma continua aliviando toda sua capacidade no curso total até o seu percentual de sobrepressão, conforme mostra o gráfico 3.5.

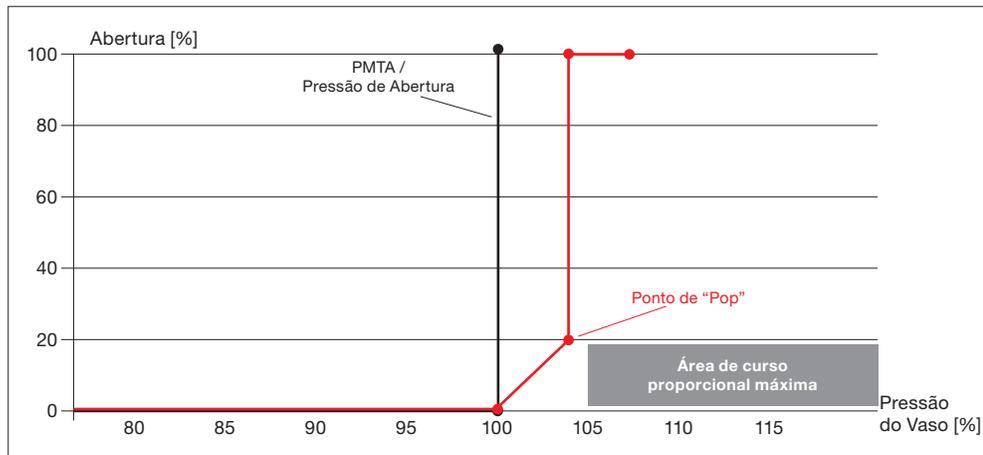


Gráfico 3.5

Por fim, ocorre o último momento do processo de operação:

3.3.4. Início do Fechamento da Válvula

Com o alívio da vazão, a pressão do sistema começa a diminuir gradativamente, reduzindo a força exercida pelo fluido sobre o disco da válvula. Conseqüentemente, a válvula inicia o processo de fechamento, reduzindo seu curso de abertura conforme a força da mola passa a recuperar predominância sobre a pressão do fluido.

Esse comportamento ocorre até que a força da mola (F_s) seja suficiente para poder vencer a força da pressão do fluido (F_p), no momento em que a válvula fecha completamente, retornando à sua posição inicial e restabelecendo a vedação do sistema.

Essa transição é caracterizada pelo blowdown, que representa a diferença percentual entre a Pressão de Abertura e a Pressão de Fechamento da válvula. O valor do blowdown é um fator de projeto importante, pois afeta a estabilidade do sistema e a frequência de atuação da válvula.

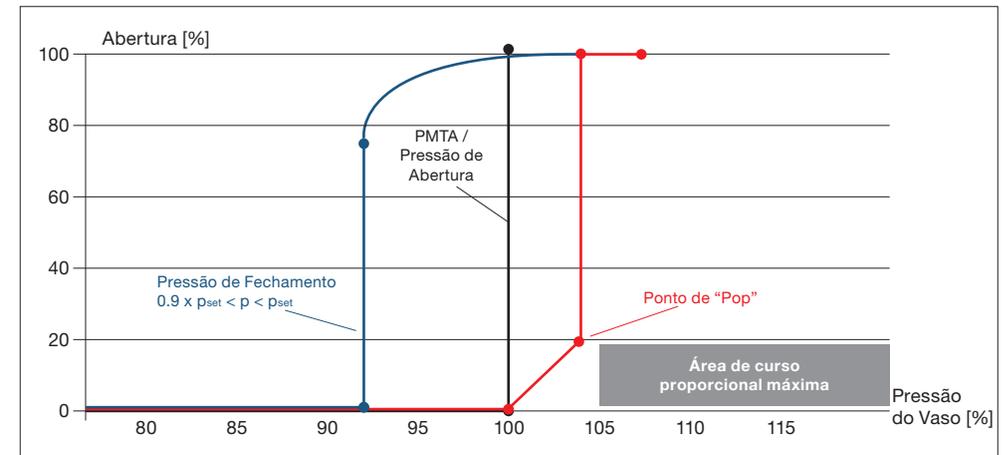


Gráfico 3.6

Assim, ao final do ciclo, a válvula de segurança volta ao seu estado de repouso, pronta para atuar novamente caso ocorra uma nova sobrepressão no sistema.

3.4. Construção

Existem poucos modelos de válvulas de segurança com design em linha, uma vez que a maioria apresenta corpo angular. Esse formato é predominante devido à maior facilidade de conexão aos bocais de pressão, que geralmente são montados verticalmente nos vasos de pressão.

Para garantir um desempenho adequado, é essencial evitar a orientação vertical para cima da saída da válvula de segurança. Essa precaução permite uma drenagem eficiente, impedindo o acúmulo de condensado ou outros líquidos, o que poderia comprometer a operação da válvula e afetar sua capacidade de alívio de pressão.

As válvulas de segurança são fabricadas em uma ampla variedade de materiais, incluindo:

- Bronze;
- Aço carbono;
- Aço inoxidável;
- Ligas especiais, como Inconel, Hastelloy e Titânio.

A seleção do material deve ser realizada com base nas características do processo, levando em consideração fatores como:

- Análise do fluido – Identificação de propriedades corrosivas ou impactos ambientais e à saúde.

- Análise do ambiente operacional – Consideração de fatores externos, como temperatura, umidade e exposição a agentes químicos.

A escolha correta do material da válvula de segurança é essencial para garantir sua durabilidade, confiabilidade e conformidade com os requisitos de segurança industrial.

No entanto, cada norma de construção estabelece os materiais mínimos exigidos para cada componente da válvula de segurança, garantindo a conformidade com os requisitos de resistência mecânica, compatibilidade química e desempenho operacional.

Outra característica relevante na construção das válvulas de segurança e alívio é a diversidade de tipos de conexão, que podem variar conforme a aplicação e os padrões industriais. As conexões mais comuns incluem:

3.4.1. Flangeadas

Amplamente empregadas em processos industriais, permitindo melhor vedação e facilidade de manutenção.

Padrão	Originário de
ASME B 16.5 (antiga ANSI B 16.5)	América
EN 1092-1	Europa
JIS B 2220 (JIS = Japanese Industry Standard)	Japão, equivalente ao KS (Korean Standard)

Tabela 3.1



Figura 3.8

3.4.2. Roscadas

Utilizadas em aplicações de menor porte e sistemas de baixa pressão.

Padrão	Outra designação	Originário de
ASME B 1.20.1 - NPT		América
ASME B 1.20.3 - NPTF		América
ISO 7-1 - R	BS 21, BSP-T	Europa
ISO 7-1 - Rp	BS 21, BSP-P	Europa
ISO 228-1 - G	BS 2779	Europa

Tabela 3.2



Figura 3.9

3.4.3. Outras Conexões

Também existem outras conexões como: Clamp, soldáveis, Grayloc, entre outras.

Além disso, uma válvula de segurança pode ser dividida em duas zonas de pressão separadas:

- Pressão primária – Corresponde à pressão na entrada da válvula, onde o fluido pressurizado atua diretamente sobre o disco e demais componentes do sistema de vedação.

- Pressão secundária – Refere-se à pressão na região localizada após o bocal da válvula, ao longo do caminho de escoamento do fluido, abrangendo áreas como o corpo e o castelo da válvula.

As zonas de pressão são determinantes para a pressão nominal dos componentes da válvula, garantindo que cada peça seja projetada conforme os esforços mecânicos aos quais será submetida.

Na maioria dos casos, a pressão secundária é significativamente menor que a pressão primária, uma vez que ocorre uma queda de pressão ao longo do trajeto do fluido.

Dessa forma, a pressão nominal dos componentes da zona de pressão primária (entrada da válvula) é, na maioria das vezes, superior à pressão nominal dos componentes na zona de pressão secundária (áreas após o bocal da válvula). Essa diferença deve ser considerada no dimensionamento e seleção dos materiais, garantindo a integridade estrutural da válvula e sua adequação às condições operacionais.

3.4.4. Zona Primária (Entrada)

Corresponde à região onde todas as partes da válvula estão sujeitas à pressão primária, ou seja, a pressão do sistema antes da abertura da válvula. Essa zona abrange os seguintes componentes:

- Bocal;
- Disco;
- Parte de entrada do corpo.

Esses componentes devem ser projetados para suportar a pressão máxima de operação do sistema, garantindo a vedação e a correta atuação da válvula.

3.4.5. Zona Secundária (Saída)

Refere-se à região onde as partes da válvula estão sujeitas à pressão secundária, ou seja, a pressão após o escoamento do fluido pelo bocal da válvula. Essa zona inclui os seguintes componentes:

- Saída do corpo;
- Castelo;
- Capuz;
- Outros elementos da estrutura externa.

A pressão secundária geralmente é menor que a primária, pois há uma queda de pressão conforme o fluido é descarregado da válvula para a linha de alívio ou para a atmosfera. O correto dimensionamento desses componentes é essencial para garantir a operação de maneira segura e eficiente dentro dos limites estabelecidos.

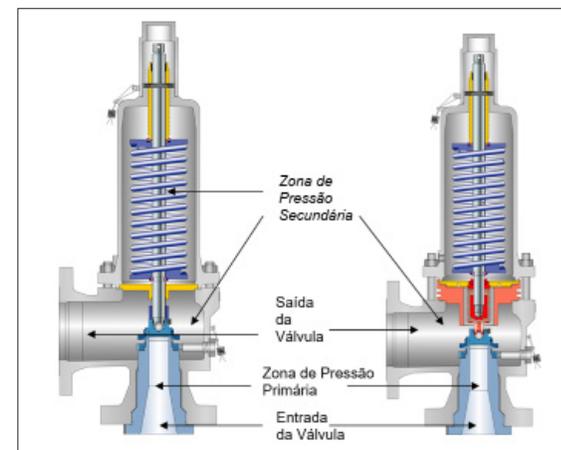


Figura 3.10

As válvulas de segurança também podem ser classificadas de acordo com sua construção e influência da contrapressão.

3.4.6. Válvula de Segurança Convencional

Uma válvula de segurança convencional é um dispositivo carregado por mola, cuja operação é diretamente afetada por variações na contrapressão.

De acordo com a API 520-1, seção 1.2.1.2, a contrapressão é definida como a pressão presente na zona de pressão secundária (saída) da válvula. Como essa pressão atua sobre os componentes internos da válvula, qualquer aumento na contrapressão reduz a força diferencial disponível para a abertura da válvula, podendo afetar seu desempenho e a Pressão de Abertura ajustada.

Nesse tipo de construção, as válvulas de segurança convencionais podem operar com contrapressões constantes ou desenvolvidas de até 15% da Pressão de Ajuste, conforme discutido anteriormente no conceito de Contrapressão. Quando a contrapressão ultrapassa esse limite, pode haver impacto significativo no desempenho da válvula, afetando a Pressão de Abertura e a capacidade de alívio.

Abaixo, apresenta-se a terminologia utilizada para os principais componentes de uma válvula de segurança convencional:

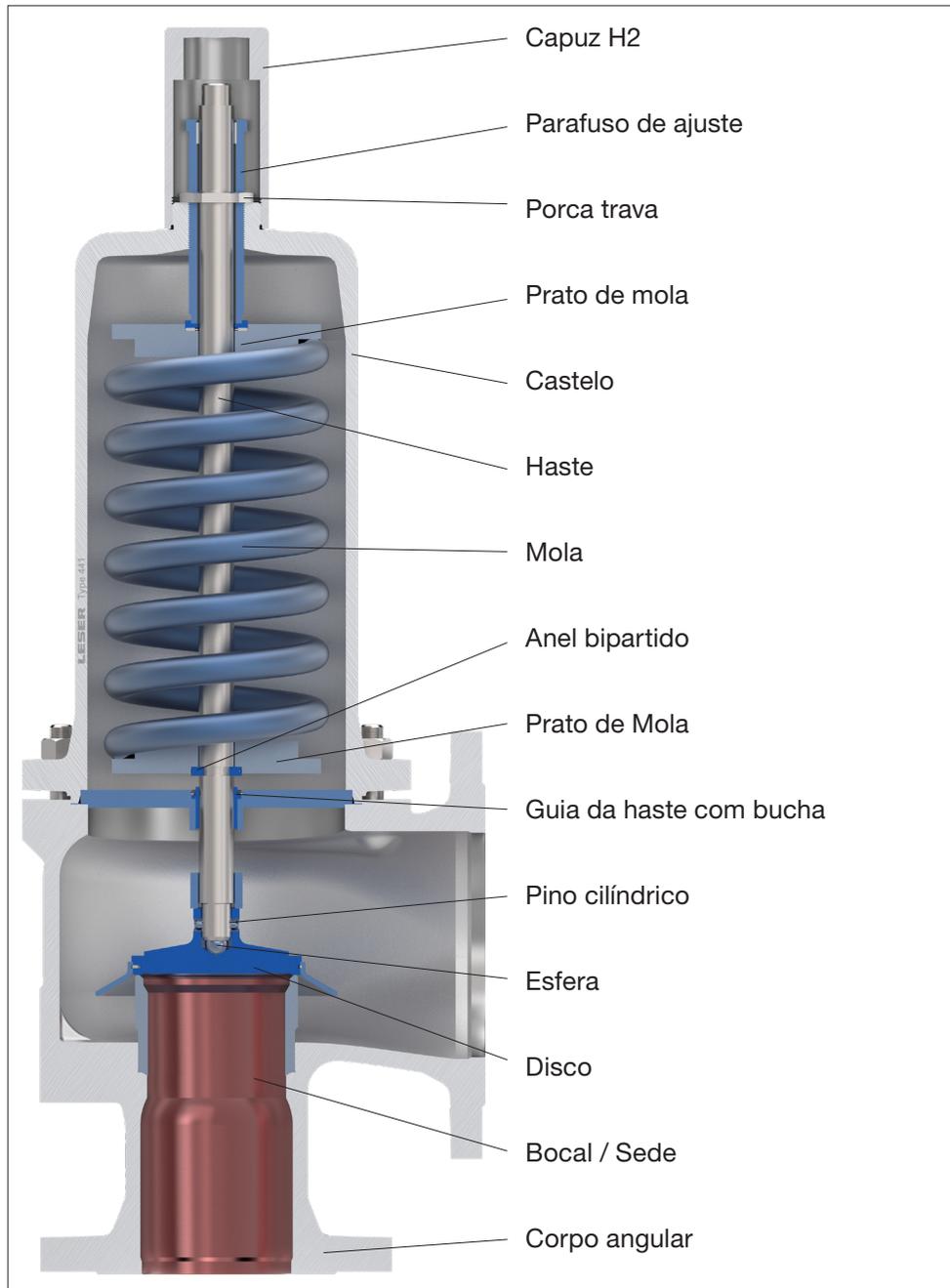


Figura 3.11

3.4.7. Válvula de Segurança Balanceada

Uma válvula de segurança balanceada é uma válvula carregada por mola que incorpora um fole de balanceamento ou outro mecanismo projetado para minimizar os efeitos da contrapressão sobre seu desempenho operacional.

Esse tipo de válvula é indicado para sistemas onde há contrapressão variável até o limite do fole de balanceamento (conforme discutido anteriormente). Além disso, é amplamente utilizada em aplicações que requerem a limitação do contato do fluido com determinadas partes da válvula.

Na construção balanceada, o fluido do sistema é restrito à parte inferior da válvula, ou seja, da guia para baixo, evitando que componentes como o castelo, a mola e o prato de mola sejam expostos ao meio de processo.

Essa característica é especialmente relevante em sistemas que lidam com fluidos corrosivos ou nocivos, pois elimina a necessidade de utilizar materiais nobres para esses componentes internos, reduzindo custos e aumentando a vida útil da válvula.

A correta seleção desse tipo de válvula garante maior estabilidade operacional e proteção dos componentes internos, tornando-a ideal para aplicações críticas em ambientes agressivos.

Abaixo, apresenta-se a terminologia utilizada para os principais componentes de uma válvula de segurança balanceada:

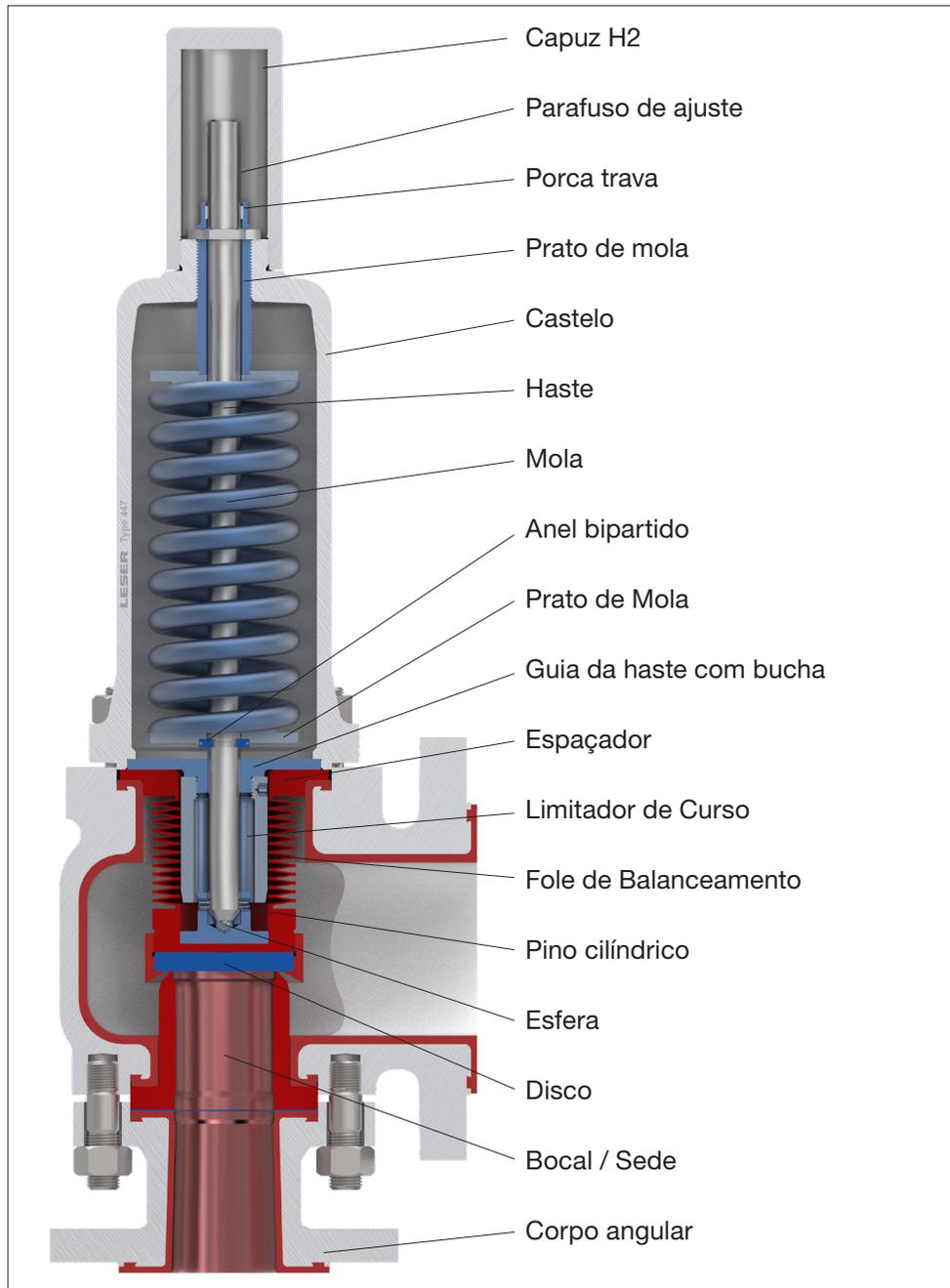


Figura 3.12

3.5. Fole de Balanceamento

O fole de balanceamento é um componente projetado para neutralizar os efeitos da contrapressão no funcionamento da válvula de segurança. No diagrama de forças, seu objetivo é compensar as forças adicionais geradas pela contrapressão, garantindo que a válvula opere apenas com as forças fundamentais já discutidas:

- Força da mola (F_s)
- Força da pressão do fluido de entrada (F_p)

Esse equilíbrio ocorre porque a área efetiva do fole é projetada para ser igual à área do disco da válvula. Dessa forma, qualquer força gerada pela contrapressão sobre o disco será anulada por uma força de igual magnitude e sentido oposto exercida pelo fole. Assim, a força resultante da contrapressão e do fole será zero, garantindo que a contrapressão não altere a Pressão de Abertura da válvula.

A utilização do fole de balanceamento é essencial em sistemas com contrapressão variável, pois assegura que a válvula de segurança opere dentro dos parâmetros ajustados, sem interferências externas que possam comprometer sua precisão e confiabilidade.

Toda válvula de segurança equipada com fole de balanceamento deve necessariamente possuir um vent no castelo. Esse elemento desempenha um papel essencial na detecção de vazamentos no fole e na garantia do seu correto funcionamento.

A presença do vent permite que qualquer vazamento no fole seja identificado, evitando que a pressão do fluido se acumule no interior do castelo da válvula. Além disso, esse mecanismo assegura que não haja desenvolvimento de pressão dentro do castelo devido à compressão da mola durante a operação da válvula.

Caso a válvula não possua um vent adequado, a pressão acumulada no castelo poderia interferir no equilíbrio de forças da válvula, afetando a Pressão de Abertura e comprometendo sua resposta ao alívio de pressão. Dessa forma, o vent é um recurso de segurança fundamental para manter a confiabilidade da válvula e evitar falhas operacionais.

Na tabela abaixo estão os riscos para os casos de bloqueio do vent:

Razão para pressão desenvolvida no castelo	Causado por	Risco de
Defeito no fole	Contrapressão Superimposta	A Pressão de Abertura aumenta de acordo com o valor da Contrapressão Superimposta
Defeito no fole	Contrapressão Desenvolvida	O funcionamento da válvula de segurança após a abertura é equivalente ao de uma válvula convencional. Dessa forma, existe a possibilidade de chattering caso a contrapressão desenvolvida seja elevada.
Expansão térmica do ar dentro do castelo	Radiação solar	Pequeno aumento da Pressão de Abertura.

Tabela 3.3

Um fator essencial a ser observado em válvulas de segurança balanceadas é a Pressão de Abertura, que deve respeitar os limites mínimo e máximo suportados pelo fole.

- Pressão de Abertura Mínima

Assim como a mola, o fole possui um coeficiente elástico, que varia de acordo com sua construção. Para pressões muito baixas, o coeficiente elástico do fole pode ser significativamente maior que o da mola, comprometendo o funcionamento adequado da válvula. Por esse motivo, é fundamental verificar junto ao fabricante o limite mínimo de Pressão de Abertura permitido para o modelo específico da válvula.

- Pressão de Abertura Máxima

Os foles são fabricados a partir de chapas finas, com espessura máxima de aproximadamente 0,1 mm. Dessa forma, sua resistência à pressão externa é determinada por essa espessura. Durante a abertura da válvula, a pressão no corpo da válvula — dependente da Pressão de Abertura — estabelece um limite superior para o fole.

Além disso, os foles são projetados para suportar contrapressões até um percentual máximo da Pressão de Abertura. Em válvulas padronizadas pela API, por exemplo, esse limite pode ser de 50% da Pressão de Abertura.

O respeito a esses limites é essencial para garantir a integridade estrutural do fole e o funcionamento adequado da válvula, evitando falhas operacionais decorrentes de sobrecarga mecânica.

3.6. Opcionais

Em uma válvula de segurança existem diversos opcionais utilizados em sua construção. Veja mais sobre os principais opcionais a seguir.

3.6.1. Castelo

O castelo é a estrutura que abriga a mola e os componentes internos da válvula de segurança. Pode ser fechado, o mais comum, ou aberto, utilizado em altas temperaturas para facilitar a dissipação térmica.

- Castelo Fechado

O tipo mais comum, amplamente utilizado na maioria dos processos industriais e adequado para todos os tipos de válvulas de segurança. Em válvulas balanceadas, a presença de um vent no castelo é necessária.

- Castelo Aberto

Indicado para aplicações com altas temperaturas, permitindo a troca térmica e eliminando a necessidade de correção de temperatura. Por essa razão, é amplamente utilizado em sistemas de vapor.



Figura 3.13

3.6.2. Capuz

O capuz é um componente da válvula de segurança que protege e abriga o mecanismo interno, como a haste e o prato da mola. Sua função principal é fornecer proteção mecânica, impedir a entrada de contaminantes externos e, em alguns casos, facilitar a ventilação para evitar o acúmulo de pressão no castelo. Dependendo da aplicação, pode ser aberto, fechado ou ventilado, garantindo o desempenho adequado da válvula em diferentes condições operacionais.

Capuz	Selecionado quando
Liso	Capuz padrão em uma válvula de segurança
Capuz aberto	A alavanca pode ser solicitada ou exigida por códigos e normas, especialmente em aplicações com fluidos não perigosos, como vapor ou ar
Capuz encapsulado	Quando a aplicação envolve fluidos perigosos, sua exigência também pode ser determinada por normas específicas
Capuz aparafusado	Para válvulas de grande porte, a alavanca facilita a remoção da tampa, permitindo o uso de ferramentas de menor tamanho

Tabela 3.4



Figura 3.14

3.6.3. Vedação da Válvula

Os opcionais de vedação da válvula de segurança incluem diferentes tipos de anéis de vedação e materiais de assento, selecionados conforme o fluido, temperatura e requisitos de estanqueidade. Entre as opções mais comuns estão metal-metal, anel macio (soft seat) e vedação especial para altas temperaturas ou fluidos corrosivos.

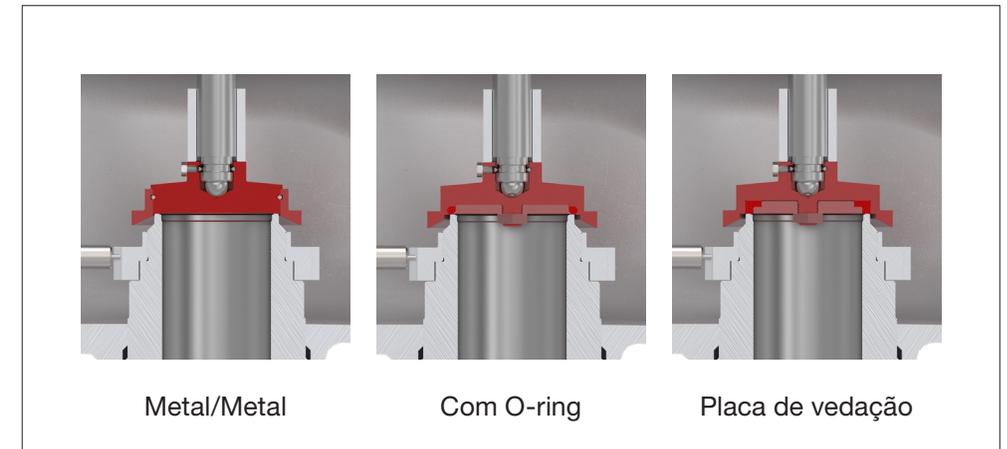


Figura 3.15

A seleção de um projeto de vedação elástica pode oferecer diversas vantagens, algumas delas são:

1. Estanqueidade superior, especialmente em pressões operacionais acima de 90% da Pressão de Abertura;
2. Manutenção da vedação em condições adversas, como:
 - Fluidos contendo pequenas partículas sólidas, que poderiam danificar um assento metálico;
 - Líquidos leves e de difícil contenção, como hélio;
 - Ambientes sujeitos a vibrações, onde um assento metálico poderia comprometer a vedação;
 - Condições de congelamento do bocal, como em processos com etileno.

O usuário deve considerar os limites específicos de temperatura e resistência química ao selecionar materiais de vedação elástica.

Além disso, existem acessórios opcionais que podem ser incorporados à válvula, dependendo das necessidades do processo e exigências do cliente, tais como:

3.6.4. Camisa de Aquecimento

Em aplicações com fluidos de alta viscosidade (baixo número de Reynolds), a camisa de aquecimento com espaçador aquecido assegura:

- O funcionamento adequado das válvulas de segurança, evitando falhas operacionais;
- A proteção contra entupimento, mantendo a fluidez do fluido no interior da válvula.



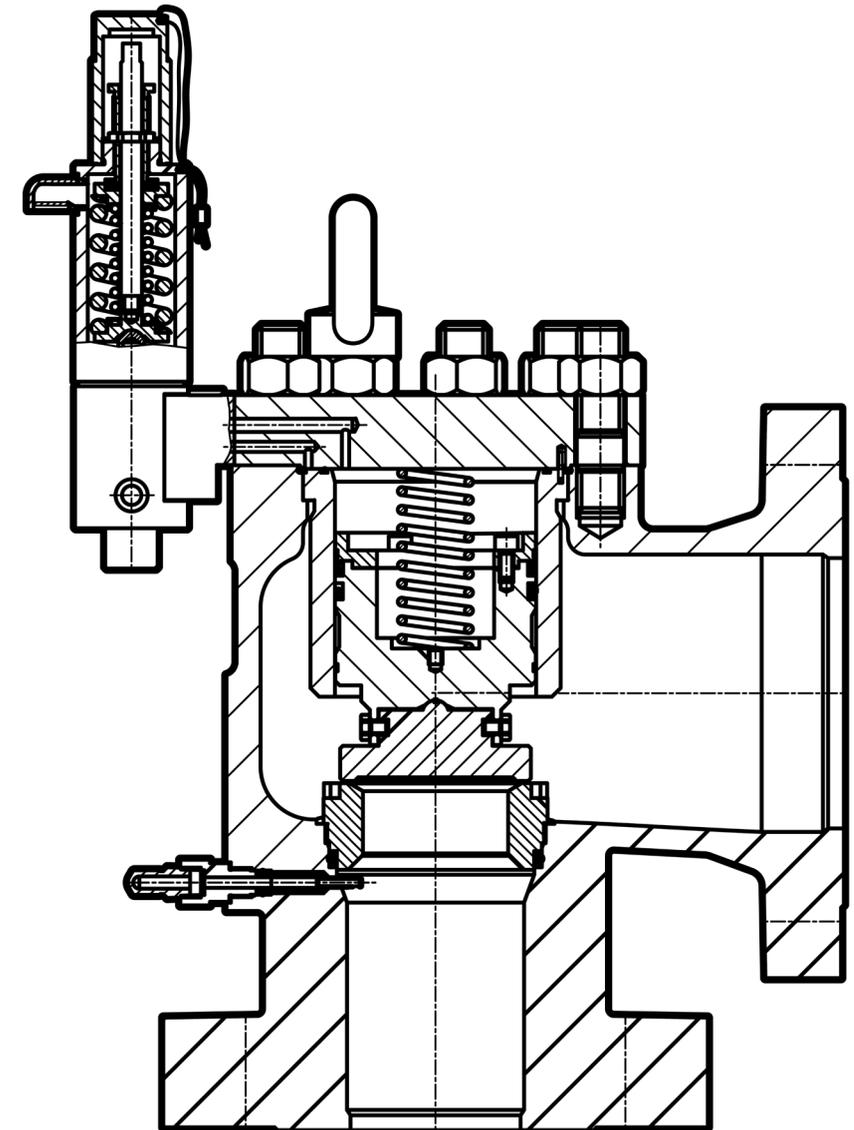
Figura 3.16

3.6.5. Trava para Teste Hidrostático

A válvula deve ser bloqueada para a realização do teste hidrostático no sistema. Caso isso não seja possível, ela deve ser removida ou uma placa de orifício deve ser instalada previamente.



Figura 3.17



Modelo High Efficiency - Válvula de Segurança Piloto-Operada

Capítulo 4

Válvulas de Segurança Piloto-Operadas

4.1. Definições e Princípios de Funcionamento

A válvula de segurança piloto-operada (POSV) é um tipo de válvula rearmável, porém, ao contrário das válvulas de ação direta, seu funcionamento é controlado por um mecanismo externo.

Esse tipo de válvula é indicado para aplicações que exigem operação em altas pressões ou com percentuais elevados de contrapressão, além de permitir menores valores de sobrepressão e blowdown em comparação às válvulas convencionais.

O funcionamento da válvula principal depende de uma ação externa, realizada por um piloto acoplado à válvula. O piloto controla a abertura e o fechamento da válvula principal, garantindo maior precisão no alívio de pressão.

Assim como nas válvulas de segurança convencionais, a operação da válvula piloto-operada requer apenas o fluido do processo, eliminando a necessidade de fontes externas de energia ou acionamento pneumático. Essa característica a torna uma solução eficiente para sistemas críticos, onde a estabilidade operacional e a minimização de perdas de fluido são essenciais.

O funcionamento de uma válvula de segurança ou alívio é fundamentado em conceitos básicos da física, especialmente na teoria do Diagrama de Forças de Newton, assim como ocorre nas válvulas de segurança convencionais. No entanto, nas válvulas de segurança piloto-operadas, há a aplicação de um segundo conceito físico, o princípio dos vasos comunicantes.

Esse princípio explica a forma como a pressão do fluido do processo é utilizada para controlar a atuação da válvula principal por meio do piloto. A diferença de pressão entre as câmaras internas da válvula e a comunicação entre elas garantem a estabilidade da abertura e fechamento, permitindo um controle mais preciso da pressão do sistema e minimizando oscilações indesejadas.

Esse mecanismo torna as válvulas piloto-operadas ideais para aplicações que requerem menores valores de sobrepressão e blowdown, além de permitir a operação em sistemas com altas pressões ou contrapressões variáveis.

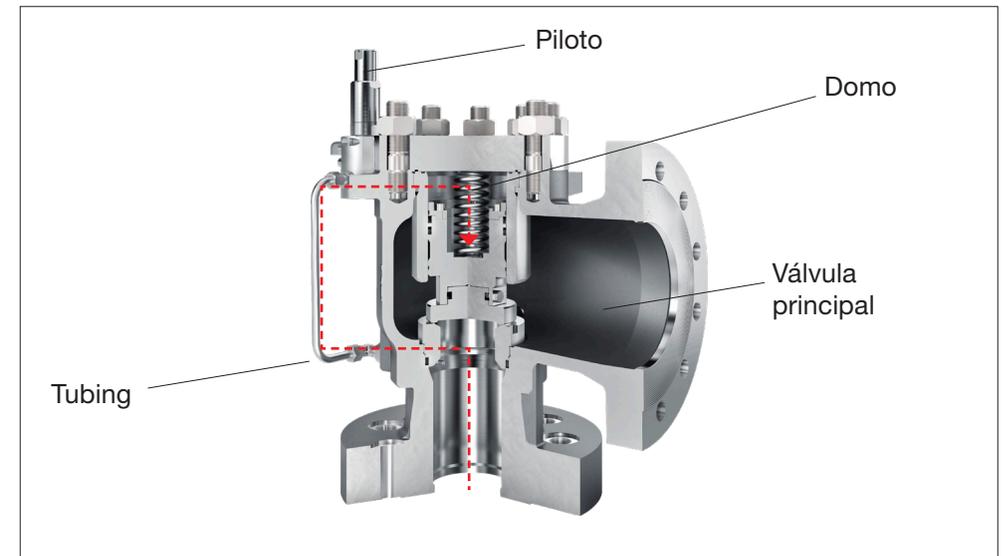


Figura 4.1

$$\sum F = 0 = m \cdot a$$

Onde:

- $\sum F$ = Soma das forças atuantes na válvula;
- m = Massa do componente móvel da válvula (como o disco ou a sede);
- a = Aceleração do componente móvel.

Além disso, devido ao conceito de vasos comunicantes, a pressão na entrada da válvula é igual à pressão no domo, uma vez que essas regiões são interligadas pelo tubing. Essa característica é essencial para o controle da válvula, pois permite que o fluido do processo atue diretamente sobre os componentes internos, garantindo sua operação precisa.

As forças que atuam para manter a válvula fechada incluem:

Força do fluido no domo da válvula – A pressão presente no domo gera uma força que mantém o disco da válvula principal vedado, impedindo a abertura até que a pressão atinja o ponto de ajuste.

Esse equilíbrio de forças permite que a válvula opere de forma estável, garantindo um controle mais eficiente da pressão do sistema e reduzindo a necessidade de valores elevados de sobrepressão e blowdown.

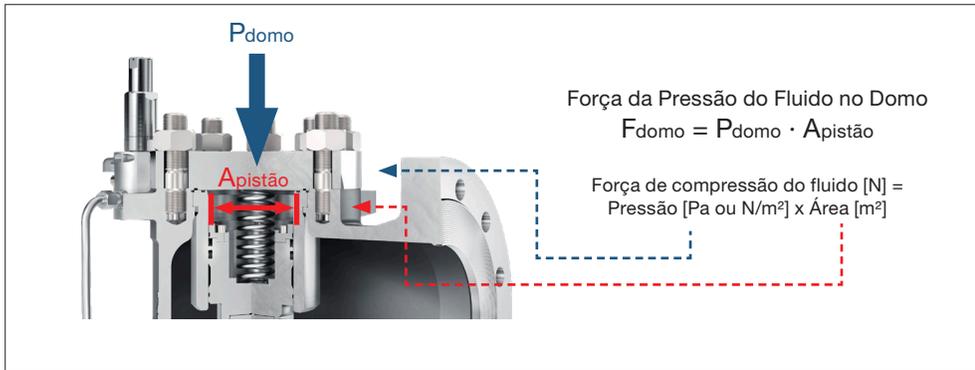


Figura 4.2

Na válvula de segurança piloto-operada, as forças que atuam no sentido de abertura são fundamentais para determinar o momento exato em que a válvula principal se desloca, permitindo o alívio da pressão do sistema.

A principal força responsável por esse movimento é:

Força da pressão do fluido na entrada – A pressão do fluido na entrada da válvula principal exerce uma força ascendente sobre o disco, atuando no sentido de abertura.

Quando essa força supera a força de fechamento imposta pelo fluido no domo e demais componentes da válvula, a válvula principal se abre, permitindo a liberação da sobrepressão.

Esse equilíbrio de forças é regulado pelo piloto, que controla a pressão no domo e define o momento exato da abertura da válvula, garantindo precisão e estabilidade operacional.

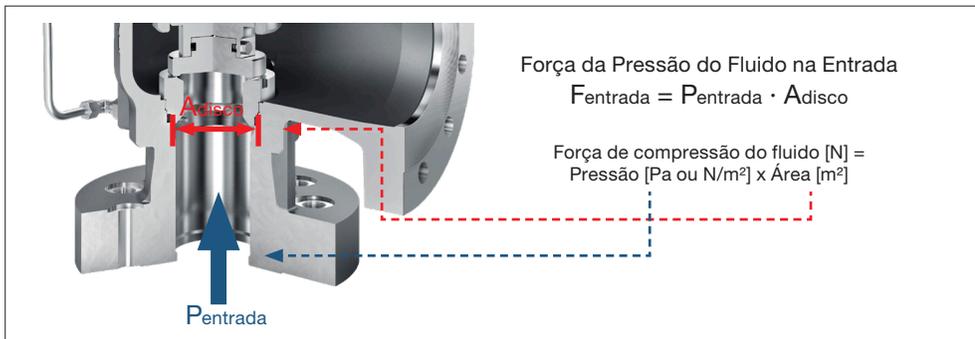


Figura 4.3

Como a pressão na entrada e a pressão no domo são iguais, de acordo com o princípio dos vasos comunicantes, a força resultante será determinada pela diferença entre as áreas atuantes.

O pistão da válvula possui uma área maior do que a do disco, o que significa que, na condição normal do processo, a força no domo será maior do que a força na entrada.

Essa diferença impede a abertura da válvula até que ocorra um alívio da pressão no domo, controlado pelo piloto. Quando o piloto libera o fluido do domo, a força no disco se torna predominante, permitindo a abertura da válvula principal e o alívio da sobrepressão.

4.2. Condições de Operação

Assim como ocorre nas válvulas de segurança e alívio convencionais, as válvulas de segurança piloto-operadas também possuem diferentes momentos de operação ao longo do seu funcionamento. A seguir, são apresentados esses estágios em detalhes.

4.2.1. Válvula Fechada

Durante a operação normal, a pressão está abaixo da pressão de abertura.

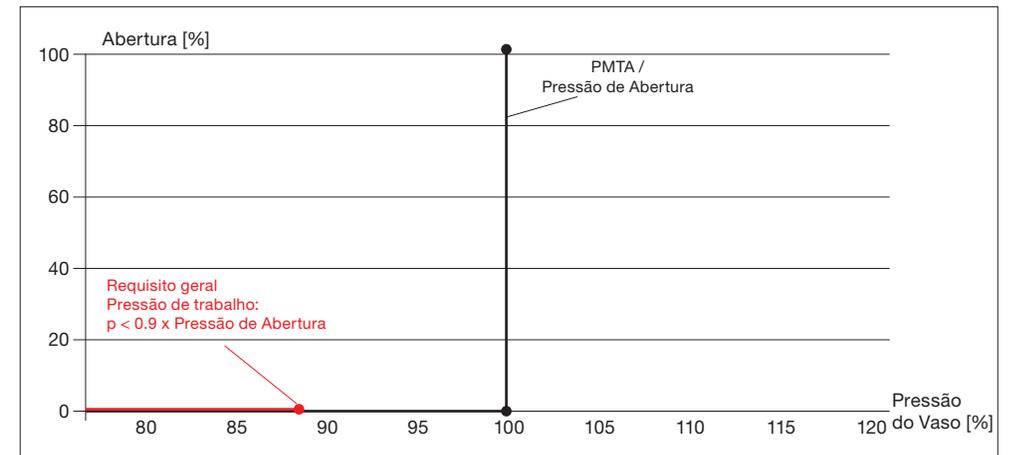


Gráfico 4.1

Nesse estágio, a força exercida no domo (F_{domo}), atuando no sentido de fechamento, é maior do que a força de pressão de entrada (F_{entrada}), que atua para abrir o disco. Como resultado, a válvula de segurança permanece fechada, garantindo a vedação do sistema até que a pressão atinja o ponto de ajuste para a abertura.

$F_{\text{domo}} > F_{\text{entrada}}$
A válvula está fechada

Quando ocorre uma instabilidade no sistema, a pressão interna começa a superar a pressão de trabalho estabelecida. Como consequência, há um aumento da pressão na entrada da válvula de segurança, exercendo uma força crescente sobre o disco. Esse aumento de pressão pode levar ao acionamento do piloto, iniciando o processo de abertura da válvula principal para aliviar a sobrepressão no sistema.

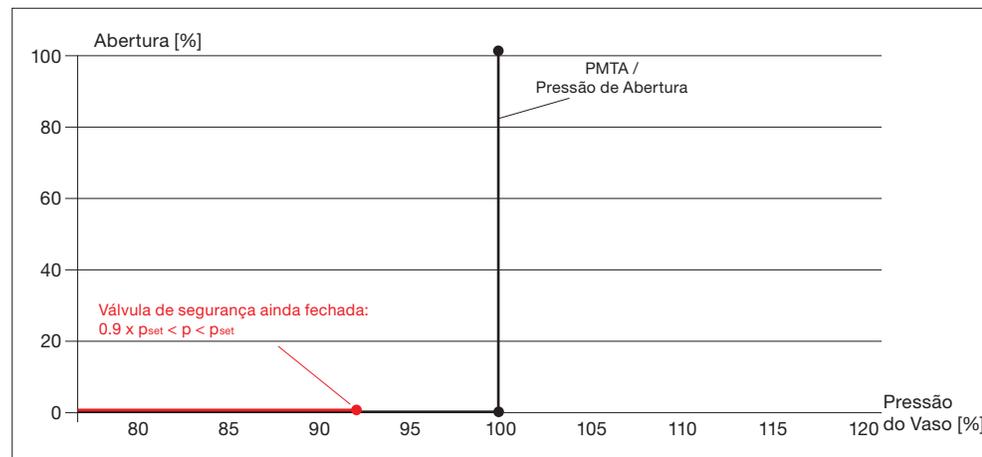


Gráfico 4.2

Se a pressão do sistema continuar a aumentar devido à instabilidade, atingindo o ponto de Pressão de Abertura, a válvula entra no segundo estágio de operação:

4.2.2. Válvula Abrindo

Nesse momento, a válvula piloto atinge sua Pressão de Abertura e se abre, interrompendo a comunicação do tubing entre a entrada e o domo. Consequentemente, a pressão no domo é aliviada por meio do dreno, reduzindo a força de fechamento sobre o disco da válvula principal.

Com a queda da pressão no domo, a força da pressão de entrada se torna predominante, iniciando a abertura da válvula principal e permitindo o início do alívio de pressão do sistema.

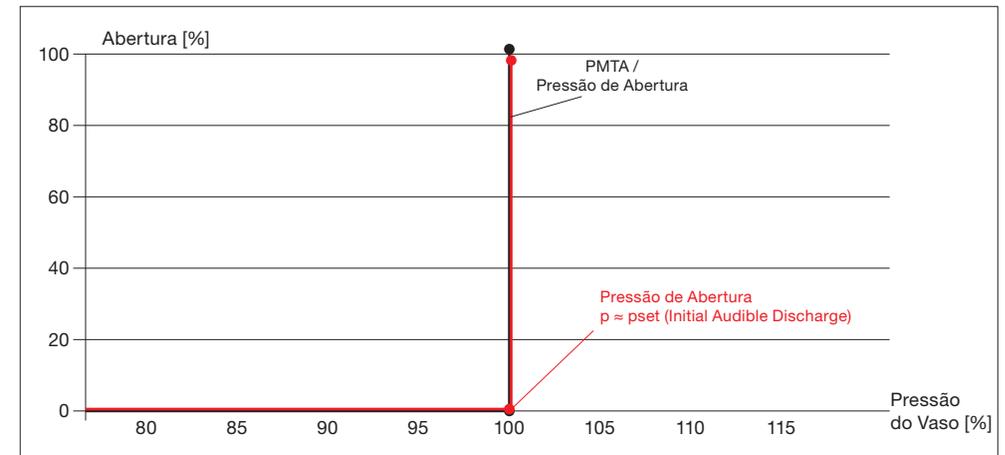


Gráfico 4.3

Nesse caso, a força do domo (F_{domo}) agindo para baixo é igual a força de entrada (F_{entrada}) agindo para cima no disco.

$F_s = F_p$
A válvula está começando a abrir

Imediatamente após a abertura do piloto, o domo é completamente esvaziado, eliminando a força de fechamento e permitindo a abertura total da válvula principal. Dessa forma, inicia-se o terceiro momento da operação:

4.2.3. Válvula Aberta

Neste estágio, é fundamental considerar o tipo de piloto utilizado. No caso da válvula piloto-operada modelo Pop Action, o esvaziamento do domo ocorre instantaneamente, resultando em uma abertura total imediata da válvula principal. Assim, a válvula libera toda a vazão para a qual foi projetada, garantindo um alívio eficiente da sobrepressão no sistema.

Já na válvula de segurança piloto-operada de modelo Modulate Action, o esvaziamento do domo ocorre de forma gradual, resultando em uma abertura proporcional desde o início do processo até atingir o curso total da válvula. Dessa maneira, a válvula modula a vazão de alívio de acordo com o aumento da pressão do sistema, alcançando progressivamente sua capacidade máxima de descarga.

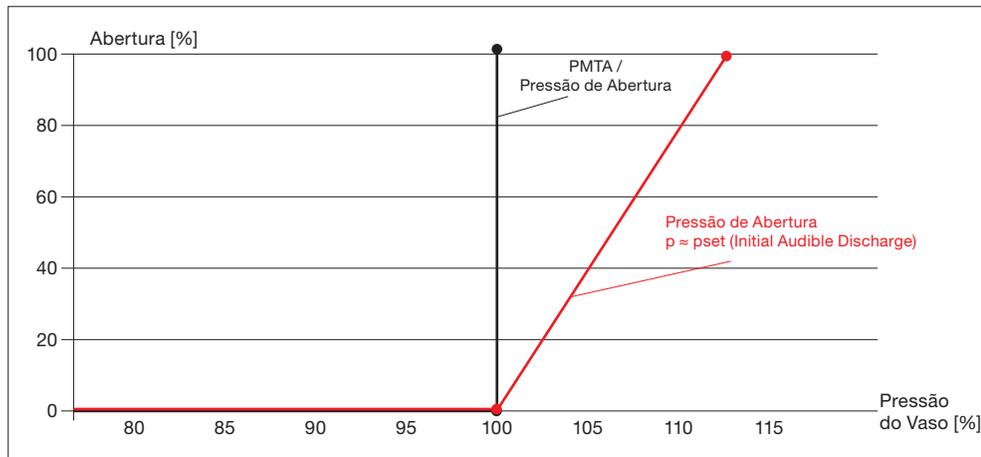


Gráfico 4.4

Nesse estágio, a força do domo (F_{domo}), que atuava no sentido de fechamento, torna-se nula devido ao esvaziamento completo do domo. Como resultado, a única força atuante na válvula é a força da pressão de entrada (F_{entrada}), que age para cima no disco, garantindo a abertura total da válvula e permitindo o alívio completo da sobrepressão do sistema.

$$F_{\text{domo}} \ll F_{\text{entrada}}$$

A válvula está aberta

A válvula continua aliviando toda a capacidade de vazão no curso total até que a pressão do sistema atinja o percentual de sobrepressão estabelecido para a válvula.

Após esse processo, inicia-se o quarto e último momento da operação:

4.2.4. Válvula Fechando

Com o alívio da vazão, a pressão do sistema começa a diminuir gradativamente, levando ao fechamento do piloto da válvula. Esse fechamento faz com que o domo volte a ser preenchido pelo fluido do processo, através do tubing que o conecta à entrada da válvula.

No caso da válvula piloto-operada modelo Pop Action, o preenchimento do domo ocorre rapidamente, resultando em um fechamento quase instantâneo da válvula principal. Esse fechamento acontece próximo da Pressão de Abertura, garantindo um retorno eficiente à condição normal de operação.

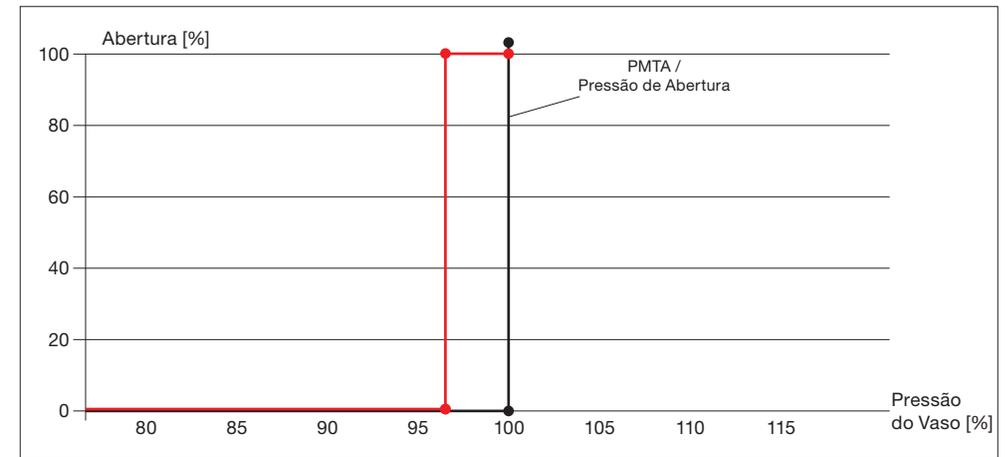


Gráfico 4.5

Já na válvula piloto-operada modelo Modulate Action, o enchimento do domo ocorre de maneira gradual e proporcional, resultando em um tempo maior para o fechamento da válvula principal. Esse processo permite que a válvula reduza progressivamente a vazão de alívio, acompanhando a estabilização da pressão do sistema até o fechamento completo.

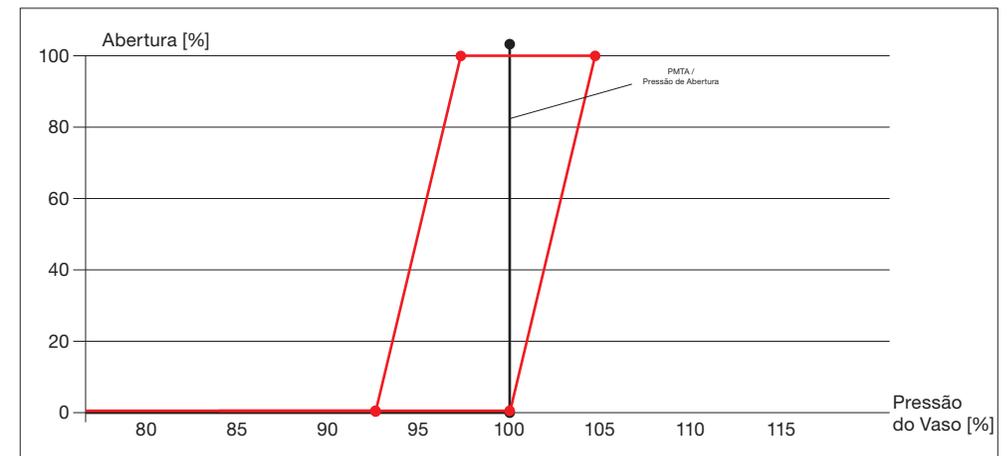


Gráfico 4.6

Assim, termina o ciclo padrão de abertura e fechamento, que deve ocorrer sempre que houver uma sobrepressão inesperada, garantindo a proteção do sistema.

4.3. Construção

Assim como as válvulas de segurança convencionais, as válvulas de segurança piloto-operadas são fabricadas em diversos materiais, incluindo:

- Aço carbono;
- Aço inoxidável;
- Ligas nobres, como Inconel, Hastelloy e Titânio.

A seleção do material deve ser feita de acordo com as características do processo, levando em consideração fatores como:

Análise do fluido, especialmente em casos de fluidos corrosivos, tóxicos ou prejudiciais ao meio ambiente e à saúde;
Análise do ambiente externo, incluindo condições de temperatura, umidade e exposição a agentes químicos.

No entanto, a especificação dos materiais mínimos para cada componente da válvula é definida pelas normas de construção aplicáveis.

Outra característica importante é que as válvulas de segurança piloto-operadas geralmente possuem apenas conexões:

4.3.1. Flangeadas

Padrão	Originário de
ASME B 16.5 (antiga ANSI B 16.5)	América
EN 1092-1	Europa
JIS B 2220 (JIS = Japanese Industry Standard)	Japão, equivalente ao KS (Korean Standard)

Tabela 4.1

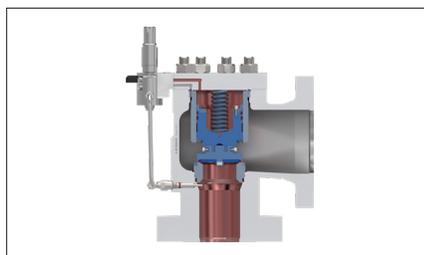


Figura 4.4



Figura 4.5

No entanto, em casos específicos, podem ser utilizadas conexões especiais, como Grayloc e Swagelok, especialmente na entrada da válvula.

As válvulas de segurança piloto-operadas são classificadas de acordo com o tipo de piloto, podendo ser Pop Action ou Modulate Action.

A principal diferença entre esses dois modelos está exclusivamente no piloto, enquanto os demais componentes da válvula principal permanecem iguais ou muito similares entre os dois tipos.

A seguir, são apresentados os componentes da válvula principal de uma válvula de segurança piloto-operada:

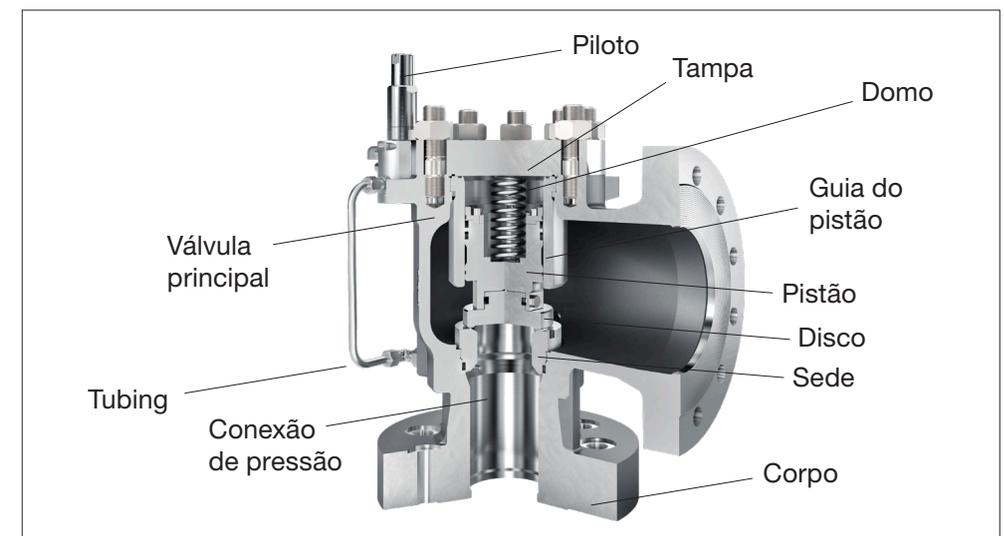


Figura 4.6

4.4. Opcionais

Em uma válvula de segurança piloto-operada, diversos opcionais podem ser incorporados para atender a requisitos específicos de operação. Um desses opcionais é a vedação da válvula.

4.4.1. Vedação da Válvula

Assim como nas válvulas de segurança convencionais, a vedação em uma válvula piloto-operada pode ser:

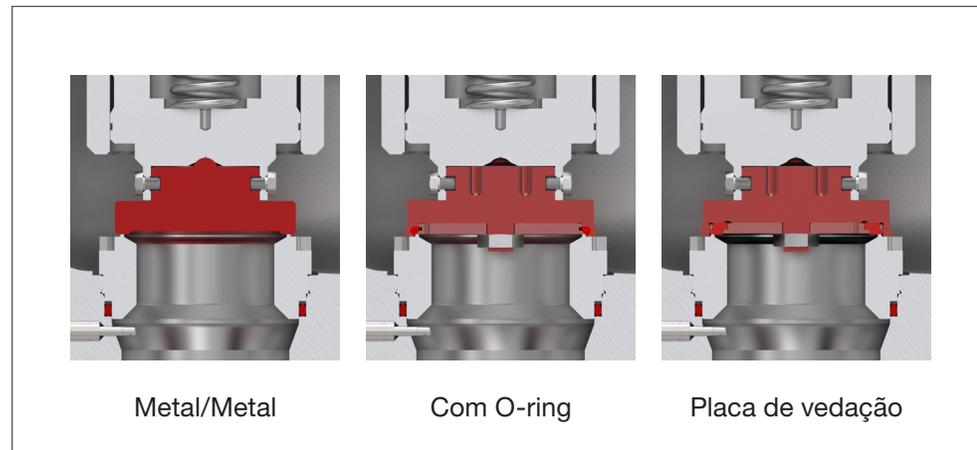


Figura 4.7

A seleção de um projeto de vedação elástica pode proporcionar diversas vantagens, incluindo:

1. Estanqueidade superior, especialmente em pressões operacionais acima de 90% da Pressão de Abertura;
2. Maior durabilidade e vedação eficiente em condições adversas, como:
 - Meios contendo pequenas partículas sólidas, que poderiam danificar um assento metálico;
 - Líquidos leves e de difícil contenção, como hélio;
 - Ambientes sujeitos a vibrações, onde um assento metálico poderia comprometer a vedação;
 - Condições de congelamento do bocal, como em processos com etileno.

O usuário deve considerar os limites específicos de temperatura e resistência química ao selecionar materiais de vedação elástica.

4.4.2. Anti-Retorno

Outro dispositivo essencial para esse tipo de válvula é o anti-retorno, cuja função é impedir que a pressão retorne ao sistema quando a contrapressão se torna maior do que a pressão de entrada da válvula.

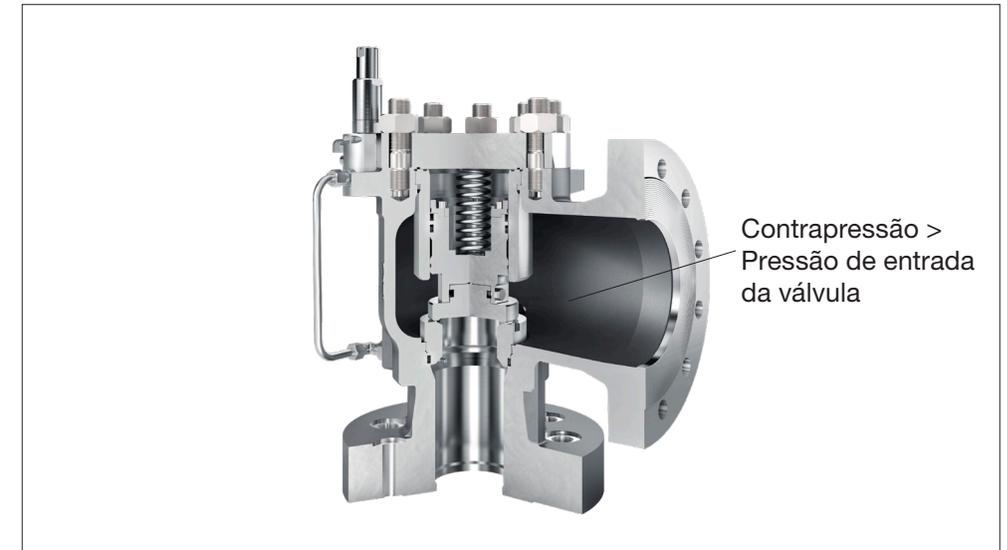


Figura 4.8

4.4.3. Filtro na Linha de Alimentação do Piloto

O filtro na linha de alimentação do piloto é essencial para esse tipo de válvula, especialmente em sistemas onde o fluido contém particulados que podem comprometer o funcionamento adequado do piloto.

Esse filtro pode ser utilizado tanto para fluidos compressíveis quanto incompressíveis, garantindo a proteção do piloto contra impurezas e prolongando sua vida útil.

Para manter a eficiência do sistema, é necessário remover periodicamente o elemento filtrante para limpeza, evitando obstruções e assegurando o bom desempenho da válvula.



Figura 4.9

4.4.4. Conexão para Teste de Campo

Também se faz disponível para esse tipo de válvula a conexão para teste em campo, que permite a realização de testes enquanto a válvula permanece instalada no sistema. Esse recurso possibilita, por exemplo, a verificação da Pressão de Ajuste (Set Pressure) real e sua comparação com o valor especificado na plaqueta da válvula.



Figura 4.10

Para a realização desse tipo de teste, é necessário um equipamento adicional que contenha os seguintes componentes:

- Fornecimento de fluido de teste (como uma garrafa de nitrogênio, por exemplo);
- Manômetro de teste para monitoramento da pressão aplicada;
- Válvula reguladora de pressão para ajuste preciso da pressão de teste;
- Válvula de fechamento para controle do fluxo durante o ensaio;
- Válvula redutora de pressão para garantir a aplicação da pressão adequada ao teste.

Esse conjunto permite a verificação da Pressão de Ajuste (Set Pressure) da válvula diretamente no campo, assegurando sua conformidade com os valores especificados na plaqueta.

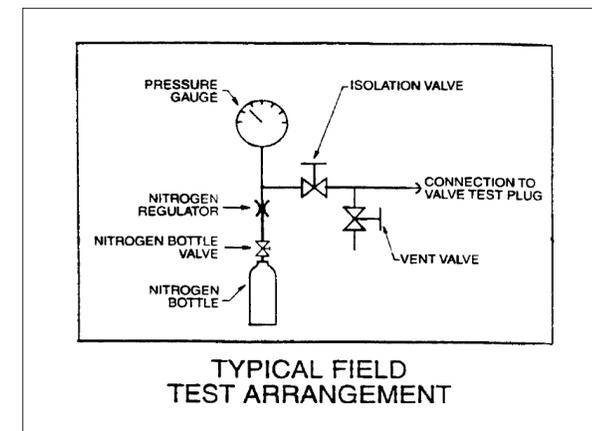


Figura 4.11

4.4.5. Blowdown Manual

Dispositivo utilizado para verificar se o pistão se move verticalmente na direção de abertura, garantindo a funcionalidade da válvula. Esse recurso é amplamente aplicado em sistemas que envolvem:

- Fluidos corrosivos que podem comprometer a vedação ou os componentes internos da válvula;
- Meios com tendência à corrosão do material de construção da válvula;
- Fluidos contendo particulados, que podem interferir no funcionamento adequado do mecanismo de abertura;
- Sistemas de emergência, onde é necessário garantir o alívio imediato da pressão quando exigido pela operação.

Sua utilização possibilita a inspeção periódica e a confiabilidade operacional da válvula, reduzindo riscos e assegurando sua pronta resposta em situações críticas.

Uma válvula esfera é instalada na tampa da válvula para permitir o alívio da pressão no domo, direcionando-a para a saída e, assim, promovendo a movimentação do pistão.

Durante a realização do teste em questão, é fundamental observar que haverá a descarga de fluido pela saída da válvula, devido à abertura temporária do mecanismo. Portanto, deve-se tomar as devidas precauções operacionais e de segurança, garantindo que a liberação do fluido ocorra de forma controlada e dentro dos procedimentos estabelecidos.



Figura 4.12

4.4.6. Sensoriamento Remoto

Essencial quando a perda de carga na entrada da válvula supera 3%, conforme discutido anteriormente.

Nesse caso, o tubing, que normalmente conecta a entrada da válvula ao piloto e ao domo, é removido e realocado para se conectar diretamente ao equipamento a ser protegido. Dessa forma, a medição da pressão ocorre no próprio equipamento, eliminando a perda de carga entre ele e a entrada da válvula, garantindo uma atuação mais precisa e confiável.



Figura 4.13

4.4.7. Trava para Teste Hidrostático no Piloto

Esse componente possui a mesma funcionalidade da Trava para Teste Hidrostático utilizada em válvulas de segurança convencionais. Sua principal finalidade é bloquear a abertura da válvula durante a realização do teste hidrostático no sistema.

Caso esse dispositivo não esteja instalado, a válvula deve ser removida antes do teste ou, alternativamente, deve-se instalar uma placa de orifício para impedir sua atuação durante a pressurização do sistema.



Figura 4.14

4.4.8. Capuz com Alavanca

Por fim, há a opção de capuz com alavanca, assim como nas válvulas de segurança e alívio. Esse dispositivo permite a abertura manual do piloto, resultando na abertura da válvula principal.

A principal finalidade do capuz com alavanca é garantir que a válvula ainda esteja funcional, possibilitando testes operacionais sem a necessidade de gerar uma sobrepressão no sistema.



Figura 4.15

4.5. Válvula Piloto Pop Action e Modulate Action

A válvula piloto, comumente chamada apenas de piloto, é um componente essencial para o correto funcionamento da válvula de segurança piloto-operada, sendo responsável pelo acionamento e fechamento da válvula principal.

O piloto é ajustado de acordo com a Pressão de Abertura especificada para garantir a proteção do sistema. Quando essa pressão é atingida, assim como ocorre em uma válvula de segurança convencional, a força do fluido supera a força da mola, fazendo com que o piloto se desloque internamente. Esse deslocamento interrompe o fluxo de fluido para o domo e abre o dreno, permitindo que a pressão acumulada no domo seja aliviada. Como consequência, a válvula principal se abre, conforme descrito no item 4.2 deste capítulo.

4.5.1. Pop Action

Esse tipo de piloto é utilizado em aplicações que exigem uma abertura rápida e total

da válvula, normalmente com sobrepressões na faixa de 1%. Esse comportamento garante uma resposta eficiente ao alívio de pressão, sendo adequado para sistemas onde uma atuação imediata é essencial.

Além disso, esse piloto é aplicado exclusivamente em sistemas com fluidos gasosos. Outra característica importante é a possibilidade de contar com um blowdown ajustável, permitindo um controle mais preciso do fechamento da válvula e um retorno mais eficiente às condições normais de operação do sistema.

Quando o piloto é acionado, o fluido que estava pressurizado no domo é liberado para a atmosfera por meio do vent presente no próprio piloto. Esse escape é essencial para o funcionamento da válvula principal, pois permite que a pressão no domo seja aliviada, possibilitando a abertura completa da válvula e garantindo o alívio eficaz da sobrepressão do sistema.

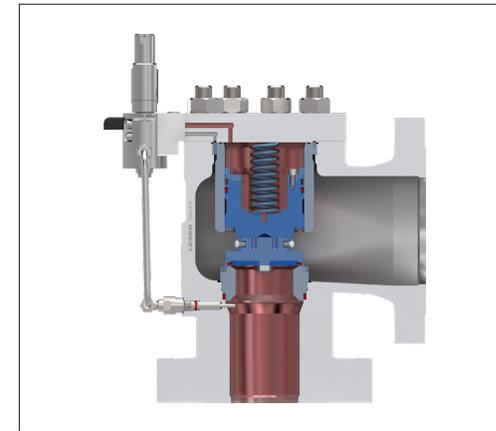


Figura 4.16

4.5.2. Modulate Action

Esse tipo de piloto é utilizado em aplicações que requerem uma abertura proporcional, desde o início até o final do curso da válvula, garantindo um controle mais gradual da vazão e operando dentro das sobrepressões permitidas pelas normas de construção. Como resultado, há uma redução significativa na perda de fluido de processo, tornando-o mais eficiente em sistemas onde a minimização de desperdício é essencial.

Outra característica importante é sua versatilidade, permitindo sua utilização tanto para gases (incluindo vapor) quanto para líquidos.

Ele é especialmente recomendado para processos onde o fluido do domo não pode ser descarregado na atmosfera—por exemplo, quando se trata de um fluido corrosivo ou prejudicial à saúde. Nesses casos, o volume de fluido aliviado pelo domo é direcionado para dentro da saída da válvula, evitando emissões indesejadas.

Por esses motivos, é fundamental conhecer as características do processo, garantindo que, ao selecionar uma válvula de segurança piloto-operada, seja feita a escolha correta do tipo de piloto a ser utilizado, atendendo às exigências de segurança, eficiência e conformidade regulatória.

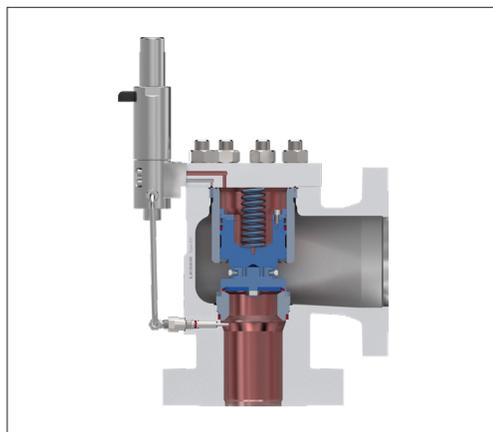
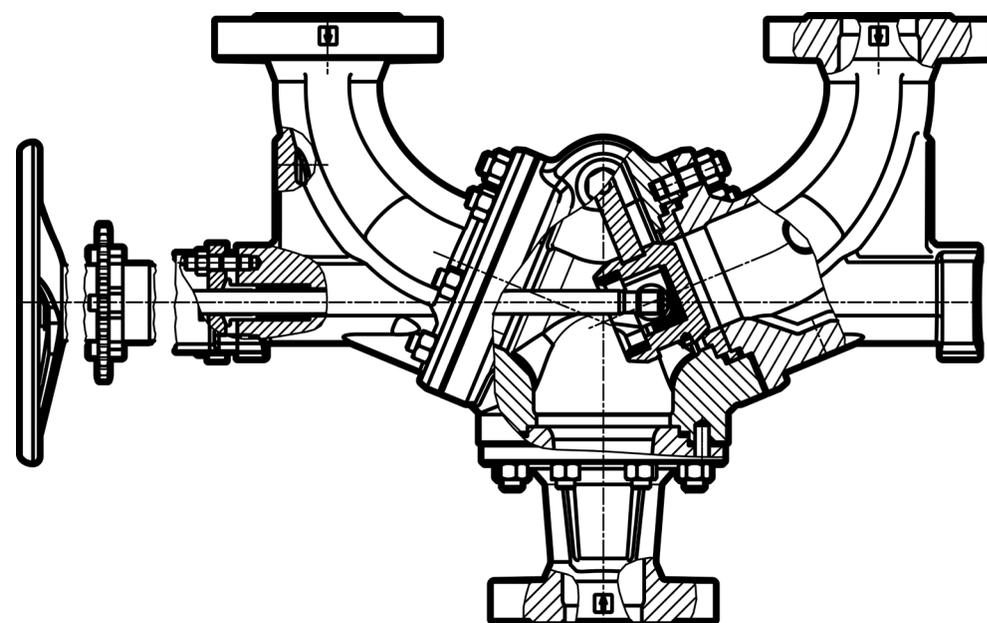


Figura 4.17



Modelo Best Availability - Válvula de Troca (Change-Over Valve)

Capítulo 5

Válvula de Troca (Change-Over)

5.1. Definições e Princípios de Funcionamento

Outro equipamento essencial na instalação e dimensionamento de uma válvula de segurança e alívio é a válvula de troca, conhecida em inglês como Change-Over Valve. Esse dispositivo é utilizado em sistemas que exigem operação contínua (24/7), garantindo que a produção não seja interrompida mesmo quando há necessidade de manutenção na válvula de segurança.

Essa funcionalidade é possível porque, na configuração com a válvula de troca, é necessário que existam duas válvulas de segurança na saída do sistema, ambas com as seguintes especificações:

- Mesmo modelo;
- Mesmo tamanho;
- Mesma classe de pressão;
- Mesma pressão de abertura;
- Mesma capacidade de alívio de vazão (que deve atender integralmente a vazão requerida pelo sistema).

Dessa forma, enquanto uma válvula opera no sistema, a outra pode ser removida para manutenção, sem a necessidade de shutdown da planta. Essa configuração não apenas evita paradas de produção, mas também assegura a operação do sistema com total segurança, mantendo a proteção contra sobrepressão ativa durante toda a operação.



Figura 5.1

Normas e regulamentações, como a ASME Sec. VIII Div. 1 UG-156 e a AD2000-Merkblatt A2 Part. 6, estabelecem requisitos específicos para a utilização de válvulas de troca em sistemas de proteção contra sobrepressão.

Essas normas exigem que, em casos onde houver alternância entre válvulas de segurança para proteção do sistema, pelo menos uma das válvulas deve permanecer ativa a todo momento, garantindo que o processo nunca fique desprotegido.

Além disso, essas regulamentações determinam que a seção circular da válvula de bloqueio seja maior do que o orifício da válvula de segurança. Esse requisito impede qualquer restrição na vazão de alívio, evitando o estrangulamento da linha, o que poderia comprometer a capacidade de alívio da válvula e a segurança do sistema.

Para os casos em que a válvula de troca é utilizada, existe uma alternativa que consiste no uso de duas válvulas de bloqueio, desde que estas não restrinjam a passagem do fluxo. Esse sistema pode ser configurado com ou sem um sistema de intertravamento, garantindo que sempre haja uma válvula de segurança operando para proteger o sistema.



Figura 5.2

Entretanto, em ambas as opções, existe a possibilidade de erro humano, o que pode resultar na exposição temporária do sistema sem proteção contra sobrepressão, aumentando o risco de acidentes.

No caso da Válvula de Troca da LESER, a construção do equipamento garante que, em todo momento, pelo menos uma válvula de segurança esteja protegendo o sistema.

Isso ocorre porque, durante a troca realizada por meio do volante, o disco da válvula de troca permanece em uma posição central, permitindo que, no curto intervalo da mudança, ambas as válvulas de segurança estejam ativas simultaneamente. Após a troca, a válvula de segurança que está com a sede livre assume a proteção do sistema, garantindo segurança contínua e eliminando o risco de erro operacional.

A seguir, apresenta-se a terminologia utilizada para os principais componentes de uma Válvula de Troca da LESER, de acordo com a figura e a tabela:

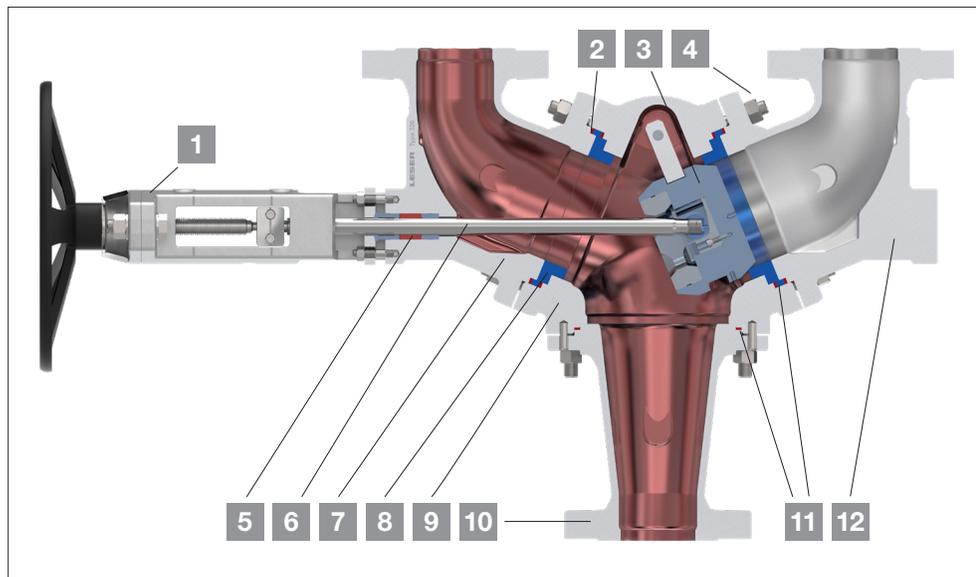


Figura 5.3

Item	Descrição
1	Volante
2	Prisioneiros
3	Disco
4	Porcas
5	Gaxeta
6	Hastes
7	Cotovelo (lado do volante)
8	Sedes
9	Unidade básica (Corpo)
10	Corpo de entrada
11	Juntas
12	Cotovelo

Tabela 5.1

Com a válvula de troca instalada na entrada das válvulas de segurança, elimina-se a necessidade de um bocal adicional no sistema a ser protegido. Isso ocorre porque a válvula de troca possui apenas uma entrada, diferentemente do sistema de intertravamento com válvulas de bloqueio, que exige a presença de duas válvulas de entrada.

No entanto, na saída das válvulas de segurança, ainda é necessário contar com duas tubulações de descarga, uma para cada válvula. Para otimizar essa configuração, há também a opção de instalar uma segunda válvula de troca na saída, permitindo que o sistema utilize apenas um bocal de entrada e um de saída, facilitando tanto a montagem quanto a manutenção das tubulações.

Nesse cenário, a segunda válvula de troca é instalada horizontalmente, garantindo que o diâmetro dos cotovelos e do corpo de entrada seja equivalente ao diâmetro de saída da válvula de segurança.

Assim, obtemos um conjunto completo de válvulas de troca e válvulas de segurança, interligadas por uma corrente entre os volantes das válvulas de troca de entrada e saída. Esse mecanismo assegura que sempre haja pelo menos uma válvula de segurança ativa, garantindo a proteção contínua do sistema.



Figura 5.4

Acessórios adicionais também podem ser instalados para aprimorar seu desempenho e segurança. Alguns desses acessórios incluem:

Acessório	Descrição
	Sensor de Posição
	Dreno Válvula agulha para alívio de pressão Conexão para manômetro

Tabela 5.2

Por se tratar de um acessório instalado na tubulação de entrada da válvula de segurança, é fundamental que a válvula de troca seja considerada no cálculo da perda de carga na entrada da válvula. Além disso, seu dimensionamento deve estar em conformidade com as normas aplicáveis, garantindo que os requisitos de desempenho da válvula de segurança sejam atendidos, conforme discutido anteriormente no tópico Influência de Perda de Carga na Entrada.

Para essa avaliação, todas as válvulas de troca possuem um coeficiente de perda de carga (ζ , ou Zeta), que depende do tamanho da entrada e da saída da válvula. Esse coeficiente deve ser utilizado no cálculo da perda de carga por meio da seguinte equação:

$$\Delta P = \rho \cdot v^2 / 2 \cdot \zeta$$

Onde:

- ΔP = Perda de carga (Pa ou bar);
- ρ = Densidade do fluido (kg/m^3);

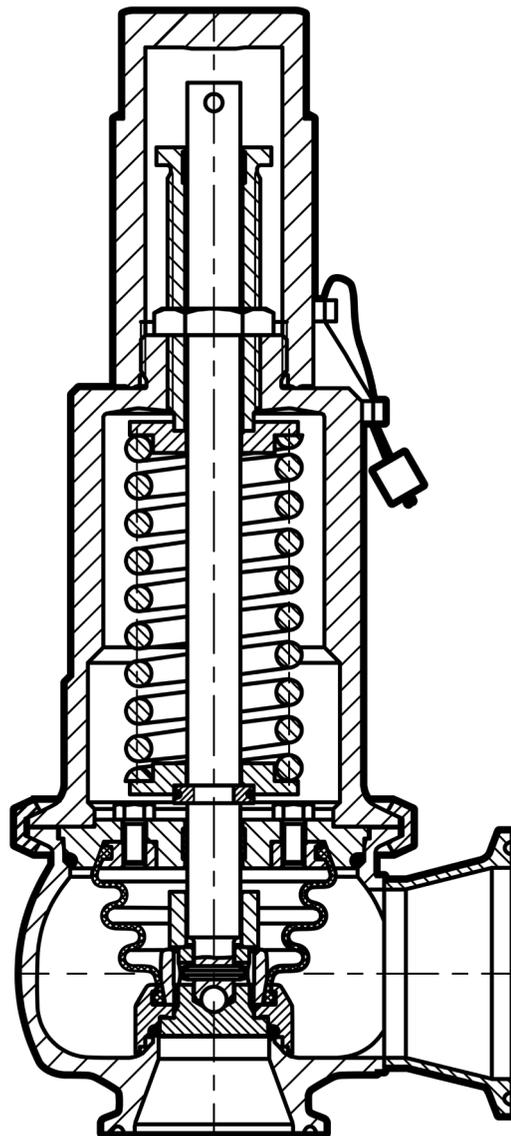
- v = Velocidade do fluido na entrada da válvula (m/s);
- ζ = Coeficiente de perda de carga da válvula de troca.

Em situações em que a perda de carga do sistema ultrapassa o limite de 3% permitido pelas normas, uma alternativa eficaz é aumentar o diâmetro de entrada da Válvula de Troca.

Esse aumento no diâmetro reduz o coeficiente de perda de carga (ζ), resultando em uma diminuição da perda de carga total na entrada da válvula de segurança. Dessa forma, o sistema mantém a eficiência operacional, garantindo que a válvula de segurança atue conforme os parâmetros projetados e dentro dos requisitos normativos.

Capítulo 6

Sistema Pneumático Auxiliar (SLS)



Modelo Clean Service

6.1. Definições e Princípios de Funcionamento

Outra opção disponível para válvulas de segurança em sistemas específicos é o Sistema Pneumático Auxiliar, também conhecido pela sigla SLS (Supplementary Loading System).

O SLS é um dispositivo auxiliar projetado para controlar a abertura e o fechamento da válvula de segurança em aplicações que exigem valores de sobrepressão ou blowdown inferiores aos limites definidos por norma. Esse sistema permite uma resposta mais precisa e estável, tornando-o ideal para processos que requerem alta precisão na atuação da válvula.

O Sistema Pneumático Auxiliar consiste nos seguintes componentes:

6.1.1. Unidade Controladora

A Unidade Controladora é o componente responsável pela atuação do Sistema Pneumático Auxiliar (SLS). Sua função principal é regular o fornecimento de ar pressurizado para o atuador, realizando a pressurização ou despressurização conforme necessário.

Esse controle garante que a válvula opere com precisão e estabilidade, ajustando sua abertura e fechamento de acordo com as condições do sistema.



Figura 6.1

6.1.2. Atuador Pneumático

O atuador pneumático é o componente responsável por transferir as forças de abertura e fechamento para a haste da válvula de segurança. Ele é instalado no lugar do capuz da válvula e interligado à haste, auxiliando na operação da válvula ao atuar conforme os comandos do Sistema Pneumático Auxiliar (SLS).

6.1.3. Válvula de Segurança

A válvula de segurança é dimensionada de acordo com os parâmetros do processo e equipada com o atuador pneumático, permitindo que sua operação seja assistida pelo SLS, garantindo um controle mais preciso da abertura e do fechamento.



Figura 6.2

O funcionamento do SLS (Supplementary Loading System) pode ser descrito em três fases distintas, garantindo um controle preciso da válvula de segurança.

6.1.4. Condição Normal de Operação

Em condições normais de operação do sistema protegido, o SLS permite que a válvula opere com pressões mais elevadas antes da abertura, diferindo do comportamento de uma válvula de segurança convencional.

Enquanto válvulas convencionais para serviços de vapor e gás operam tipicamente

entre 85-90% da Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA), o SLS permite operação até 97% da PMTA.

A válvula de segurança permanece completamente vedada até que a Pressão de Abertura seja atingida, reduzindo vazamentos indesejados e garantindo maior estabilidade operacional.

Essa característica proporciona melhor aproveitamento da pressão do sistema e reduz a necessidade de manutenção frequente devido a vazamentos prematuros.

É possível ver na figura abaixo o ganho em relação a pressão de operação com a utilização do SLS.

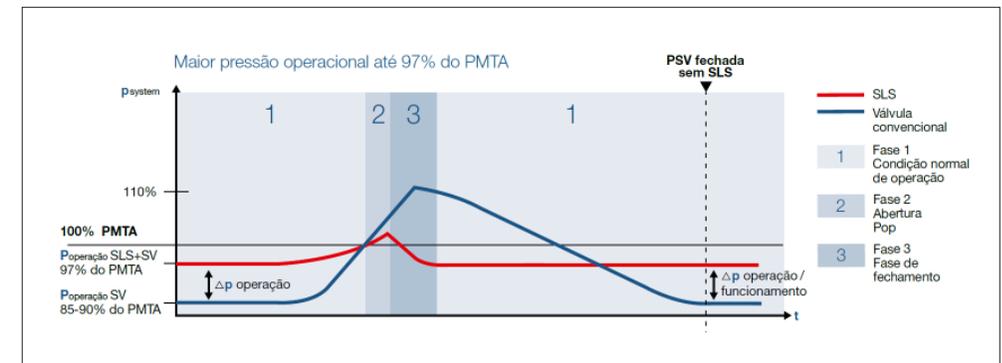


Figura 6.3

6.1.5. Abertura Pop

Quando a pressão de operação atinge a Pressão de Abertura da válvula de segurança, a Unidade Controladora do SLS despressuriza o atuador pneumático, permitindo a abertura imediata da válvula com uma ação Pop.

Essa abertura é auxiliada pelo ar de alívio, garantindo que a válvula atue com sobrepressão significativamente reduzida, em torno de 1%, muito abaixo dos limites normativos convencionais.

Essa característica reduz a perda de fluido durante a abertura da válvula, tornando o sistema mais eficiente e seguro, especialmente em processos críticos onde a minimização do desperdício de fluido é essencial.

A seguir, a ilustração apresenta o comportamento da válvula nesse estágio:

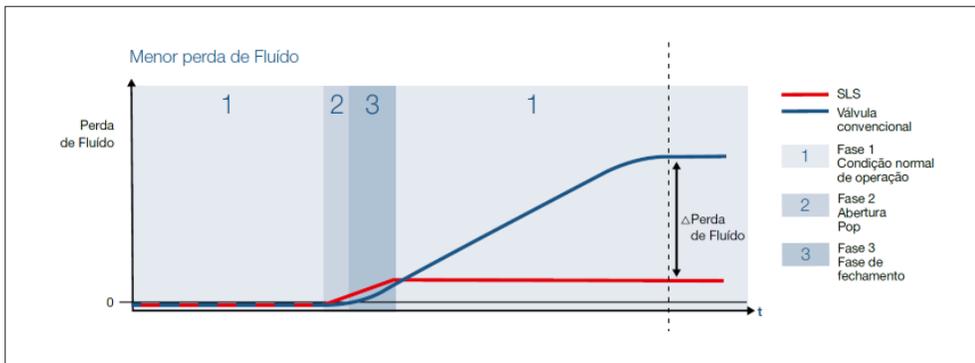


Figura 6.4

Além de reduzir a perda de fluido durante a abertura, o SLS também contribui para a diminuição dos ruídos gerados pela atuação da válvula de segurança.

Essa redução ocorre porque o Sistema Pneumático Auxiliar permite um controle mais preciso da abertura, evitando oscilações abruptas e reduzindo os impactos do fluxo de alta velocidade na saída da válvula.

A figura a seguir ilustra o efeito da redução de ruído proporcionado pelo SLS durante a abertura da válvula.

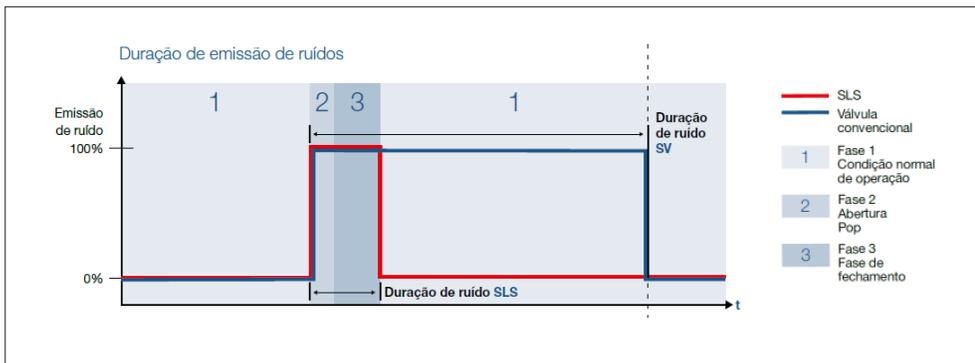


Figura 6.5

6.1.6. Fase de Fechamento

Assim que a pressão do sistema cai abaixo da Pressão de Abertura, o atuador pneumático auxilia no fechamento da válvula de segurança, aplicando uma carga

adicional para garantir um retorno rápido à vedação.

Com o suporte do SLS, a válvula de segurança fecha em aproximadamente 98% da Pressão de Abertura, resultando em um blowdown de apenas 2%.

Essa característica permite que o sistema opere com pressões mais próximas da Pressão de Abertura, garantindo maior eficiência operacional e reduzindo perdas desnecessárias de fluido.

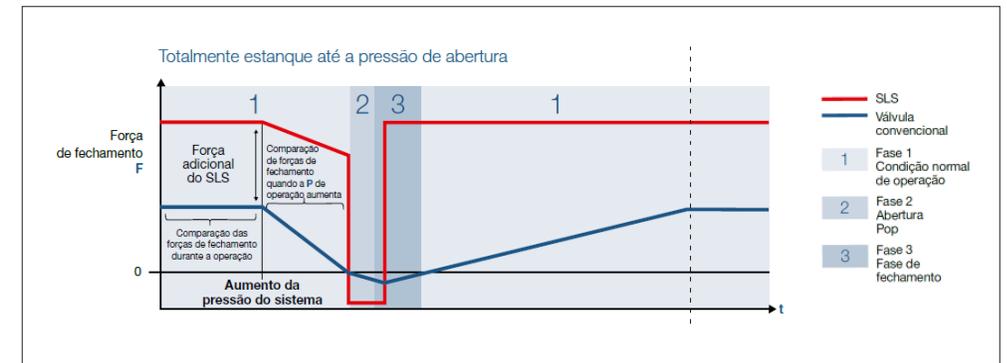


Figura 6.6

Dessa forma, sempre que houver a necessidade de operar com pressões mais próximas da Pressão de Abertura ou quando for essencial que a válvula atue rapidamente e libere a vazão em um tempo reduzido, o Sistema Pneumático Auxiliar (SLS) pode ser utilizado.

Sua aplicação garante maior precisão na atuação da válvula, redução da sobrepressão e do blowdown, além de minimizar perdas de fluido e ruídos operacionais, tornando o sistema mais eficiente e seguro.

6.2. Vantagens do SLS

Com todos os aspectos abordados, pode-se resumir os principais benefícios do Sistema Pneumático Auxiliar (SLS) da seguinte forma:

- Maior produtividade do processo, permitindo que o sistema opere mais próximo da Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA), até 97%;
- Redução da perda de energia, pois os tempos de abertura e fechamento da válvula são reduzidos, otimizando o desempenho do sistema;

- Menor emissão de ruído, devido à abertura e fechamento controlados, diminuindo impactos sonoros no ambiente;
- Total estanqueidade até a Pressão de Abertura, evitando vazamentos durante picos de pressão abaixo do ajuste da válvula.
- Menor desgaste da válvula de segurança, pois elimina o fenômeno de “simmering”, prolongando a vida útil do equipamento.

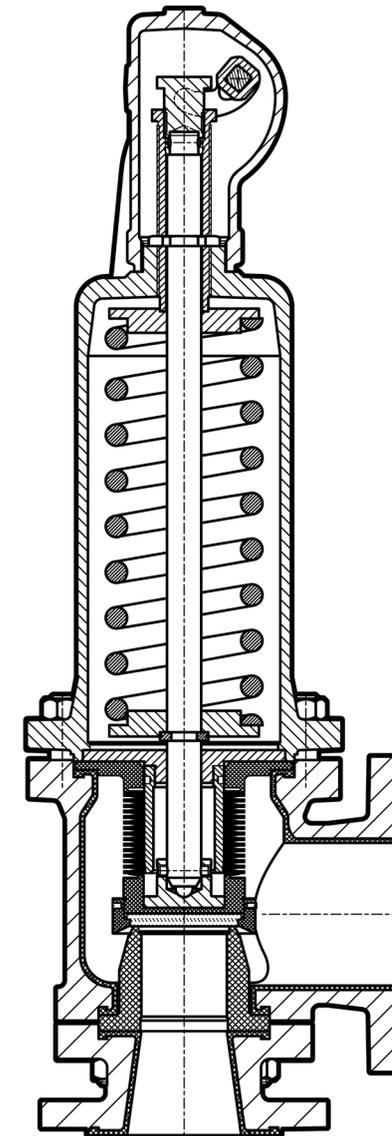
6.2.1. Resultados Obtidos

A utilização do SLS leva a:

- Maior eficiência operacional da planta industrial;
- Vida útil prolongada da válvula de segurança instalada;
- Redução das emissões de carbono, contribuindo para um processo mais sustentável.

Informações	Válvula de segurança convencional	Válvula de segurança com SLS
Pressão operacional típica da PMTA	85%	97%
Sobrepresão (completamente aberta)	Máx. 3% ASME I Máx. 10% ASME VIII Máx. 10% Abertura total conforme PED	< 1%
Blowdown	Máx. 4% ASME I Máx. 7% ASME VIII Máx. 15% Abertura total conforme PED	Aproximadamente 2%

Tabela 6.1



Modelo Critical Service

Capítulo 7

Normas

7.1. Tipos e Definições de Normas

No Capítulo 7 serão abordadas as normas e regulamentações existentes para designs, fabricação, inspeção e dimensionamento de uma válvula de segurança e alívio.

É possível entender as normas em grupos conforme abaixo:

7.1.1. Normas de Construção

As normas que regulamentam a construção de vasos de pressão e caldeiras, assim como a aplicação de dispositivos de segurança, são um conjunto de normas técnicas divididas em seções específicas. Essas normas estabelecem requisitos fundamentais para garantir a segurança, confiabilidade e conformidade dos equipamentos de pressão.

Essas normas são essenciais para o projeto, fabricação, instalação e manutenção de sistemas sob pressão, garantindo a conformidade com os regulamentos de segurança e eficiência operacional.

Exemplos: Código ASME, PED 2014/68/EU (DIN 4126) e AD-2000.

7.1.2. Normas de Suporte

As normas utilizadas para especificação de compra e padronização de válvulas de segurança e dispositivos de alívio de pressão estabelecem parâmetros técnicos e dimensionais essenciais para garantir compatibilidade, intercambiabilidade e conformidade com os requisitos industriais.

Essas normas são amplamente utilizadas para facilitar a especificação e aquisição de válvulas de segurança, garantindo que os equipamentos atendam aos requisitos técnicos e de segurança exigidos pelas indústrias e regulamentações.

Exemplos: API, ASME B 16.5 e ASME B 16.34.

7.1.3. Regulamentações

Essas normas regulamentadoras estabelecem parâmetros específicos que cada país considera essenciais para a segurança e operação dos dispositivos de

segurança em sistemas de pressão.

No Brasil, essa regulamentação é voltada principalmente para a saúde e segurança dos trabalhadores, garantindo que os equipamentos operem de forma segura e dentro dos padrões exigidos pela legislação.

Entretanto, essas normas não estabelecem critérios de construção para os dispositivos de segurança, tornando necessário o uso complementar de normas de construção específicas, que definem aspectos como materiais, dimensionamento, testes e inspeções obrigatórias para a fabricação dos dispositivos de alívio de pressão.

Dessa forma, a conformidade com a regulamentação brasileira exige a combinação dessas normas de segurança com normas de construção reconhecidas internacionalmente.

Exemplos: NR-13.

Confira na tabela abaixo algumas das principais normas pelo mundo:

País	Descrição
Europa	PEN / DIN EN ISO 4126-1
Alemanha	PED / AD 2000-Merkblatt A2
EUA	ASME Sec. VIII Div. 1
Canadá	CRN
China	AQSIQ
U.A. Eurasiática	EAC
Coreia	KOSHA KGS Approval
Índia	IBR 1950

Tabela 7.1

As certificações desempenham um papel fundamental na garantia da qualidade e segurança das válvulas de segurança, pois representam uma validação oficial realizada por um órgão certificador. Esse processo assegura que todas as características essenciais para o funcionamento adequado da válvula sejam cumpridas pelo fabricante, minimizando riscos operacionais e prevenindo acidentes.

As certificações avaliam, principalmente:

- A precisão da Pressão de Abertura, garantindo que a válvula de segurança e alívio atue no ponto correto;
- Os limites de sobrepressão e blowdown, confirmando que os valores atendem aos requisitos normativos;
- A capacidade real de alívio de vazão, verificando que a válvula é capaz de descarregar o fluido conforme especificado.

Dessa forma, a certificação assegura que a válvula de segurança opera conforme os parâmetros exigidos por normas de construção e segurança, garantindo proteção eficiente ao sistema e conformidade com regulamentações internacionais.

7.2. ASME

O Código ASME (American Society of Mechanical Engineers) é a norma de construção mais utilizada no Brasil, abrangendo uma ampla variedade de aplicações, incluindo vasos de pressão, caldeiras, tubulações e oleodutos. Seu principal objetivo é garantir a segurança, confiabilidade e qualidade desses equipamentos, promovendo a padronização e a adoção das melhores práticas de engenharia.

Uma das características distintivas do Código ASME é sua abordagem baseada em regras, que estabelece requisitos técnicos detalhados para cada tipo de equipamento. Essas regras abrangem aspectos essenciais, como dimensionamento, seleção de materiais, métodos de fabricação, inspeções e testes, garantindo a conformidade com padrões rigorosos de segurança.

Devido à sua ampla aceitação e reconhecimento internacional, o Código ASME é um instrumento essencial para a padronização e garantia da qualidade em projetos de engenharia mecânica em todo o mundo.

A seguir é possível analisar uma tabela com um resumo do Código ASME e suas diferentes seções:

Seção	Descrição
I	Caldeiras de Potência: Estabelece os requisitos de projeto, construção e inspeção para caldeiras de alta pressão utilizadas em geração de vapor e processos industriais.
II	Materiais: Define as especificações para materiais metálicos, incluindo suas propriedades mecânicas, químicas e limites de temperatura e pressão.

Seção	Descrição
III	Instalações Nucleares: Regula o projeto, fabricação e inspeção de componentes e sistemas utilizados em instalações nucleares para garantir segurança e confiabilidade.
IV	Caldeiras de Aquecimento: Aplica-se ao projeto e construção de caldeiras de baixa pressão utilizadas em sistemas de aquecimento e abastecimento de água quente.
V	Testes Não Destrutivos: Estabelece os métodos de inspeção por ensaios não destrutivos, como radiografia, ultrassom e partículas magnéticas, para garantir a integridade estrutural dos equipamentos.
VI	Regras para Operação e Manutenção de Caldeiras de Aquecimento: Fornece diretrizes para operação segura, inspeção e manutenção de caldeiras de aquecimento e seus acessórios.
VII	Diretrizes para Operação, Manutenção e Inspeção de Caldeiras de Potência: Define práticas recomendadas para operação e manutenção de caldeiras de alta pressão, visando aumentar a segurança e a eficiência.
VIII	Vasos de Pressão: Especifica os requisitos para o projeto, construção, testes e inspeção de vasos de pressão, divididos em três divisões conforme a complexidade e os níveis de pressão envolvidos.
IX	Qualificação de Soldagem e Brasagem: Define os procedimentos de qualificação de soldadores, operadores e processos de soldagem e brasagem utilizados na fabricação de componentes pressurizados.
X	Vasos de Pressão em Materiais Compostos: Regula a construção de vasos de pressão fabricados com materiais compostos reforçados com fibra, especificando requisitos de projeto e fabricação.
XI	Inspeção e Manutenção de Instalações Nucleares: Estabelece diretrizes para inspeção contínua, manutenção e avaliação da integridade estrutural de componentes em usinas nucleares.
XII	Transporte de Vasos de Pressão: Define regras para o projeto, construção e inspeção de vasos de pressão utilizados no transporte de gases e líquidos perigosos.
XIII	Dispositivos de Alívio de Pressão: Estabelece os requisitos para projeto, fabricação, inspeção, teste e certificação de dispositivos de alívio de pressão, como válvulas de segurança e discos de ruptura, garantindo a proteção de sistemas pressurizados contra sobrepressão.

Tabela 7.2

7.2.1. ASME Seção I

Esta seção estabelece os requisitos para o projeto, fabricação, inspeção, teste e operação de caldeiras de energia, abrangendo aspectos como materiais, dimensionamento, soldagem, ensaios não destrutivos e segurança operacional.

Para válvulas de segurança, a norma define exigências específicas, incluindo:

- Sobrepressão máxima de 3% na capacidade certificada;
- Obrigatoriedade de alavanca de abertura para determinados tipos de aplicação;
- Capacidade certificada expressa em lb/h na plaqueta de identificação da válvula.

Além disso, a norma estabelece a tolerância permitida para a Pressão de Abertura, garantindo que a válvula atue dentro dos parâmetros de segurança exigidos.

Set Pressure, psi (MPa)	Tolerância
≤ 70 (0,5)	± 2 psi
> 70 (0,5) e ≤ 300 (2,1)	± 3% do Set Pressure
> 300 (2,1) e ≤ 1000 (7,0)	± 10 psi
> 1000 (7,0)	± 1% do Set Pressure

Tabela 7.3

7.2.2. ASME Seção II

Essa seção fornece diretrizes detalhadas sobre os materiais utilizados na construção de equipamentos e componentes mecânicos, incluindo especificações, propriedades mecânicas, métodos de teste e critérios de aceitação. Ela é organizada em partes específicas, dependendo do tipo de material, e apresenta todas as características de fabricação e requisitos normativos aplicáveis.

Para que um componente de uma válvula de segurança possa ser utilizado, seu material de construção deve estar listado no Código ASME, Seção II. Componentes essenciais, como corpo, castelo, prisioneiros e porcas, devem ser fabricados exclusivamente com materiais aprovados nesta seção, garantindo conformidade com os requisitos de segurança e desempenho exigidos pelo código.

7.2.3. ASME Seção III

A Seção III do Código ASME é uma das mais utilizadas e estabelece os requisitos

para o projeto, fabricação, inspeção e teste de vasos de pressão, garantindo a segurança e confiabilidade desses equipamentos.

Ela abrange diferentes tipos de vasos de pressão, incluindo:

- Vasos de pressão com e sem costura;
- Vasos esféricos;
- Vasos para serviços criogênicos;
- Outros equipamentos pressurizados utilizados em instalações nucleares.

A Seção III é organizada em diferentes divisões e subpartes, dependendo da aplicação e do nível de exigência de segurança. Ela define critérios rigorosos para materiais, métodos de fabricação, processos de soldagem, ensaios não destrutivos e requisitos operacionais.

A seguir, tabela com a estrutura detalhada da Seção III:

Divisão	Descrição
1	-
2	Regras alternativas
3	Regras alternativas para a construção de vasos de pressão de alta pressão

Tabela 7.4

Com a revisão de 2021 do Código ASME, os principais requisitos para válvulas de segurança foram removidos da Seção VIII e incorporados à nova Seção XIII, consolidando todas as diretrizes específicas para dispositivos de alívio de pressão.

7.2.4. ASME Seção XIII

A Seção XIII estabelece requisitos para o dimensionamento adequado das válvulas de segurança, materiais de construção, métodos de fabricação, critérios de teste, certificação e instalação correta. O cumprimento dessas diretrizes permite que fabricantes, usuários e inspetores garantam a conformidade com os padrões de qualidade e segurança exigidos.

Os principais requisitos incluem:

- Sobrepressão máxima na capacidade certificada:
 - 10% (ou 3 psi) – Para válvula única;

- 16% (ou 4 psi) – Para válvulas múltiplas;
 - 21% – Para caso de incêndio (Caso Fogo).
- Obrigatoriedade de alavanca de abertura em sistemas com temperatura acima de 60°C.
 - Capacidade certificada na plaqueta de identificação, expressa conforme o fluido do sistema:
 - SCFM para ar;
 - US-GPM para líquidos;
 - lb/h para vapor.

A Seção XIII garante que as válvulas de segurança sejam dimensionadas, fabricadas e testadas dentro dos padrões mais rigorosos, assegurando sua eficácia na proteção contra sobrepressão. Além disso, a Seção XIII do Código ASME estabelece a tolerância permitida para a Pressão de Abertura da seguinte maneira:

Set Pressure, psi (MPa)	Tolerância
≤ 70 (0,5)	± 2 psi
> 70 (0,5)	± 3% do Set Pressure

Tabela 7.5

Essas são as principais seções do Código ASME utilizadas no dimensionamento, fabricação e certificação de válvulas de segurança e alívio, sendo aplicadas com maior frequência no dia a dia.

No entanto, existem outras seções igualmente importantes, como:

- Seção V – Ensaio Não Destrutivo (END): Estabelece os métodos de inspeção e teste para garantir a integridade dos componentes, incluindo radiografia, ultrassom, líquidos penetrantes e partículas magnéticas.
- Seção IX – Qualificação de Soldagem e Brasagem: Define os procedimentos de soldagem e qualificação de soldadores, assegurando que os processos utilizados na fabricação de válvulas atendam aos requisitos de resistência mecânica e qualidade estrutural.

Essas normas complementam o processo de fabricação e inspeção das válvulas de segurança e alívio, garantindo que estejam em conformidade com os mais altos padrões de segurança e desempenho.

7.3. API

Outro conjunto de normas amplamente utilizado no Brasil, especialmente no setor de óleo e gás, é o conjunto de normas da API (American Petroleum Institute). Essas normas não são voltadas para a construção de equipamentos, mas sim para a especificação de compra, além de estabelecer métodos e procedimentos de teste para válvulas de segurança e alívio.

A API, fundada em 1919, é uma organização reconhecida globalmente como referência na padronização de normas técnicas para o setor de óleo e gás. Seu objetivo é reunir especialistas da indústria para desenvolver, manter e distribuir normas de consenso, garantindo segurança, qualidade e eficiência nos processos industriais.

Embora tenham sido criadas para o mercado de óleo e gás, no Brasil, essas normas são amplamente utilizadas também em outros setores industriais, devido à sua abrangência e rigor técnico.

Existem diversas normas API, porém, quando o foco são válvulas de segurança, destacam-se cinco normas principais, que são:

Seção	Descrição
API 520 Parte I	Dimensionamento, seleção e instalação de dispositivos de alívio de pressão (Parte I - Dimensionamento e Seleção)
API 520 Parte II	Dimensionamento, seleção e instalação de dispositivos de alívio de pressão (Parte II - Instalação)
API 521	Sistemas de alívio de pressão e despressurização
API 526	Válvulas de alívio de pressão de flangeadas de Aço
API 527	Estanqueidade da sede das válvulas de alívio de pressão

Tabela 7.6

7.3.1. API 520 Parte I

Essa norma estabelece critérios e diretrizes para o dimensionamento de válvulas de segurança, incluindo fórmulas e parâmetros essenciais para sua correta especificação.

Além disso, apresenta informações detalhadas sobre:

- Tipos de dispositivos de segurança, suas aplicações e as características operacionais;
- Particularidades construtivas das válvulas, como a necessidade de um vent no castelo para válvulas balanceadas;
- Elementos internos das válvulas, incluindo diretrizes sobre materiais e componentes críticos;
- Dimensionamento do orifício da válvula, com fórmulas específicas para diferentes geometrias de disco;
- Cálculo e seleção dos dispositivos de segurança, trazendo fórmulas e critérios normativos a serem seguidos.

Por fim, a norma também aborda as especificações e particularidades de outros tipos de dispositivos de segurança, garantindo que o projeto e a instalação estejam em conformidade com os requisitos técnicos e de segurança estabelecidos.

7.3.2. API 520 Parte II

Essa norma é a continuação da norma anterior e aprofunda as diretrizes, detalhando práticas recomendadas e parâmetros essenciais para a instalação segura de válvulas de segurança, garantindo seu pleno funcionamento.

Ela apresenta todas as alternativas disponíveis para a instalação de válvulas de segurança, abordando aspectos críticos e cuidados necessários, como a perda de carga na entrada da válvula, conforme já discutido no LESER Docens.

Além disso, essa norma cobre todos os dispositivos de segurança, destacando questões práticas da instalação, incluindo:

Posição correta de instalação e seus impactos no desempenho da válvula;
Cuidados específicos com a orientação da válvula, prevenindo falhas operacionais;
Instalação de drenos em tubulações de saída, garantindo a eliminação de condensado e prevenindo obstruções.

Dessa forma, essa norma assegura que a instalação das válvulas de segurança seja realizada conforme as melhores práticas da engenharia, minimizando riscos e garantindo eficiência e confiabilidade no sistema de proteção contra a sobrepressão.

7.3.3. API 521

Essa norma fornece recomendações práticas para diferentes cenários de sobrepressão, incluindo bloqueio indevido, caso de incêndio (Fire Case), alívio térmico e reações químicas, definindo os dispositivos de segurança adequados e seus limites de abertura e fechamento para cada situação.

Para cada cenário, a norma apresenta:

- Análise detalhada das causas principais de sobrepressão e seus impactos no sistema;
- Determinação das taxas de alívio individuais, considerando variáveis como geração e expansão de chamas, vapor e gases;
- Critérios para seleção e dimensionamento do dispositivo de segurança, garantindo resposta eficiente ao alívio de sobrepressão.

Essa norma é uma referência essencial para a identificação e avaliação dos cenários de sobrepressão que devem ser protegidos pelos dispositivos de alívio de pressão, assegurando conformidade com as melhores práticas de engenharia e segurança.

7.3.4. API 526

Essa norma é uma especificação de compra que padroniza as “válvulas de segurança modelo API”, estabelecendo diretrizes para os seguintes aspectos:

- Definição e área do orifício, garantindo compatibilidade com os requisitos de alívio de pressão;
- Dimensões da válvula e faixas de pressão (entrada e saída), assegurando a adequação ao sistema;
- Materiais permitidos para construção, conforme exigências de resistência e compatibilidade química;
- Faixas operacionais de pressão e temperatura, determinando os limites de aplicação;
- Dimensão centro-face (entrada e saída), garantindo intercambiabilidade entre fabricantes;
- Testes e inspeções, definindo critérios para a verificação da qualidade e desempenho da válvula;
- Identificação e preparação para embarque, estabelecendo os requisitos de marcação e acondicionamento.

Essa norma assegura que as válvulas de segurança sigam um padrão unificado, facilitando sua especificação, aquisição e aplicação em diversos setores industriais.

7.3.5. API 527

Essa norma estabelece os requisitos e procedimentos para a realização do teste de estanqueidade da sede em válvulas de segurança, garantindo a conformidade com os padrões de desempenho e segurança.

Ela descreve os métodos específicos de teste, considerando:

- Tipos de vedação:
 - Vedação metal/metal;
 - Vedação elástica.

- Fluido de teste, conforme a aplicação da válvula:
 - Gás;
 - Líquido;
 - Vapor.

Além disso, a norma define os critérios de aceitação com base nos parâmetros estabelecidos, incluindo a pressão de abertura da válvula.

Sendo a principal referência técnica para testes de estanqueidade em válvulas de segurança, essa norma é reconhecida e citada no Código ASME, reforçando sua importância para a verificação e certificação da vedação das válvulas.

7.4. PED 2014/68/EU (DIN 4126)

A norma DIN 4126 compartilha diversas semelhanças com o Código ASME, pois ambas são baseadas em regras técnicas rigorosas e requisitos específicos para cada tipo de equipamento. Essas normas abrangem aspectos essenciais, como:

- Dimensionamento correto dos dispositivos de segurança;
- Seleção de materiais apropriados para diferentes condições operacionais;
- Métodos de fabricação para garantir qualidade e resistência mecânica;
- Processos de inspeção e testes para validação da conformidade e segurança dos equipamentos.

Entretanto, é importante destacar que a norma DIN 4126 é amplamente utilizada na Europa, sendo obrigatória e amplamente adotada em diversos setores industriais.

Esse conjunto de normas é subdividido em partes, conforme apresentado na tabela abaixo:

Parte	Descrição
1	Válvula de segurança
2	Dispositivos de Disco de Ruptura
3	Combinação de válvulas de segurança e Disco de Ruptura
4	Válvula de Segurança Piloto-Operada
5	Sistemas de alívio de pressão de segurança controlados (CSPRS)
6	Aplicações, seleção e instalação de Disco de Ruptura
7	Dados comuns
9	Aplicação e instalações das válvulas de segurança excluindo dispositivos únicos de Disco de Ruptura

Parte	Descrição
10	Dimensionamento de válvulas de segurança para fluidos bifásicos
11	Teste de performance

Tabela 7.7

A seguir, estão presentes os detalhes das principais partes da PED (Pressure Equipment Directive) 2014/68/EU/EC e suas características, que são essenciais para válvulas de segurança. Essas diretrizes desempenham um papel fundamental na fabricação, dimensionamento e inspeção, garantindo o funcionamento seguro e eficiente desses dispositivos.

7.4.1. DIN 4126-1

Essa norma especifica os requisitos gerais para válvulas de segurança atuadas por mola, independentemente do tipo de fluido para o qual foram projetadas, podendo ser utilizadas em líquidos, gases ou vapor.

Ela se aplica a válvulas de segurança com diâmetro igual ou superior a 4 mm, para uso em pressões de ajuste a partir de 0,1 bar manométrico, sem restrição de temperatura.

Por ser uma norma voltada às características do produto, não aborda aplicações específicas das válvulas de segurança, mas apresenta diretrizes essenciais, como:

- Tipos de conexões permitidas;
- Requisitos mínimos para componentes críticos, como a mola;
- Critérios para realização de testes e avaliação do desempenho;
- Métodos para definição de parâmetros importantes, como o coeficiente de descarga.

Essa norma garante que as válvulas de segurança atendam a requisitos técnicos rigorosos, assegurando sua eficiência e confiabilidade operacional.

7.4.2. DIN 4126-4

Essa norma especifica os requisitos gerais para válvulas de segurança piloto-operadas, independentemente do tipo de fluido para o qual foram projetadas, abrangendo líquidos, gases e/ou vapor. Assim como na DIN 4126-1, a operação dessas válvulas é realizada pelo próprio fluido do sistema a ser protegido.

Ela se aplica a válvulas de segurança piloto-operadas com diâmetro igual ou superior a 4 mm, destinadas a pressões de ajuste a partir de 0,1 bar manométrico, sem limitação de temperatura.

Essa norma é específica para produtos e não se aplica a situações operacionais de válvulas piloto-operadas. Assim, sua abordagem é semelhante à DIN 4126-1, fornecendo informações essenciais sobre:

- Tipos de conexões permitidas;
- Requisitos mínimos para componentes críticos, como a mola;
- Critérios para testes e ensaios de desempenho;
- Definição de parâmetros técnicos, incluindo o coeficiente de descarga.

7.4.3. DIN 4126-5

Essa norma especifica os requisitos para sistemas de alívio de pressão de segurança controlada (CSPRS), independentemente do tipo de fluido para o qual foram projetados.

Ela se aplica a válvulas principais com diâmetro igual ou superior a 4 mm, destinadas a pressões de operação a partir de 0,1 bar manométrico, sem restrição de temperatura.

Por ser uma norma voltada para especificação de produtos, não abrange cenários operacionais específicos desses sistemas, mas estabelece diretrizes técnicas essenciais para sua fabricação.

Essa norma define os parâmetros necessários para a fabricação do Sistema Pneumático Auxiliar (SLS), conforme abordado no Capítulo 6, garantindo que esses dispositivos sejam construídos de acordo com padrões rigorosos de segurança e desempenho.

7.4.4. DIN 4126-7

Essa norma especifica os requisitos gerais para válvulas de segurança, consolidando informações comuns às normas ISO 4126-1 a ISO 4126-6, evitando repetições desnecessárias.

Sua importância reside na abrangência de diversos parâmetros técnicos, proporcionando uma visão unificada dos requisitos normativos aplicáveis a válvulas de segurança.

Entre os aspectos abordados, destacam-se:

- Dimensionamento adequado das válvulas de segurança, garantindo desempenho eficiente no alívio de pressão;
- Definição dos testes de performance, assegurando a conformidade com os padrões exigidos;
- Critérios de aceitação para ensaios, fundamentais para garantir o funcionamento adequado da válvula em operação.

Ao consolidar essas diretrizes, essa norma desempenha um papel essencial

na padronização e qualificação das válvulas de segurança, assegurando sua confiabilidade e segurança no sistema.

7.4.5. DIN 4126-9

Essa norma aborda a aplicação e instalação de dispositivos de segurança em equipamentos de pressão, abrangendo:

Válvulas de segurança e alívio;
Dispositivos de segurança como disco de ruptura;
Válvulas de segurança piloto-operadas.

Ela estabelece os requisitos normativos para a correta aplicação e instalação desses dispositivos e garante a proteção de equipamentos de pressão estática.

As diretrizes dessa norma pressupõem um fluxo monofásico do fluido descarregado pelo dispositivo de segurança, assegurando conformidade técnica e desempenho adequado.

O conjunto de normas DIN 4126 é fundamental para que os fabricantes obtenham a certificação europeia 2014/68/EU, equivalente à certificação ASME nos Estados Unidos, garantindo a padronização e aceitação internacional dos dispositivos de segurança.

7.5. NR-13

A NR-13 (Norma Regulamentadora de número 13) brasileira estabelece os requisitos mínimos para segurança e saúde dos trabalhadores em ambientes que operam sistemas e equipamentos pressurizados, como caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos. Essa norma abrange as atividades de inspeção, manutenção e operação, assegurando a integridade estrutural desses equipamentos e prevenindo acidentes catastróficos.

É importante destacar que a NR-13 não é uma norma específica para válvulas de segurança, e sim um regulamento geral para equipamentos pressurizados. Contudo, a válvula de segurança é um dispositivo obrigatório previsto pela norma para garantir que esses sistemas estejam protegidos contra sobrepressão.

7.5.1. A Válvula de Segurança Segundo a NR-13

A NR-13 não estabelece padrões construtivos específicos, formatos ou detalhes técnicos de válvulas de segurança para aplicação em equipamentos pressurizados. Entretanto, são definidos requisitos mínimos que as válvulas devem atender:

7.5.2. Pressão de Abertura Ajustada em Valor Igual ou Inferior à Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA)

Esse requisito garante que a válvula abra dentro dos limites estruturais estabelecidos para o vaso ou caldeira. Em aplicações com válvulas múltiplas, a pressão de ajuste poderá exceder a PMTA, desde que respeite os limites de sobre pressão estabelecidos pelo código de projeto do equipamento. Deve-se sempre consultar o código aplicável para orientações sobre escalonamento.

7.5.3. O Código de Construção para Aberturas Escalonadas e Tolerâncias de Pressão de Ajuste

As válvulas devem seguir o código de projeto definido para o vaso ou caldeira. No Brasil, os códigos mais comuns são o ASME I para caldeiras e ASME VIII para vasos de pressão. Existem também outros códigos aplicáveis, como TRD e AD 2000, entre outros.

O código de projeto determina os limites de sobre pressão permitidos, por exemplo, ASME I (3%) e ASME VIII (10%) assim como o Blowdown que define também o comportamento de fechamento da válvula. Logo, as válvulas devem ser dimensionadas respeitando esses limites e precisão de ajuste (tolerâncias).

7.5.4. Presença de Anéis de Regulagem

A presença dos anéis de regulagem, como o próprio nome diz, apenas define se o comportamento da válvula é fixo (sem anéis) ou ajustável com a presença de um ou dois anéis (regulagem de ponto de abertura e fechamento).

Para garantir o comportamento esperado das válvulas, segundo o código ASME I, muitos fabricantes normalmente utilizam anéis de regulagem para regular a abertura completa e o blowdown (fechamento) da válvula. Vale destacar que as normas estabelecem apenas o comportamento esperado, deixando a cargo do fabricante determinar os meios para atingir esses requisitos (uso de dois anéis, um único anel ou nenhum anel).

Vale também destacar que existem válvulas certificadas de acordo com o código ASME I com um ou até mesmo sem anéis de regulagem.

7.5.5. Certificado de Inspeções e Testes

Obrigatório na instalação de uma válvula nova e deve ser renovado em intervalos definidos pela própria NR-13. Essa documentação é fundamental e necessita integrar o prontuário do equipamento protegido pela válvula. Os documentos normalmente fornecidos incluem:

- Certificado de inspeção e testes (anteriormente chamado de certificado de calibração);

- Memória de cálculo (dimensionamento);
- Desenho dimensional;
- Certificados de materiais.

A seguir estão alguns aspectos importantes em relação a esta documentação:

- O certificado de inspeções e testes é válido enquanto a válvula permanecer lacrada. Caso seja rompido o lacre, esse certificado perde sua validade;
- A memória de cálculo deve indicar claramente o código do projeto utilizado e comprovar que os cálculos de sobrepressão estão em conformidade com os limites estabelecidos pelo respectivo código do equipamento protegido.

7.5.6. Requisitos Adicionais da NR-13

1. Inspeção e Manutenção

- Devem ser realizadas periodicamente por profissionais qualificados;
- Os intervalos entre inspeções devem atender às recomendações do fabricante ou aos prazos determinados pela NR-13;
- A inspeção deve garantir a ausência de obstruções, corrosões e vazamentos;
- Testes funcionais devem assegurar que a pressão de abertura está dentro dos limites estabelecidos no projeto.

2. Certificação e Documentação

- Toda válvula de segurança deve possuir certificado de inspeção e testes, assegurando conformidade com os padrões exigidos pela NR-13;
- O histórico de inspeções e manutenções deve ser devidamente registrado e acessível para auditorias.

3. Instalação e Configuração

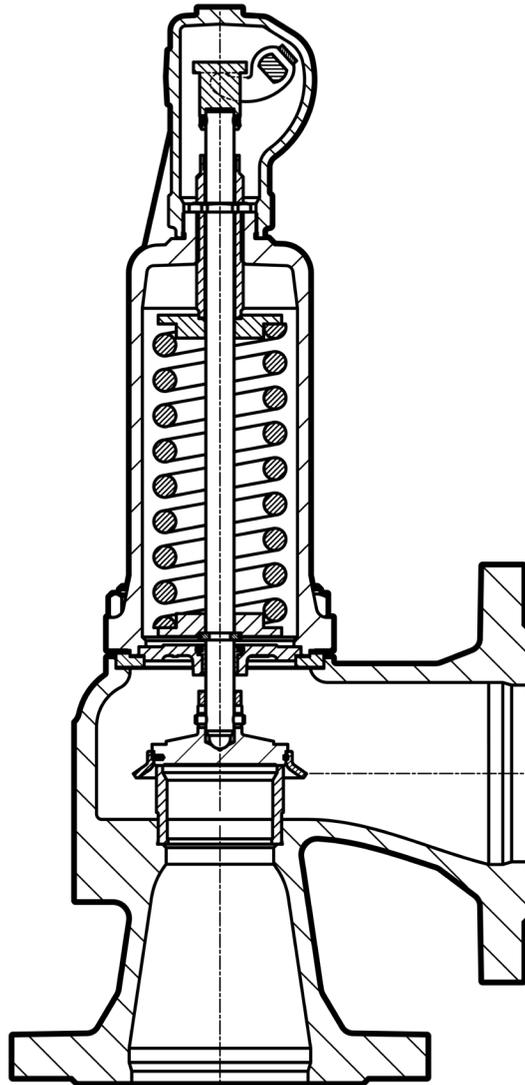
- As válvulas devem estar instaladas em locais de fácil acesso para inspeções e manutenção periódicas.

4. Calibração x Inspeção e Testes

- O termo “calibração” tem sido utilizado erroneamente para válvulas de segurança. O termo correto definido pela NR-13 é “inspeção e testes”.
- A NR-13 já corrigiu essa terminologia, esclarecendo que devem ser realizados inspeção e testes para garantir que as pressões de abertura e fechamento atendam às especificações originais do fabricante.

Capítulo 8

Dimensionamento



Modelo Modulate Action

8.1. Definições de Dimensionamento

O dimensionamento é um aspecto fundamental para o correto funcionamento das válvulas de segurança, garantindo que atuem conforme necessário nos momentos críticos, como:

- Momento de abertura no ponto correto de pressão;
- Alívio total da vazão para evitar sobrepressão no sistema;
- Fechamento adequado após a normalização da pressão.

Diferentemente de outras válvulas industriais, que são selecionadas com base no diâmetro da tubulação, as válvulas de segurança devem ser dimensionadas exclusivamente pela vazão que precisam aliviar. O orifício da válvula deve ser capaz de descarregar a quantidade de fluido necessária para que a pressão no equipamento protegido nunca ultrapasse a PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível), independentemente do diâmetro de entrada e saída da válvula.

Os fluidos a serem aliviados podem ser vapor, gás, líquido ou até mesmo uma mistura bifásica (como óleo e gás ou um líquido em processo de evaporação).

Por essa razão, o dimensionamento e a seleção das válvulas de segurança devem ser realizados por profissionais qualificados, que possuam um conhecimento abrangente dos requisitos de segurança da unidade pressurizada.

8.1.1. Procedimento Geral de Dimensionamento

1. Determinação da vazão de alívio necessária, considerando os cenários de sobrepressão do sistema.
2. Cálculo da área mínima do orifício, utilizando o padrão de dimensionamento selecionado (como ASME, API ou DIN).

Seguir um dimensionamento adequado assegura que a válvula de segurança atue com precisão, eficiência e confiabilidade, prevenindo falhas e garantindo a proteção do equipamento e do ambiente operacional.

Após a determinação da área mínima necessária do orifício para atender à vazão requerida, o fabricante deve selecionar uma válvula cuja capacidade de vazão seja igual ou superior à demanda do sistema, garantindo que a pressão no equipamento

protegido não ultrapasse os limites permitidos.

Além da vazão, outros parâmetros essenciais abordados no LESER Docens devem ser considerados na seleção da válvula, como:

- Tipo de fluido (gás, vapor, líquido ou bifásico);
- Temperatura e pressão de operação;
- Pressão de ajuste e sobrepressão permitida;
- Tipo de vedação e material de construção.

Caso alguns dados menos críticos estejam indisponíveis, a regra geral é considerar o pior cenário possível, no qual todas as potenciais causas de sobrepressão ocorrem simultaneamente.

Esse método garante que a válvula de segurança seja projetada para operar de forma confiável mesmo nas condições mais adversas, assegurando a proteção eficaz do equipamento e do ambiente industrial.

Para cálculos do orifício, existem normas que definem como e quais são as fórmulas necessárias para essas definições. São elas:

Norma	Descrição
API 520 Parte I	Dimensionamento, seleção e instalação de dispositivos de alívio de pressão
ASME XIII (antiga ASME VIII)	Regras para proteção contra sobrepressão
ISO 4126	Dispositivos de segurança para proteção contra pressão excessiva – válvulas de segurança
AD 2000-A2	Dispositivos de segurança contra excesso de pressão – válvulas de segurança

Tabela 8.1

8.2. Dados Importantes e Necessários

Existem parâmetros essenciais que devem ser considerados para um dimensionamento preciso e confiável da válvula de segurança, garantindo que ela atenda plenamente às necessidades do cliente.

Um dos principais parâmetros é o coeficiente de descarga, um valor adimensional que representa a eficiência da válvula em relação ao fluxo de alívio. Ele é definido

pelos principais normas como a razão entre a vazão real e a vazão teórica da válvula, sendo fundamental para o cálculo correto da capacidade de alívio.

$$K_d = q_{\text{real}} / q_{\text{teórico}}$$

Onde:

- K_d = Coeficiente de descarga, adimensional;
- q_{real} = Vazão real da válvula, considerando perdas e efeitos dinâmicos;
- $q_{\text{teórico}}$ = Vazão teórica, baseada em condições ideais de fluxo sem perdas.

O coeficiente de descarga é fundamental para o dimensionamento preciso da válvula de segurança, pois reflete a eficiência do dispositivo em relação à capacidade máxima teórica de alívio.

Esse parâmetro é fundamental, pois seu valor impacta diretamente na capacidade de alívio da válvula, uma vez que está inserido na fórmula para determinação da área mínima necessária.

De maneira geral, quanto maior o coeficiente de descarga da válvula, menor será o orifício necessário para atender à vazão requerida, otimizando o dimensionamento do dispositivo de segurança.

Outro parâmetro essencial é a área do orifício real, definida como a área efetiva de passagem da válvula de segurança, considerando todos os fatores influentes, incluindo o coeficiente de descarga.

Com esse valor, é possível determinar se a válvula dimensionada atende à vazão requerida do sistema. É essencial que a área do orifício da válvula seja maior do que a área mínima calculada conforme a norma de dimensionamento, garantindo que a vazão necessária seja aliviada com segurança.

Embora esses parâmetros sejam informações técnicas fornecidas pelo fabricante ou definidas por normas, há dados específicos do processo que devem ser informados para garantir a correta especificação da válvula no sistema onde será instalada.

O primeiro e mais fundamental dado é a caracterização do fluido presente no sistema. Para esse caso, é necessário dispor de informações detalhadas, conforme apresentado na próxima tabela, levando em consideração o estado do fluido, seja gasoso, líquido ou vapor.

Condições	Unidades	Gases	Líquidos	Vapor saturado	Vapor superaquecido
Fator de Compressibilidade	[-]	x			
Massa Molar	[kg/mol]	x			
Expoente Isentrópico	[-]	x			
Densidade	[kg/m ³]		x		
Viscosidade	[m/s ²]		x		

Tabela 8.2

Conforme observado na tabela, nos casos de vapor, os parâmetros são tabelados, e o envio dessas informações serve para confirmar os valores já estabelecidos.

Além disso, há outros dados essenciais para o dimensionamento da válvula, relacionados diretamente ao processo, como:

- Pressão de abertura da válvula – Define o ponto exato em que a válvula entrará em operação para alívio da pressão;
- Temperatura de operação – Garante que os materiais da válvula sejam adequados às condições térmicas do sistema.

A obtenção precisa e completa dessas informações é imprescindível, pois permite que a válvula seja dimensionada corretamente, atendendo exatamente aos requisitos operacionais do processo e garantindo segurança, confiabilidade e eficiência.

Os dados necessários para o dimensionamento podem ser consultados analisando a tabela a seguir.

Condições	Unidades	Gases	Líquidos	Vapor saturado	Vapor superaquecido
Pressão de Abertura	[bar]	x	x	x	x
Contrapressão	[bar]	x	x	x	x
Temperatura	[°C]	x	x		x
Vazão Mássica	[kg/h]	x	x	x	x
Vazão de Volume (em operação)	[m ³ /h]	x	x	x	x
Vazão de Volume	[Nm ³ /h]	x	x		
Sobreprensão	[%]	x	x	x	x

Tabela 8.3

Dessa forma, é fundamental que o responsável pelo dimensionamento da válvula de segurança tenha conhecimento de todos esses parâmetros, além dos dados do processo, garantindo que a válvula seja dimensionada de forma segura e adequada. Isso assegura que, caso necessário, a válvula atue corretamente e proteja o sistema contra sobrepressões.

8.3. Dimensionamento Conforme API

Uma das normas amplamente utilizadas para o dimensionamento de válvulas de segurança é a API 520 Part I. Essa norma é reconhecida globalmente e aplicada principalmente em indústrias de petróleo, petroquímica e química, estabelecendo diretrizes para:

- Cálculo da capacidade de alívio de pressão;
- Critérios para seleção do orifício adequado;
- Consideração da contrapressão no dimensionamento;
- Definição de parâmetros de operação para diferentes tipos de fluidos.

O uso da API 520 Part I garante que o dimensionamento das válvulas de segurança seja padronizado, seguindo critérios técnicos rigorosos para a proteção eficiente de equipamentos pressurizados.

A API 520 Parte I estabelece diretrizes para o dimensionamento de dispositivos de alívio de pressão, assegurando a proteção de equipamentos e tubulações contra pressões excessivas que possam surgir devido a condições anormais de operação, como aumento de temperatura, bloqueios ou falhas de equipamentos.

8.3.1. Principais Tópicos Abordados na API 520 Parte I

- Requisitos de Dimensionamento: A norma fornece critérios e metodologias para determinar as taxas de alívio de pressão necessárias e o dimensionamento correto dos dispositivos de alívio;
- Seleção de Dispositivos: Ajuda na escolha da válvula de alívio de pressão ou dispositivo de ruptura mais adequado, considerando pressão, temperatura e composição do fluido do processo;
- Critérios de Projeto: Define os requisitos técnicos para garantir a confiabilidade e o desempenho adequado dos dispositivos de alívio de pressão;
- Cálculos de Cenários de Alívio: Aborda os cálculos necessários para determinar as pressões máximas possíveis sob diferentes condições operacionais;
- Documentação: Especifica os tipos de informações e registros técnicos exigidos para o projeto e instalação dos dispositivos de alívio de pressão;
- Testes e Inspeção: Estabelece procedimentos de teste e inspeção, garantindo que os dispositivos estejam em conformidade com os requisitos normativos e que operem corretamente quando necessário.

8.3.2. Cálculo da Área Mínima Necessária

Para o dimensionamento de válvulas de segurança, a API 520 Parte I apresenta fórmulas distintas para cada tipo de fluido: gases, vapores e líquidos.

A fórmula utilizada para determinar a área mínima necessária para alívio de gases e garantir que a válvula tenha capacidade suficiente para a vazão requerida é:

$$A = W / C \times K_d \times P_1 \times K_b \times K_c \times \sqrt{T \times Z / M}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- W = Vazão requerida;
- C = Coeficiente determinado a partir de uma expressão da razão dos calores específicos do gás ou vapor em condições de alívio;
- K_d = Coeficiente de descarga;
- P_1 = Pressão de alívio, definida pela fórmula: $P_1 = P_{set} + \Delta P_{sobrepessão} + P_{atm}$;
- K_b = Fator de correção da capacidade devido a contrapressão, aplicado somente para válvulas balanceadas;
- K_c = Fator de correção para válvula de segurança instalada em combinação com o disco de ruptura a montante;
- T = Temperatura de alívio;
- Z = Fator de compressibilidade para o desvio do gás, avaliado em condições de alívio recomendadas;
- M = Peso molecular do gás ou vapor nas condições de alívio de entrada da válvula.

A fórmula utilizada para obtenção da área mínima necessária em caso de líquidos, no SI de medidas é:

$$A = 11,78 \times W / K_d \times K_w \times K_c \times K_v \times \sqrt{G / P_1 - P_2}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- W = Vazão requerida;
- K_d = Coeficiente de descarga;
- K_w = Fator de correção da capacidade devido a contrapressão, aplicado somente para válvula balanceada;
- K_c = Fator de correção para válvula de segurança instalada em combinação com o disco de ruptura a montante;
- K_v = Fator de correção devido a viscosidade;
- G = Densidade específica do líquido na temperatura de escoamento referente à água em condições padrão;
- P_1 = Pressão de alívio, conforme definido na fórmula dos gases;
- P_2 = Contrapressão.

Por último, a fórmula para vapores:

$$A = 190,5 \times W / P_1 \times K_d \times K_b \times K_c \times K_N \times K_{SH}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- W = Vazão requerida;
- P_1 = Pressão de alívio, conforme definido na fórmula dos gases;
- K_d = Coeficiente de descarga;
- K_b = Fator de correção da capacidade devido a contrapressão, aplicado somente para válvula balanceada;
- K_c = Fator de correção para válvula de segurança instalada em combinação com o disco de ruptura a montante;
- K_N = Fator de correção para equação de Napier;
- K_{SH} = Fator de correção para vapor superaquecido.

A API define orifícios padronizados, identificados por letras de D a T. No entanto, para fins de cálculo, utiliza-se um coeficiente de descarga (K_d) teórico, o que resulta em orifícios reais das válvulas ligeiramente maiores do que os estabelecidos pela norma.

Além disso, ressalta-se a importância de utilizar dados corretos, conforme discutido no tópico anterior. A API 520 Parte I não apenas apresenta as equações necessárias para o dimensionamento, mas também inclui cenários típicos de sobrepessão, previamente mencionados no início do LESER Docens, para auxiliar no cálculo e na seleção adequada das válvulas de segurança.

8.4. Dimensionamento Conforme ASME

Essa norma é uma das mais utilizadas no mercado brasileiro, especialmente devido à sua aplicação na construção de vasos de pressão. Trata-se da norma ASME, Seção XIII, a principal referência nacional para dispositivos de alívio de pressão.

Essa norma foi incorporada ao código na edição de 2021, consolidando e retirando seções anteriormente dispersas em outras partes do código ASME, como a Seção VIII, que trata da construção de vasos de pressão.

A ASME Seção XIII estabelece requisitos para a proteção contra sobrepressão de equipamentos pressurizados, incluindo caldeiras, vasos de pressão e sistemas de tubulação. Seus requisitos abrangem aspectos como:

- Concepção;
- Materiais;
- Inspeção;
- Montagem;
- Ensaios;
- Marcação.

Além de regulamentar válvulas de segurança e alívio, a norma inclui dispositivos como discos de ruptura e válvulas acionadas por pino, bem como a combinação desses dispositivos, como no caso de válvulas de segurança associadas a discos de ruptura. Também trata da certificação de capacidade de vazão, autorização para utilização da marca de certificação ASME, instalação e proteção contra sobrepressão por meio da concepção do sistema.

Para efeito de cálculo, a ASME Seção XIII adota 90% do coeficiente de descarga informado pelo fabricante, um conceito abordado no primeiro tema do capítulo de dimensionamento. Esse fator, denominado coeficiente nominal de descarga (K), é essencial para o dimensionamento preciso das válvulas de alívio.

$$K = 0.9 \times K_d$$

Onde:

- K = Coeficiente nominal de descarga;
- 0.9 = Fator de correção;
- K_d = Coeficiente de descarga.

Assim como na norma API, a ASME Seção XIII também apresenta diferenciação nas fórmulas de cálculo conforme o tipo de fluido considerado. A primeira equação abordada será a fórmula para gases:

$$A = W / C \times K \times P_1 \times \sqrt{T \times Z / M}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- W = Vazão requerida;
- C = Coeficiente determinado a partir de uma expressão da razão dos calores específicos do gás ou vapor em condições de alívio;
- K = Coeficiente de descarga;
- P₁ = Pressão de alívio, definida pela fórmula: P₁ = P_{set} + ΔP_{sobrepressão} + P_{atm};
- T = Temperatura de alívio;
- Z = Fator de compressibilidade para o desvio do gás, avaliado em condições de alívio recomendadas;
- M = Peso molecular do gás ou vapor nas condições de alívio de entrada da válvula.

Já a fórmula utilizada para a determinação da área mínima necessária no caso de líquidos, no Sistema Internacional de Unidades (SI), é:

$$A = W / 5092 \times K \times \sqrt{(P_1 - P_2) \times P}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- W = Vazão requerida;
- K = Coeficiente de descarga;
- P₁ = Pressão de alívio, definida pela fórmula: P₁ = P_{set} + ΔP_{sobrepressão} + P_{atm};
- P₂ = Contrapressão;
- P = Densidade do líquido nas condições na entrada da válvula de segurança.

Por fim, a fórmula para vapores é:

$$A = W / 5,25 \times K \times P_1 \times K_N \times K_{SH}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- W = Vazão requerida;
- K = Coeficiente de descarga;
- P₁ = Pressão de alívio, definida pela fórmula: P₁ = P_{set} + ΔP_{sobrepressão} + P_{atm};
- K_N = Fator de correção para Equação de Napier;
- K_{SH} = Fator de correção para vapor superaquecido.

Ao compararmos as duas normas para dimensionamento, podemos observar que a área mínima calculada pela ASME, quando multiplicada pelo coeficiente de descarga nominal (90% do valor informado pelo fabricante), ainda será maior do que a área mínima calculada pela API, que utiliza diretamente o coeficiente de descarga informado pelo fabricante:

$$A_{ASME} \times K \geq A_{API} \times K_d$$

8.5. Dimensionamento Conforme AD 2000 / ISO 4126

Outras duas normas amplamente utilizadas para o dimensionamento de dispositivos de segurança, especialmente na Europa e na Alemanha, são a DIN ISO 4126-1 e a AD-2000.

A ISO 4126-1 faz parte de uma série de normas técnicas que estabelecem os requisitos para válvulas de segurança e dispositivos de alívio de pressão, utilizados na proteção contra sobrepressões em equipamentos pressurizados.

O dimensionamento de válvulas de segurança de acordo com a ISO 4126-1 é um processo crítico, que exige a determinação de diversos parâmetros para assegurar a segurança e o desempenho adequado desses dispositivos.

A seguir, são apresentados os principais aspectos do dimensionamento conforme a ISO 4126-1:

8.5.1. Classificação e Seleção do Modelo de Válvula

A ISO 4126-1 classifica as válvulas de segurança em diferentes tipos (A, B, C, D, E e F), com base em seus designs e características operacionais. A seleção do tipo de válvula adequado depende das condições de operação, do fluido e do equipamento a ser protegido.

8.5.2. Capacidade de Alívio

A capacidade de alívio representa a quantidade máxima de fluido que a válvula é capaz de escoar quando totalmente aberta. O cálculo preciso desse parâmetro é essencial para garantir que a válvula possa aliviar a pressão de maneira eficaz em situações de sobrepressão.

8.5.3. Condições de Operação

O dimensionamento da válvula de segurança deve considerar diversas variáveis operacionais, incluindo: temperatura do processo, pressão máxima do sistema, capacidade de fluxo exigida e características do fluido.

Esses fatores influenciam diretamente o desempenho da válvula e a escolha do modelo adequado.

Na norma europeia, assim como na ASME Seção XIII, o coeficiente de descarga utilizado nos cálculos é limitado a 90% do valor informado pelo fabricante. No entanto, a terminologia empregada para esse coeficiente difere da adotada na ASME, conforme detalhado a seguir.

$$K_{dr} \leq 0.9 \times K_d$$

Onde:

- K_{dr} = Coeficiente de descarga;
- K_d = Coeficiente nominal de descarga;
- 0.9 = Fator de correção.

A fórmula para gases é a seguinte:

$$A = Q_m / C \times K_{dr} \times P_0 \times \sqrt{Z \times T / M}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- Q_m = Vazão requerida;
- C = Coeficiente determinado a partir de uma expressão da razão dos calores específicos do gás ou vapor em condições de alívio;
- K_{dr} = Coeficiente de descarga;
- P_0 = Pressão de alívio, definida pela fórmula: $P_1 = P_{set} + \Delta P_{sobrepressão} + P_{atm}$;
- Z = Fator de compressibilidade para o desvio do gás, avaliado em condições de alívio recomendadas;
- T = Temperatura de alívio;
- M = Peso molecular do gás ou vapor nas condições de alívio de entrada da válvula.

Já para obter a área mínima necessária em caso de líquidos a fórmula é:

$$A = \sqrt{V / P_0 - P_b} \times Q_m / 1.61 \times K_{dr} \times K_v$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- V = Densidade do líquido;
- P_0 = Pressão de alívio, definida pela fórmula: $P_1 = P_{set} + \Delta P_{sobrepressão} + P_{atm}$;
- P_b = Contrapressão;
- Q_m = Vazão requerida;
- K_{dr} = Coeficiente de descarga;
- K_v = Fator de correção devido a viscosidade.

Por fim, a fórmula para vapores:

$$A = Q_m / C \times K_{dr} \times 0.2883 \times \sqrt{V / P_0}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- Q_m = Vazão requerida;
- C = Coeficiente determinado a partir de uma expressão da razão dos calores específicos do gás ou vapor em condições de alívio;
- K_{dr} = Coeficiente de descarga;
- V = Densidade do líquido;
- P_0 = Pressão de alívio, definida pela fórmula: $P_1 = P_{set} + \Delta P_{sobrepressão} + P_{atm}$.

Na Alemanha, uma das normas mais utilizadas para dispositivos de segurança é a AD-2000 A2. Essa norma faz parte do sistema AD-2000, um conjunto de diretrizes técnicas alemãs voltadas para equipamentos pressurizados. Especificamente, a AD-2000 A2 estabelece os requisitos para materiais utilizados em válvulas de segurança e outros dispositivos de alívio de pressão.

No contexto das válvulas de segurança, a AD-2000 A2 fornece diretrizes detalhadas para a seleção de materiais e suas características técnicas, com o objetivo de garantir a segurança e o desempenho adequado desses dispositivos essenciais.

8.5.4. Seleção de Materiais

A norma define critérios para a escolha dos materiais utilizados na fabricação das válvulas de segurança. Entre os fatores considerados estão:

- Propriedades mecânicas dos materiais;
- Resistência à corrosão;
- Faixa de temperatura operacional;
- Pressões de trabalho admissíveis;
- Outros fatores críticos para garantir a integridade estrutural e funcional das válvulas.

8.5.5. Características de Desempenho

A AD-2000 A2 também estabelece critérios de desempenho que as válvulas de segurança devem atender, incluindo:

- Capacidade de vazão;
- Pressão de abertura;
- Taxa de alívio;
- Outros parâmetros técnicos essenciais para o funcionamento seguro e eficiente da válvula.

8.5.6. Requisitos de Fabricação e Inspeção

A norma inclui diretrizes específicas sobre:

- Processos de fabricação das válvulas de segurança;
- Procedimentos de inspeção;
- Ensaios obrigatórios para garantir conformidade com os padrões de segurança estabelecidos.

A seguir, apresenta-se a fórmula utilizada para gases conforme a AD-2000 A2.

$$A = 0,1791 \times Q_m / \Psi \times K_{dr} \times P_0 \times \sqrt{Z \times T / M}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- Q_m = Vazão requerida;
- Ψ = Função do fluxo de saída, definida de acordo com o tipo de fluxo e pelas fórmulas da imagem a seguir:

$$\psi = \sqrt{\frac{k}{k-1}} \sqrt{\left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{k+1}{k}}} \quad \text{Subcrítico}$$

$$\psi = \sqrt{\frac{k}{k+1}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}} \quad \text{Crítico}$$

Figura 8.1

- K_{dr} = Coeficiente de descarga;
- P₀ = Pressão de alívio, definida pela fórmula: P₁ = P_{set} + ΔP_{sobrepessão} + P_{atm};
- Z = Fator de compressibilidade para o desvio do gás, avaliado em condições de alívio recomendadas;
- T = Temperatura de alívio;
- M = Peso molecular do gás ou vapor nas condições de alívio de entrada da válvula.

A fórmula utilizada para se obter a área mínima necessária em casos de líquidos é definida por:

$$A = 0,6211 \times Q_m / K_{dr} \times \sqrt{P (P_0 - P_a)}$$

Onde:

- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- Q_m = Vazão requerida;
- K_{dr} = Coeficiente de descarga;
- P₀ = Pressão de alívio, definida pela fórmula: P₁ = P_{set} + ΔP_{sobrepessão} + P_{atm};
- P_a = Contrapessão.

Por fim, a fórmula para vapores:

$$A = x Q_m / K_{dr} \times P_0$$

Onde:

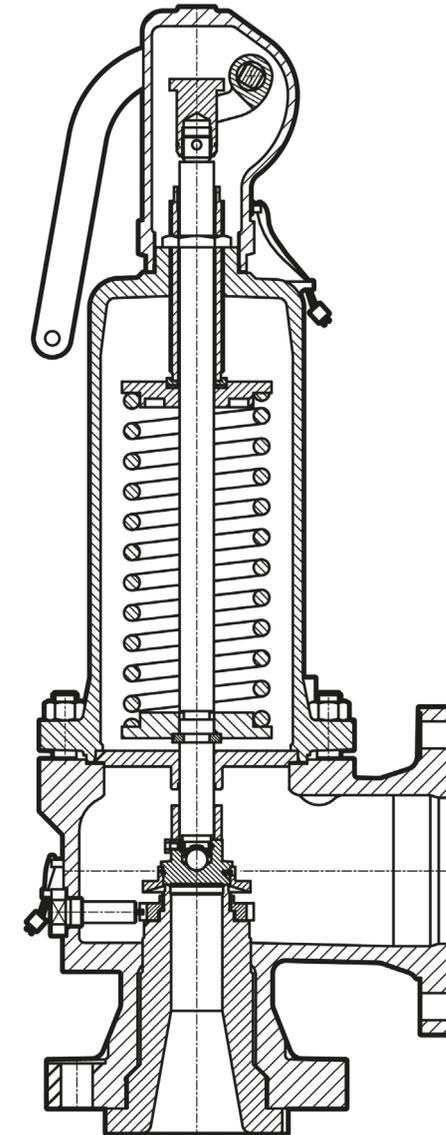
- A = Área de descarga requerida da válvula de segurança;
- x = Coeficiente da pressão do fluido, definido pela fórmula:

$$x = 0.6211 \cdot x \cdot \sqrt{P_0 V / \Psi}$$

- Q_m = Vazão requerida;
- K_{dr} = Coeficiente de descarga;
- P_0 = Pressão de alívio, definida pela fórmula: $P_1 = P_{set} + \Delta P_{sobrepessão} + P_{atm}$;

Sendo assim, é possível observar que, dependendo da norma de dimensionamento utilizada, a área mínima calculada pode variar, resultando em diferenças nos tamanhos dos orifícios e das válvulas de segurança selecionadas para um mesmo processo.

Isso evidencia a importância da escolha criteriosa da norma de dimensionamento a ser aplicada, garantindo que os requisitos técnicos do sistema sejam atendidos de forma segura, eficiente e compatível com a regulamentação vigente. A definição correta e coerente da norma é essencial para assegurar o desempenho adequado das válvulas de segurança e a proteção confiável dos equipamentos pressurizados.



Modelo API

Capítulo 9

Instalação

9.1. Definições e Boas Práticas

Após a abordagem dos conceitos, designs e critérios de dimensionamento para a correta seleção de uma válvula de segurança, este capítulo tratará de um aspecto fundamental para garantir seu desempenho pleno: a instalação adequada.

Embora a instalação não esteja diretamente relacionada à construção ou ao dimensionamento da válvula, sua importância é essencial, pois uma válvula corretamente selecionada pode ter sua performance comprometida caso não seja instalada conforme as melhores práticas.

Neste capítulo, serão apresentados os principais cuidados a serem tomados durante a instalação, bem como boas práticas operacionais para garantir que a válvula de segurança permaneça 100% operacional e atue conforme projetada.

Diversas normas regulamentam a instalação de válvulas de segurança, incluindo:

- API 520 Part II;
- ASME Seção XIII, Parte 12;
- DIN 4126-9.

A correta aplicação dessas normas assegura que a válvula funcione de maneira segura e eficiente, evitando problemas operacionais e garantindo a proteção adequada do sistema pressurizado.

Para garantir uma instalação adequada das válvulas de segurança em uma planta industrial, é essencial observar cuidados específicos, principalmente em relação a:

9.1.1. Escolha Correta das Juntas, Conforme Dados do Fluido

Deve-se garantir a instalação correta das juntas tanto na tubulação de entrada (linha que conduz o fluido até a válvula de segurança) quanto na tubulação de descarga (linha de saída), assegurando a vedação adequada e a integridade do sistema. Além disso, é fundamental a correta instalação de outras conexões auxiliares, como o dreno e o vent do fole, para evitar acúmulo de fluido e garantir o desempenho eficiente da válvula de segurança.

A escolha das juntas dependerá do tipo de flange a ser utilizado, além das características do fluido de processo, considerando, principalmente, a

compatibilidade química entre o fluido e o material da junta, bem como a faixa de temperatura operacional.

Durante a instalação, é essencial garantir que as superfícies de vedação do flange permaneçam intactas, evitando danos que possam comprometer a eficiência da vedação e a segurança do sistema.

9.1.2. Direção do Fluxo

A direção do fluxo deve ser rigorosamente observada durante a instalação da válvula de segurança. A verificação pode ser realizada por meio de:

- Seta indicativa no corpo da válvula, que informa a direção correta do fluxo;
- Documentação técnica, como:
 - Diagramas presentes em catálogos e manuais técnicos;
 - Instruções de operação e folhas de dados do fabricante;
 - Guias de instalação específicos para o modelo da válvula.

Garantir a instalação na orientação correta é essencial para o funcionamento adequado da válvula e para evitar falhas operacionais no sistema pressurizado.

9.1.3. Local de Instalação da Válvula de Segurança

A distância entre a válvula de segurança e o ponto de pressão a ser protegido deve ser cuidadosamente avaliada para garantir uma resposta eficiente à sobrepressão e minimizar perdas de carga na linha de entrada.

Idealmente, a válvula de segurança deve ser instalada próxima ao equipamento protegido, garantindo que as perdas de carga estejam dentro dos limites permitidos, conforme discutido no assunto “Influência de Perda de Carga na Entrada”.

Por exemplo, para a proteção de um vaso de pressão, recomenda-se que a válvula de segurança seja montada diretamente na parte superior do vaso, reduzindo ao máximo a perda de carga entre o equipamento e a válvula.

No entanto, em sistemas sujeitos a flutuações de pressão na fonte, como válvulas de segurança instaladas na descarga de compressores, é necessário um posicionamento estratégico. Nestes casos, onde os picos de pressão podem atingir valores próximos ao ajuste da válvula, recomenda-se instalá-la mais afastada da fonte de pressão, por exemplo, atrás de uma câmara de ar comprimido, em uma região onde a pressão seja mais estável, evitando atuações indesejadas e melhorando a eficiência operacional do sistema.

Além disso, conforme as diretrizes da API 520 Part II, a válvula de segurança não deve ser instalada em locais sujeitos a padrões de fluxo instáveis, sendo recomendado que sua posição esteja a uma distância superior a 10 diâmetros da tubulação principal.

A entrada do ramal, onde a linha de entrada da válvula de segurança se conecta à tubulação principal, deve possuir um canto suavemente arredondado, minimizando a turbulência e a resistência ao fluxo, garantindo assim uma resposta eficaz da válvula.

Nos casos em que houver a necessidade de instalação de tubulação para processos auxiliares, essas linhas devem ser conectadas diretamente à linha de entrada da válvula de segurança, assegurando um fluxo estável e evitando impactos negativos no desempenho da válvula.

9.1.4. A Posição de Montagem das Válvulas de Segurança

De maneira geral, as válvulas de segurança devem ser instaladas sempre na posição vertical, com o orifício de descarga voltado para cima. Essa configuração garante o funcionamento adequado do mecanismo interno da válvula, além de evitar acúmulo de condensado ou partículas sólidas que possam comprometer sua operação.

No entanto, em situações específicas, podem ser necessárias instalações não convencionais, as quais serão abordadas posteriormente neste livro, considerando as condições de processo, requisitos normativos e impactos no desempenho da válvula.

9.1.5. Testes e Inspeções Antes da Instalação

A condição de todas as válvulas de segurança deve ser inspecionada visualmente antes da instalação para garantir que não haja danos ou obstruções que possam comprometer seu funcionamento.

Antes da instalação, é essencial que:

- Todos os materiais de proteção nos flanges da válvula sejam completamente removidos;
- Os tampões de transporte do castelo sejam retirados nas válvulas de segurança balanceadas.

De acordo com a API 520 Parte II, a superfície de entrada da válvula deve ser devidamente limpa, pois materiais estranhos aderidos ao interior do bocal podem ser expelidos durante a operação, passando pelas sedes. Esses contaminantes podem:

- Danificar as sedes da válvula, reduzindo sua vedação;
- Ficar presos entre a sede e o disco, causando vazamentos indesejados.

Além disso, as válvulas devem ser testadas antes da instalação para confirmar a pressão de ajuste, garantindo que estejam calibradas corretamente.

Por fim, é necessário tomar cuidados específicos com as tubulações de entrada, conforme detalhado a seguir.

9.1.6. Perda de carga abaixo do limite máximo de 3%

Conforme mencionado anteriormente, é essencial que o design da tubulação de entrada e seus acessórios sejam projetados de forma a garantir que a perda de carga permaneça dentro do limite máximo permitido.

9.1.7. Tensão

Os efeitos das tensões decorrentes da operação da válvula de segurança e das cargas externas aplicadas devem ser considerados, pois podem provocar distorções, resultando em vazamentos ou falhas operacionais da válvula, além do risco de rompimento da tubulação.

9.1.8. Vibração

A maioria das vibrações nos sistemas da linha de entrada é aleatória e complexa, podendo causar vazamentos na sede da válvula, abertura prematura ou fadiga de componentes, tanto na entrada quanto na saída da válvula, ou em ambas.

Os efeitos prejudiciais das vibrações na válvula de segurança devem ser evitados. Para isso, recomenda-se a adoção de diferenciais de pressão adequados entre a pressão operacional e a pressão de ajuste, reduzindo a influência das vibrações no desempenho do dispositivo.

9.1.9. Drenagem (na Entrada)

A instalação de uma válvula de segurança na extremidade de uma tubulação de entrada horizontal longa, onde normalmente não há fluxo, deve ser evitada. Essa configuração pode resultar no acúmulo de materiais estranhos ou na retenção de líquido, comprometendo o funcionamento da válvula e aumentando a necessidade de manutenção frequente.

9.1.10. Contrapressão Desenvolvida Menor do que o Aceitável para a Válvula

O sistema da linha de saída deve ser projetado de forma a garantir que a contrapressão gerada não ultrapasse os limites aceitáveis para qualquer válvula no sistema. Para isso, podem ser adotadas as seguintes medidas:

- Manter a linha de saída o mais curta possível para minimizar perdas de carga;
- Ajustar as dimensões da linha de saída, aumentando o diâmetro para reduzir a velocidade do fluxo e a contrapressão;
- Reduzir o número de curvas, evitando restrições desnecessárias no escoamento.

9.1.11. Drenagem (na Saída)

A drenagem adequada da tubulação de saída é essencial para garantir o funcionamento eficiente da válvula de segurança e evitar acúmulo de condensado. Para isso, devem ser observados os seguintes cuidados:

- A drenagem deve ser realizada pela linha de saída, garantindo que esta seja autodrenante;
- No ponto mais baixo da linha de saída, deve ser instalada uma drenagem suficiente para a remoção do condensado, prevenindo condensação excessiva e congelamento da tubulação;
- Para evitar refluxo, recomenda-se o uso de um cotovelo de bandeja coletora, que direciona corretamente o fluxo residual e impede o retorno de fluido para a válvula.

Algumas normas exigem um orifício de drenagem adicional dentro da válvula de segurança, como por exemplo, a norma API 526.

9.1.12. Material

O material selecionado deve ser compatível com o processo, garantindo resistência a vibrações, tensões e congelamento durante a descarga da válvula, prevenindo assim o risco de fraturas e comprometimento da integridade do sistema.

9.1.13. Suportes

Devem ser instalados suportes adequados para evitar que as tensões geradas durante a abertura da válvula causem danos ou rompimento das tubulações.

Dessa forma, fica evidente que, além da seleção criteriosa da válvula de segurança, é fundamental possuir conhecimento técnico e adotar as devidas precauções durante a instalação, garantindo o correto funcionamento e a segurança do sistema.

9.2. Instalações Não-Convencionais

Outro aspecto relevante em casos específicos é a instalação de válvulas de segurança em posições não convencionais, como em orientação horizontal ou de cabeça para baixo. Essas configurações exigem análise detalhada, pois podem impactar o desempenho da válvula, a eficiência da vedação e o escoamento do fluido, devendo ser consideradas apenas quando tecnicamente justificadas e em conformidade com as normas aplicáveis.

Quando não houver espaço suficiente para a instalação da válvula de segurança na posição vertical, em alguns casos, dependendo de sua construção, a válvula pode ser instalada em orientação horizontal ou até mesmo de cabeça para baixo.

Essa possibilidade está diretamente relacionada às características construtivas da haste da válvula. No caso das válvulas LESER, a haste é inteiriça, estendendo-se do disco até a extremidade da válvula, contando com dois pontos de apoio:

1. Na guia, garantindo alinhamento e estabilidade;
2. No parafuso de regulagem, assegurando controle preciso da operação. Devido a essa construção, as válvulas LESER podem ser instaladas horizontalmente, pois a força peso resultante é nula, evitando impactos no funcionamento e na vedação.

Por outro lado, válvulas com haste bipartida apresentam uma distribuição de forças diferenciada, o que pode comprometer a estanqueidade da sede em posições não convencionais, tornando-as mais sensíveis a perdas de vedação quando instaladas de forma horizontal ou invertida.



Figura 9.1

É fundamental confirmar com o fabricante a viabilidade da instalação em posições não convencionais, pois, além da construção da válvula, a pressão de abertura também influencia essa possibilidade.

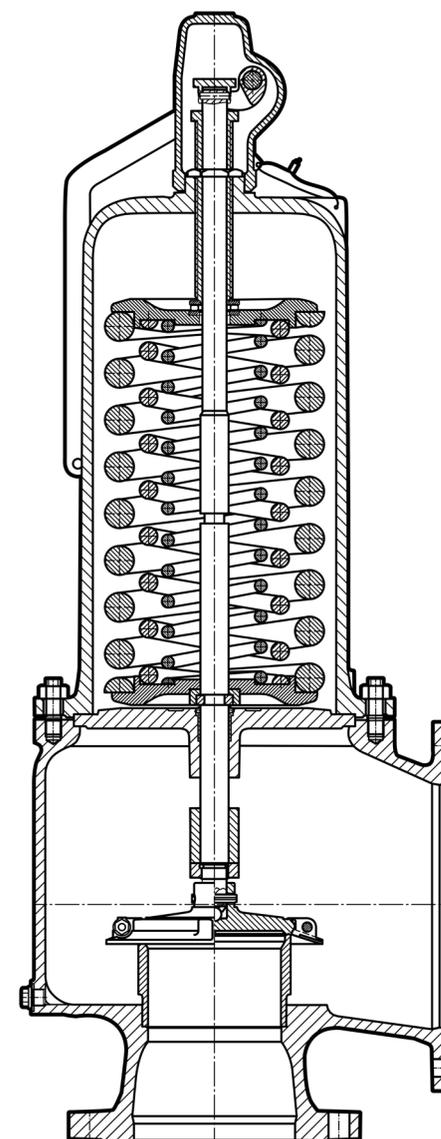
Nesses casos, devem ser adotados alguns cuidados adicionais, tais como:

- Garantia de drenagem eficiente para evitar o acúmulo de fluido ou condensado em partes essenciais para o funcionamento da válvula de segurança. Por exemplo, em instalações horizontais com a saída voltada para baixo, deve-se assegurar que a drenagem impeça o acúmulo de líquido na região de alívio.

- Verificação da pressão de ajuste mínima, garantindo que a válvula opere corretamente na posição escolhida;
- Manutenção preventiva periódica, assegurando que a válvula funcione de maneira adequada. Entre as inspeções recomendadas, destaca-se a verificação da drenagem livre, prevenindo bloqueios que possam comprometer o desempenho do dispositivo.



Figura 9.2



Modelo High Performance

Capítulo 10

Manutenção

10.1. Estanqueidade

A estanqueidade de uma válvula de segurança é essencial para garantir seu funcionamento adequado, evitando a perda de fluido enquanto o sistema opera em condições normais. O valor da taxa de vazamento permitido varia conforme a construção da válvula, sendo influenciado pelo tipo de vedação e pela pressão de operação.

A norma API 527 estabelece os métodos para determinação da estanqueidade da sede de válvulas de alívio de pressão com sede metálica e macia, abrangendo designs convencionais, de fole e piloto operadas.

As taxas máximas de vazamento aceitáveis são definidas para válvulas de alívio de pressão, e caso seja necessária uma estanqueidade superior, essa exigência deve ser especificada no pedido de compra.

O meio de teste utilizado para verificar a estanqueidade da sede deve ser o mesmo aplicado na determinação da pressão de ajuste da válvula. Para garantir a segurança, os procedimentos descritos na norma devem ser realizados por profissionais experientes no manuseio e funcionamento das válvulas de alívio de pressão.

A norma API 527 estabelece que o teste de estanqueidade deve ser realizado a 90% da pressão de abertura da válvula. Além disso, define o método de teste de acordo com o fluido utilizado (água, ar ou vapor), especificando as características e procedimentos apropriados para cada caso.

A taxa de vazamento permitida para válvulas com sede metálica operando com gás pode ser consultada na tabela da API 527, onde são detalhados os limites aceitáveis de vazamento para diferentes condições de teste.

Set Pressure at 15.6 °C (60 °F) kPa gauge (psig)	Ori ice Diameter Less Than or Equal to 18 mm (0.700 in.)		Ori ice Diameter Greater Than 18 mm (0.700 in.)	
	Leakage Rate (bubbles/min)	Approximate Leakage/24 hr Standard m ³ (ft ³)	Leakage Rate (bubbles/min)	Approximate Leakage/24 hr Standard m ³ (ft ³)
103 to 6900 (15 to 1000)	40	0.017 (0.60)	20	0.0085 (0.30)
10,300 (1500)	60	0.026 (0.90)	30	0.013 (0.45)
13,800 (2000)	80	0.034 (1.20)	40	0.017 (0.60)
17,200 (2500)	100	0.043 (1.50)	50	0.021 (0.75)
20,700 (3000)	100	0.043 (1.50)	60	0.026 (0.90)
27,600 (4000)	100	0.043 (1.50)	80	0.034 (1.20)
34,500 (5000)	100	0.043 (1.50)	100	0.043 (1.50)
41,400 (6000)	100	0.043 (1.50)	100	0.043 (1.50)

Figura 10.1

Para líquidos, a taxa de vazamento permitida segue os seguintes critérios:

- Para válvulas com entrada de 1 pol. ou maior, o vazamento não deve exceder 10 cm³/h por polegada do tamanho nominal da entrada;
- Para válvulas com sede metálica e entrada inferior a 1 pol., o vazamento não deve superar 10 cm³/h.

Para válvulas com sede macia, tanto para gases quanto para líquidos, não deve haver vazamento durante um minuto. No caso de válvulas testadas com vapor, não deve haver vazamento na sede metálica ou macia, também por um período de um minuto.

Dessa forma, o teste de estanqueidade é um procedimento fundamental, tanto para válvulas novas quanto para aquelas que passaram por manutenção, garantindo a ausência de perdas de fluido após a instalação no processo.

10.2. Teste de Abertura

Assim como o teste de estanqueidade, o teste de abertura é essencial para assegurar o funcionamento correto da válvula de segurança.

Esse teste é realizado em bancada, simulando a abertura da válvula e verificando sua pressão de ajuste (CDTP, em inglês). Caso necessário, a pressão de abertura é corrigida, conforme abordado nos capítulos anteriores, garantindo que a válvula esteja ajustada corretamente de acordo com os dados do cliente.

De maneira geral, todas as normas técnicas orientam que a válvula de segurança deve ser testada em bancada utilizando o mesmo estado físico do fluido em que será instalada no sistema.

Aplicações	Válvula de Segurança Atuada por Mola	Válvula de Segurança Piloto-Operada
	Fluido para o Teste de Abertura	
Gás	Ar	Ar
Líquido	Água	Água
Vapor	Vapor	Vapor

Tabela 10.1

Outra informação essencial para a realização do teste de abertura é a existência de tolerâncias para a pressão de ajuste. No Brasil, a norma ASME Seção XIII é amplamente utilizada, estabelecendo os seguintes valores de tolerância:

Válvula de Segurança Atuada por Mola	Válvula de Segurança Piloto-Operada
Até 70 psi (4,83 bar)	± 2 psi (0,14 bar)
Acima de 70 psi (4,83 bar)	$\pm 3\%$ do Set Pressure

Tabela 10.2

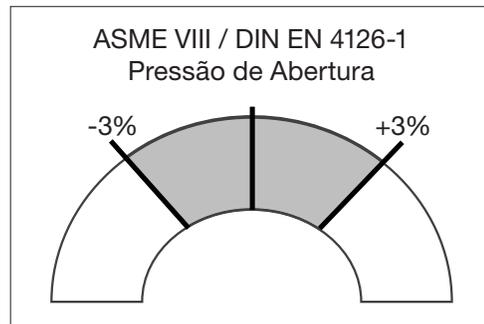


Figura 10.2

Para outras normas técnicas, é necessário verificar a tolerância específica aplicável a esse tipo de teste.

Além disso, para a correta execução do teste de abertura, é essencial utilizar

um instrumento de medição adequado, com exatidão compatível e devidamente calibrado, garantindo que a pressão de teste esteja correta.

A norma ASME PTC 25 estabelece os procedimentos para a realização de testes em bancada, conforme o tipo de fluido, detalhados na figura a seguir.

8-4 BENCH TESTING PROCEDURES

8-4.1 General Features of Tests

There shall be assurance that the pressure relief devices are properly assembled with components that meet the design specification requirements. The pressure relief device shall be clean and ready for test.

The pressure relief device to be tested shall be installed on a test vessel with adapter fittings (flanged, screwed, welded, etc.). See Figure 4-2.10-1 for acceptable adapter fitting contours for minimum inlet pressure drop. Other adapter fittings may be used provided the accuracy of the test is not affected. Operating and environmental conditions shall be maintained in accordance with the requirements of the procedure used. The duration of the test shall be that required to obtain the necessary performance data under stable conditions.

8-4.2 Compressible Fluids

(a) Valves marked for steam service shall be tested on steam. Valves marked for air, gas, or vapor service shall be tested with air or gas.

(b) Pressure relief valve-inlet pressure shall be the static pressure as measured with a pressure tap positioned as shown in Figure 8-2.2-1.

NOTE: For steam testing, the quality of the steam may affect the operational characteristics of the valve. The steam quality may be affected by inadequate moisture separation, an underheated test vessel, and/or improper steam trap operation.

(c) Increase the pressure at the valve inlet to 90% of the expected set pressure. Then increase at a rate equal to 2% of set pressure per second or at a rate that permits accurate pressure readings. Observe and record the set pressure and other pertinent valve characteristics. Decrease the inlet pressure until the valve closes.

This test shall be repeated such that operational characteristics can be computed in accordance with subsection 9-3.

(d) To obtain an accurate reseal pressure measurement, an adequate volume of test medium is required at the valve inlet. When determining this volume, consideration must be given to the cycle time and size of the device being tested relative to the rate of supply of the test medium.

8-4.3 Incompressible Fluids

(a) Valves marked for liquid service shall be tested with water or another suitable liquid.

(b) Pressure relief valve-inlet pressure shall be the static pressure as measured with a pressure tap positioned as shown in Figure 8-2.2-2.

(c) Same as [para. 8-4.2(c)].

Figura 10.3

10.3. Teste de Contrapressão

Dando sequência aos testes essenciais, tanto para a venda de um produto novo quanto para a realização de manutenção, destaca-se o Teste de Contrapressão. Esse teste é realizado em bancada e, conforme o nome indica, consiste na aplicação de pressão na saída da válvula. O objetivo principal desse teste é verificar:

- A integridade das juntas em toda a válvula;
- A integridade do fole em válvulas do tipo balanceada.

As principais normas de construção estabelecem a obrigatoriedade do Teste de Contrapressão, definindo os procedimentos adequados e os valores de pressão de teste a serem aplicados.

Nesse tipo de teste, a execução é sempre realizada com ar comprimido ou nitrogênio, seguindo as pressões especificadas pela norma de construção aplicável à válvula em teste. Diferentemente dos outros testes abordados anteriormente, não é necessário utilizar o mesmo estado físico do fluido de operação.

O tempo de teste requerido geralmente segue os critérios estabelecidos na tabela abaixo.

Diâmetro nominal de Entrada	Duração mínima do teste (segundos)
DN ≤ DN 500 (2")	15
DN > DN 50 (2")	60

Tabela 10.3

Conforme abordado anteriormente, em válvulas balanceadas, uma das principais funções do fole é isolar a parte inferior do corpo da válvula da parte superior, onde estão localizados componentes como haste, mola e prato de mola.

Por esse motivo, ao realizar o teste de contrapressão nesse tipo de válvula, deve-se utilizar o vent do castelo para verificar se o fole está vedando corretamente ou se há passagem de fluido para a parte superior, indicando possíveis furos ou defeitos.

O teste consiste em:

- Aplicação de pressão pela saída da válvula;
- Utilização de uma solução de sabão sobre as áreas analisadas, como:
 - Junção entre corpo e castelo;
 - Vent do castelo para o fole.

O critério de aceitação para esse teste, independentemente da norma aplicada, é sempre a estanqueidade. Isso significa que não deve haver formação de bolhas de ar após a aplicação da solução de sabão, garantindo a integridade das juntas, conexões e do fole.

10.4. Teste Funcional da Alavanca

O Teste Funcional da Alavanca deve ser realizado em todas as válvulas de segurança que possuem qualquer tipo de alavanca como componente. O objetivo desse teste é verificar a operacionalidade da alavanca, assegurando seu funcionamento adequado caso seja necessário acioná-la durante a operação do processo.

Assim que os testes anteriores forem concluídos, a alavanca deve ser instalada e o teste funcional realizado conforme o procedimento estabelecido, garantindo sua operacionalidade.

Após a instalação da alavanca, é essencial verificar novamente a pressão de abertura, pois, em alguns casos, sua fixação pode alterar esse parâmetro. Caso essa variação não seja detectada e corrigida, a válvula poderá ser ajustada de forma incorreta, comprometendo seu desempenho.

Além disso, é fundamental garantir que haja pressão na entrada da válvula no momento do acionamento da alavanca. O teste não deve ser realizado apenas pela força mecânica da alavanca, pois isso poderia exigir um esforço excessivo para vencer a força da mola, resultando na quebra de componentes internos da válvula.

Como critério de aceitação, a alavanca deve ser capaz de acionar e promover a abertura manual do disco, liberando a pressão existente.

10.5. Mudança de Pressão (Range da Mola)

Em válvulas de segurança submetidas a manutenção, um dos parâmetros críticos é a alteração da pressão de abertura inicial da válvula. Nessa situação, é necessário adotar cuidados para garantir que a configuração atual da válvula continue atendendo integralmente às exigências do processo.

O primeiro parâmetro a ser analisado é se a mola instalada suportará a nova pressão de abertura. É fundamental que o range de atuação dessa mola seja confirmado ou informado pelo fabricante, que dispõe de informações precisas como o coeficiente elástico e a deformação máxima permitida da mola.

Portanto, a verificação do atendimento da mola não deve ser realizada de maneira empírica, pois, mesmo que a mola consiga atingir a pressão exigida na bancada, a repetição de aberturas pode comprometer sua funcionalidade ao longo do tempo.

Por exemplo, a LESER informa diretamente esse range em seu site, conforme ilustrado na figura a seguir.

ARTICLE NUMBER (XXXX.XXXX): 5262.0012

COLD DIFFERENTIAL TEST PRESSURE (CDTP) IN BAR: 10

COLD DIFFERENTIAL TEST PRESSURE (CDTP) IN PSIG: 145.04

FIND

Springs

Pressure from (barg)	Pressure to (barg)	Spring(s)	Version	Spring plate	Needle bearing
6.81	11.00	Pos. 54 540.4374.0000	stainless steel, high creep-resistant steel, creep-resistant steel	Pos. 16 302.8949.0000 Pos. 17 302.7159.0000	250.0749.0000

Figura 10.4

Após essa primeira verificação, caso a mola atenda ao novo ajuste, é necessário determinar se a pressão de abertura será aumentada ou diminuída. Essa informação é essencial, pois impacta diretamente outros parâmetros que devem ser analisados:

10.5.1. Se a Pressão Diminuir

É necessário realizar um novo dimensionamento, considerando todos os parâmetros atualizados, para confirmar se a válvula ainda atende integralmente ao processo, com destaque para a capacidade de vazão aliviada.

Uma redução na pressão de abertura pode resultar em uma diminuição da capacidade de alívio da válvula, tornando-a insuficiente para a demanda do processo e comprometendo a segurança operacional.

10.5.2. Se a Pressão Aumentar

Também deve ser realizado um novo dimensionamento, considerando os parâmetros revisados, para verificar se a válvula continua adequada ao processo, especialmente em relação a uma possível superdimensionamento da capacidade de vazão.

Se a válvula operar com uma capacidade de alívio excessivamente alta, há um aumento do risco de chattering, fenômeno abordado anteriormente, que pode comprometer a funcionalidade da válvula.

Outro fator crítico a ser analisado é se a classe de pressão da conexão de entrada da válvula ainda atende aos novos requisitos do processo. Cada conexão de válvula possui uma pressão de trabalho permitida, conforme sua classe de pressão, temperatura de operação e material de construção.

Por exemplo, válvulas com flanges construídos conforme ASME B16.5, material ASTM A216 WCB, temperatura de 25°C e classe de pressão 150# possuem uma pressão de trabalho máxima de 19,6 bar-g, conforme demonstrado abaixo.

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
C-Si	A105 (1)	A216 Gr. WCB (1)	A515 Gr. 70 (1)
C-Mn-Si	A350 Gr. LF2 (1)	...	A516 Gr. 70 (1), (2)
C-Mn-Si	A537 Cl. 1 (3)
C-Mn-Si-V	A350 Gr. LF6 Cl. 1 (4)
3 ¹ / ₂ Ni	A350 Gr. LF3 (5)

Temp., °C	Working Pressures by Classes, bar						
	Class						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-29 to 38	19.6	51.1	68.1	102.1	153.2	255.3	425.5
50	19.2	50.1	66.8	100.2	150.4	250.6	417.7
100	17.7	46.6	62.1	93.2	139.8	233.0	388.3
150	15.8	45.1	60.1	90.2	135.2	225.4	375.6
200	13.8	43.8	58.4	87.6	131.4	219.0	365.0

Figura 10.5

Dessa forma, caso qualquer um dos parâmetros analisados não seja atendido, será necessária a substituição completa da válvula, pois sua continuidade no processo representaria um risco operacional, podendo comprometer a segurança e a eficiência do sistema.

Por esse motivo, sempre que houver mudança nos parâmetros da válvula originalmente dimensionada, é essencial refazer todo o processo de verificação e dimensionamento, garantindo que a válvula continue adequada às novas condições operacionais e em pleno funcionamento.

10.6. Cotas Críticas

Outro parâmetro fundamental a ser analisado em válvulas enviadas para manutenção é o dimensional das partes críticas.

A maioria dos componentes de uma válvula de segurança não pode passar por reparos significativos, como usinagem ou fabricação de novas peças, pois não há como garantir com exatidão características como:

- Peso (que influencia diretamente na pressão de abertura);
- Rugosidade superficial (que pode impactar o deslizamento da haste na guia).

Entretanto, para componentes que possuem área de vedação, intervenções como lapidação são possíveis.

Por isso, todos os fabricantes estabelecem tolerâncias dimensionais para esses componentes, pois, ao longo do tempo, o desgaste natural e vazamentos podem reduzir a espessura dos materiais, tornando necessária uma intervenção corretiva.

Dessa forma, é fundamental seguir os parâmetros dimensionais fornecidos pelo fabricante, garantindo que o bocal e o disco ainda estejam dentro das especificações recomendadas e que a válvula continue operando com segurança e eficiência.

Na figura a seguir está um exemplo de dimensões de bocal e de disco de uma válvula de segurança da LESER.

Valve DN	Seat								Disc				
	Diameter				Length				Angle			b [mm]	Tolerance b [mm]
	do Ø [mm]	D Ø [mm]	B Ø [mm]	A Ø [mm]	L [mm]	L ₁ [mm]	L ₂ [mm]	Tolerance L; L ₁ ; L ₂ [mm]	W ₁ [°]	W ₂ [°]	W ₃ [°]		
25	15	16	17	19	130	3	-	-0,2	30	30	30	10,5	-0,1
	20	21	22,5	24,5		3	-	-0,2		60	30		
50	30	32	36	39	162	3,5	12,5	-0,3	30	60	45	12,5	-0,2
	40	43	46	49		3	-	-0,3		-			
80	50	52	55,4	59,4	180	3	4	-0,3	30	60	45	17,0	-0,2
	60	62	66,5	71,5		4	-	-0,3		60			
100	50	52	55,4	59,4	215	3	4	-0,3	30	60	45	17,0	-0,2
	60	64	67,5	71,5		5	-	-0,3	30	60	45	17,0	-0,2
	74	79	82	86		5	6	-0,3	30	60	-	17,0	-0,2
	88	93	99	103		6	-	-0,3	30	60	-	17,0	-0,2
150	110	116	120	124	277,5	5	-	-0,3	30	90	-	17,0	-0,3

Figura 10.6

Isso é fundamental, pois, quando os componentes da válvula estão fora das tolerâncias dimensionais informadas pelo fabricante, podem ocorrer problemas como:

- Perda da estanqueidade, comprometendo a vedação e resultando em vazamentos indesejados;
- Falha no funcionamento da válvula, impedindo que atue corretamente conforme seu projeto original.

Portanto, a verificação desses parâmetros deve ser realizada sempre com base no manual de manutenção de cada fabricante, assegurando que a válvula continue operando dentro das especificações técnicas recomendadas.

10.7. Cuidados de Montagem e Desmontagem

Por fim, é essencial considerar alguns cuidados necessários durante a montagem e desmontagem das válvulas de segurança.

Para garantir uma vida útil prolongada de uma PSV, devem ser adotadas boas práticas, evitando desgaste excessivo ou danos aos componentes da válvula. Esses cuidados são fundamentais para preservar a integridade dos materiais e assegurar o funcionamento confiável e seguro da válvula ao longo do tempo.

O primeiro cuidado essencial durante a desmontagem de uma válvula de segurança é garantir que a pressão da mola seja completamente aliviada por meio do parafuso de regulagem. Caso a desmontagem seja realizada com a mola ainda comprimida, a retirada dos parafusos do castelo pode fazer com que este seja lançado para cima, representando um grave risco de acidente para o operador.

Outro ponto crítico ao comprimir ou descomprimir a mola pelo parafuso de regulagem é a necessidade de prender a haste. Isso evita que, no momento do ajuste da mola, o conjunto haste/disco gire simultaneamente, o que poderia danificar a vedação entre o bocal e o disco. Como esses componentes estão em contato direto e sob a força da mola, qualquer rotação pode comprometer a superfície de vedação, prejudicando a estanqueidade e o funcionamento adequado da válvula.



Figura 10.7

O travamento da haste para evitar sua rotação é ainda mais crítico em válvulas que possuem fole de balanceamento. Caso a haste gire durante a compressão ou decompressão da mola, o fole também poderá girar, resultando em danos irreversíveis.

Se o fole for comprometido, sua substituição será necessária, aumentando os custos de manutenção e tempo de indisponibilidade da válvula. Esse risco pode ser evitado com a fixação adequada da haste, garantindo que o ajuste da mola ocorra sem impactos negativos nos componentes internos da válvula, conforme ilustrado na imagem abaixo.



Figura 10.8

Outro cuidado essencial é a utilização de ferramentas apropriadas para cada componente da válvula.

Por exemplo, como demonstrado na foto ao lado, a remoção do bocal deve ser feita com uma chave em “C”, que se ajusta corretamente à peça, evitando danos à superfície.

O uso de ferramentas inadequadas, como chaves de grifo, pode causar marcas, deformações e desgaste excessivo, comprometendo a integridade do componente e reduzindo significativamente sua vida útil. Portanto, a utilização de ferramentas específicas e bem ajustadas é fundamental para garantir a durabilidade e o desempenho adequado da válvula.



Figura 10.9

Uma característica importante das válvulas LESER é que todos os componentes que requerem aperto possuem um local específico para o uso da ferramenta adequada. Isso permite a aplicação correta do torque sem causar danos mecânicos aos componentes da válvula.

Essa abordagem evita o uso de ferramentas inadequadas, como chaves de grifo, que podem gerar marcas, deformações ou desgaste prematuro, comprometendo a integridade e a vida útil da válvula. Portanto, é fundamental sempre utilizar as ferramentas apropriadas nos pontos designados, garantindo a segurança e o desempenho ideal do equipamento.

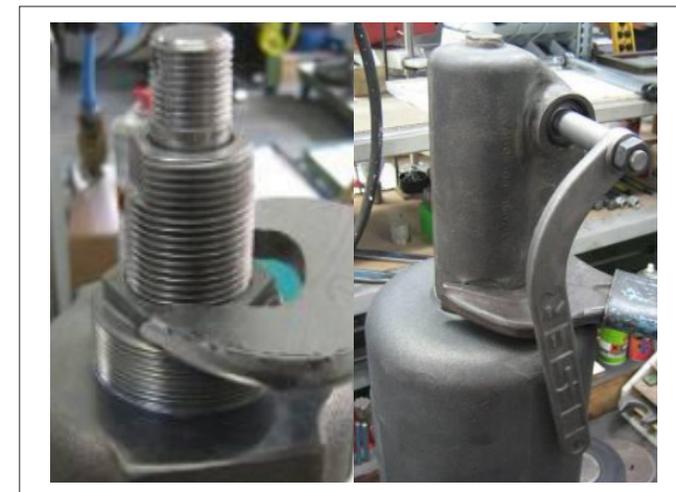


Figura 10.10

O último cuidado essencial a ser mencionado refere-se ao torque aplicado em componentes roscados, parafusos e porcas.

É fundamental que o torque seja aplicado conforme as especificações do fabricante, garantindo:

- Estanqueidade adequada da junta, prevenindo vazamentos;
- Preservação da integridade das roscas, evitando danos que possam dificultar futuras manutenções.

Abaixo, segue uma tabela de referência com os valores de torque recomendados pela LESER para o capuz roscado e parafusos.

Tamanho	Tamanho da rosca	Torque com junta [Nm]	Tamanho da chave
0	M 24 x 1.5	60 - 75	SW 27
I	M 33 x 1.5	80 - 100	SW 46
II	M 42 x 1.5	100 - 125	SW 55
III	M 60 x 1.5	140 - 175	SW 75
IV	M 75 x 1.5	175 - 220	SW 95

Tabela 10.4

Material DIN	Material equivalent ASME	min. - max. Torque [Nm]					
		Thread					
		M10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27
Ck 35/ C 35 (1.1181)	Steel	18 - 22	28 - 36	68 - 87	130 - 166	255 - 288	
A4 - 70 (1.4401)	A193 B8M Cl.2	25 - 30	45 - 58	108 - 138	204 - 261	202 - 258	310 - 345
A4 - 70 (1.4401)	A193 B8M Cl.1	25 - 30	45 - 58	108 - 138	204 - 261	202 - 258	
5.6	-	19 - 22	30 - 39	73 - 93	--	--	--
8.8	-	40 - 45	65 - 84	155 - 198	--	--	--
	A320 Gr. B8M	25 - 30	45 - 58	108 - 138	204 - 261	202 - 258	310 - 345
1.7225	A 193 Gr. B7		55 (50*)	130 (120*)	220 - 250	280 - 300	
	A 320 Gr. L7		55 (50*)	130 (120*)	220 - 250	280 - 300	
	A 320 Gr. L7M		50 - 60	125 - 135	220 - 250	280 - 300	450-480
1.4301	A 193 Gr. B8 CL. 2	25 - 30	45 - 58	108 - 138	204 - 261	202 - 258	
	A 193 Gr. B8T CL. 2			108 - 138	204 - 261		
	A320 Gr. B8 CL. 2	25 - 30	45 - 58	108 - 138	204 - 261	202 - 258	
1.4462	SA-479	25 - 30	45 - 58	108 - 138	204 - 261	202 - 258	310 - 345
1.4501	SA-479	25 - 30	45 - 58	108 - 138	204 - 261	202 - 258	
	A 193 Gr. B7M		60 - 70	135 - 170	220 - 250	280 - 320	
	A453 Gr.660 Class D		70-85	160-190	280-300	340-360	

Figura 10.11

Concluindo, para que uma válvula opere de maneira correta, é fundamental que todos os parâmetros e cuidados sejam rigorosamente observados desde sua concepção, passando pelo dimensionamento, instalação e manuseio.

10.8. Centro de Manutenção e Reparo da LESER

O Centro de Reparo de Válvulas de Segurança da LESER oferece uma estrutura completa de fabricante para prestação de serviços especializados, sendo capacitado para realizar uma ampla gama de atividades voltadas para válvulas de todas as marcas em sua oficina especializada. Além disso, conta com a certificação do NBBI, conforme a norma ASME VR (Valve Repair), posicionando a LESER Brasil como um centro de excelência para manutenção e reparo de válvulas de qualquer fabricante, incluindo serviços offshore.

O National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors (NBBI), órgão internacionalmente reconhecido, certifica a LESER como uma empresa qualificada para a manutenção e reparo de válvulas de segurança de qualquer fabricante. A certificação VR do National Board assegura a competência da LESER na realização de reparos, garantindo que as válvulas mantenham suas características originais conforme o código ASME VIII, além de assegurar o uso de peças sobressalentes originais.

A certificação VR (Valve Repair) confirma que a válvula preservará suas especificações de fábrica, garantindo conformidade com o Código ASME VIII e a utilização de peças de reposição originais durante todo o processo de manutenção e reparo.

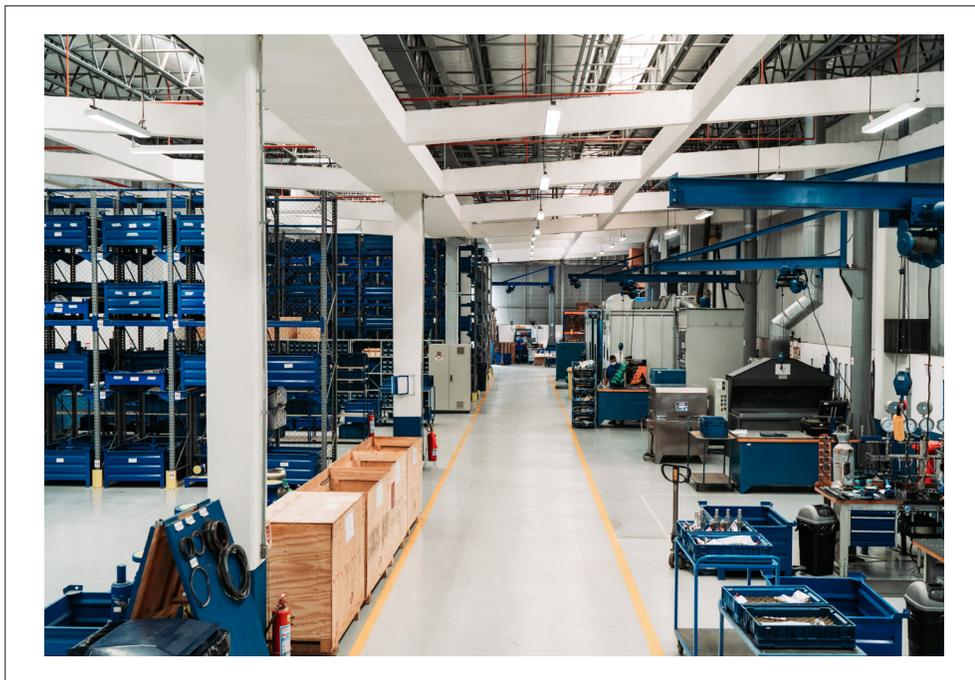
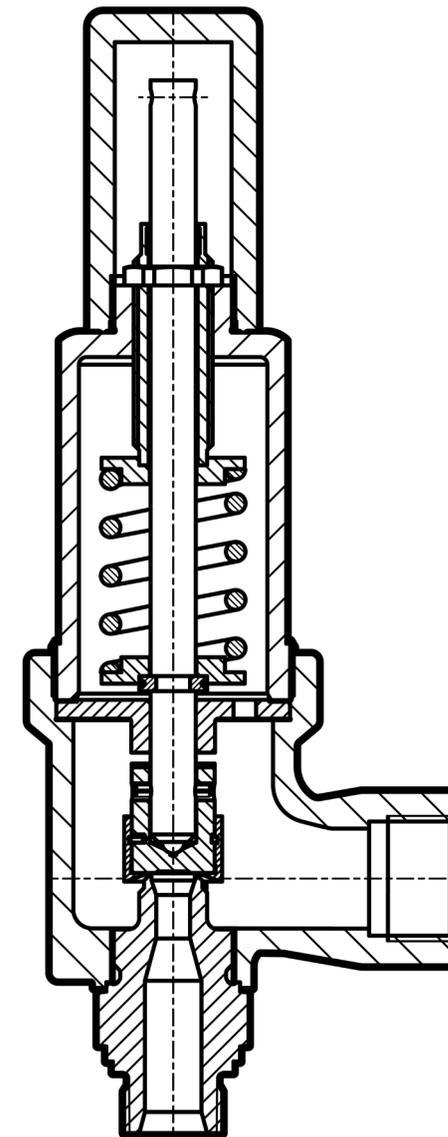


Figura 10.12



Modelo Compact Performance

Capítulo 11

Extras

11.1. Conversão de Medidas e Materiais Disponíveis

A seguir é possível observar tabelas com conversões de medidas úteis nas operações que envolvem válvulas de segurança ou qualquer outro assunto de Engenharia no geral. Além disso, materiais disponíveis por componentes de uma válvula de segurança no estoque da LESER Brasil.

Pressão			
Símbolo	Unidade	Equivalência	Significado
bar	01 bar	100.000 Pa	Pa - Pascal (Pa = 1 N/m ²)
		100 kPa	kPa - Quilopascal (1 kPa = 103 Pa)
		0,100 MPa	MPa - Megapascal (1 Mpa = 103 kPa = 106 Pa)
		0,987 atm	atm - Atmosfera Padrão (Standard Atmosphere)
		1000 mbar	mbar - Milibar (1 mbar = 10 ⁻³ bar)
		1,019 kgf/cm ²	kgf/cm ² - Quilograma-força por centímetro quadrado
		14,504 psi	psi - Libra-força por polegada quadrada (lbf/in ²)
		2,088,543 lbf/ft ²	lbf/ft ² - Libra-força por pé quadrado
		10.197,162 mmH ₂ O	mmH ₂ O - Milímetro de coluna d'água
		750,062 mmHg	mmHg - Milímetro de coluna de mercúrio
		401,463 inH ₂ O	inH ₂ O - Polegada de coluna d'água

Temperatura			
Símbolo	Unidade	Equivalência	Significado
°C	0 °C Grau Centigrado (Grau Celsius)	33,8 °F	°F - Grau Fahrenheit
		274,15 K	K - Kelvin (Temperatura absoluta)
		0,8 °R	°R - Grau Réaumur
		493,47 °Rankine	°Rankine - Grau Rankine

Vazão Mássica			
Símbolo	Unidade	Equivalência	Significado
kg/h	01 kg/h Quilograma por hora	0,0003 kg/s	kg/s - Quilograma por segundo
		0,01667 kg/min	kg/min - Quilograma por minuto
		24 kg/d	kg/d - Quilograma por dia
		2,7778x10 ⁻⁷ t/s	t/s - Tonelada por segundo
		0,000017 t/min	t/min - Tonelada por minuto
		0,001 t/h	t/h - Tonelada por hora
		0,024 t/d	t/d - Tonelada por dia
		0,0006123 lb/s	lb/s - Libra por segundo
		0,036743 lb/min	lb/min - Libra por minuto
		2,20462 lb/h	lb/h - Libra por hora
52,91093 lb/d	lb/d - Libra por dia		

Vazão Volumétrica			
Símbolo	Unidade	Equivalência	Significado
m³/h	01 m³/h Metro cúbico por hora	0,0002778 m³/s	m³/s - Metro cúbico por segundo
		0,016667 m³/min	m³/min - Metro cúbico por minuto
		0,27778 L/s	L/s - Litro por segundo
		16,66667 L/min	L/min - Litro por minuto
		1000 L/h	L/h - Litro por hora
		0,07337 gal/s	gal/s - Galão (U.S.) por segundo
		4,40286 gal/min	gal/min - Galão (U.S.) por minuto (gpm)
		264,1721 gal/h	gal/h - Galão (U.S.) por hora
		6340,12873 gal/d	gal/d - Galão (U.S.) por dia

Viscosidade			
Símbolo	Unidade	Equivalência	Significado
cP	01 cP Centipoise	0,001 Pa.s	Pa.s - Pascal segundo (10 P)
		1 mPa.s	mPa.s - Milipascal segundo (1 cP)
		0,01 P	P - Poise (1 dyn.s/cm² = 1g/(cm.s))

Materiais Disponíveis - Corpo e Castelo					
Grupo de Materiais	Processo de Fabricação	Nomenclatura DIN	Nomenclatura ASME / ASTM	Nomenclatura AISI / UNS	Comentários
Ferro Fundido	Fundido	0.6025	Cast Iron		
Ferro Fundido Dúctil	Fundido	0.7043	SA 395 60-40-18		
Aço Carbono	Fundido	1.0619	SA 216 - WCB/ WCC		
Aço Carbono	Placa	1.0460/1.0425	SA 105		
Aço Carbono Baixa Temperatura	Fundido		SA 352 - LCB/LCC		
Aço Carbono Alta Temperatura	Fundido	1.7357	SA 217 WC6		
Aço Cromo	Barra	1.4104	N/A		
Aço Inox	Fundido	1.4408	SA 351 CF8M		
Aço Inox	Barra, Fundido, Tubular	1.4404	SA 479 / SA 182 / SA 312 316L		
Aço Inox	Barra	1.4435 - BN2	SA 479 316L		
Aço Inox Alta Temperatura	Fundido	1.4581	SA 351 CF10M		
Aço Inox Alta Temperatura	Barra, Fundido, Tubular	1.4571	SA 479 / SA 182 / SA 312 316Ti		
Aço Inox	Fundido	1.4408	SA 351 CF8M		
Aço Inox Austenítico	Forjado		SA 351 CF3M	J92800	Versão com baixo carbono do material CF8M
Duplex	Fundido	1.4470	SA 995 - CD3MN	J92205	Gr. 4A
Super Duplex	Forjado		SA 995 CD3MWCuN	J93380	Gr. 6A
Super Duplex	Forjado	1.4517	SA 995 CD4MCuN	J93372	Gr. 1B
Base Níquel	Forjado		SA 494 - CX2MW	N26022	Hastelloy C22
Base Níquel	Forjado		SA 494 - CW12MW	N30002	Hastelloy C276
Base Níquel	Forjado		SA 494 - M351	N24135	Monel 400
Base Níquel	Forjado		SA 494 - CW6MC	N26625	Inconel 625

Materiais Disponíveis - Sede (Bocal)					
Grupo de Materiais	Processo de Fabricação	Nomenclatura DIN	Nomenclatura ASME / ASTM	Nomenclatura AISI / UNS	Comentários
Aço Inox	Fundido	1.4408	SA 351 CF8M		
Stellite	Fundido	1.4408 / Stellite	SA 351 CF8M Stellite		
Aço Inox	Barra	1.4404	SA 479 316L		
Stellite	Barra	1.4404	SA 479 316L / Stellite		
Duplex	Barra Forjada	1.4462	SA 479 S31803 SA 182 - F51	S31803	
Super Duplex	Barra Forjada	1.4501	SA 479 S32760 SA 182 - F55	S32760	Zeron 100
Base Níquel	Barra	2.4610	SB 574 N06455	N06455	Hastelloy C4
Base Níquel	Barra	2.4602	SB 574 / SB 564 N06022	N06022	Hastelloy C22
Base Níquel	Barra	2.4856	SB 446 - N06625	N06625	Inconel 625
Base Níquel	Barra	2.4360	SB 164 - N04400	N04400	Monel 400
Materiais Disponíveis - Disco					
Grupo de Materiais	Processo de Fabricação	Nomenclatura DIN	Nomenclatura ASME / ASTM	Nomenclatura AISI / UNS	Comentários
Aço Cromo	Barra	1.4122	MT 440	(AISI 420 RM)	
Aço Inox	Barra	1.4404	SA 479 316L		
Stellite	Barra	1.4404	SA 479 316L / Stellite		
Duplex	Barra Forjada	1.4462	SA 479 S31803 SA 182 - F51	S31803	
Super Duplex	Barra Forjada	1.4501	SA 479 S32760 SA 182 - F55	S32760	Zeron 100
Base Níquel	Barra	2.4610	SB 574 N06455	N06455	Hastelloy C4
Base Níquel	Barra	2.4602	SB 574 / SB 564 N06022	N06022	Hastelloy C22
Base Níquel	Barra	2.4856	SB 446 - N06625	N06625	Inconel 625
Base Níquel	Barra	2.4360	SB 164 - N04400	N04400	Monel 400
Materiais Disponíveis - Prisioneiro					
Grupo de Materiais	Processo de Fabricação	Nomenclatura DIN	Nomenclatura ASME / ASTM	Nomenclatura AISI / UNS	Comentários
Aço Inox	Prisioneiro	1.4401	A4-70 / SA 193B8M		

Materiais Disponíveis - Porcas					
Grupo de Materiais	Processo de Fabricação	Nomenclatura DIN	Nomenclatura ASME / ASTM	Nomenclatura AISI / UNS	Comentários
Aço Inox	Porca	1.4401	A4-70 / SA 1948M		
Materiais Disponíveis - Haste					
Grupo de Materiais	Processo de Fabricação	Nomenclatura DIN	Nomenclatura ASME / ASTM	Nomenclatura AISI / UNS	Comentários
Aço Cromo	Barra	1.4021	420	(AISI 420)	
Aço Inox	Barra	1.4404	SA 479 - 316L		
Duplex	Barra Forjada	1.4462	SA 479 S31803 SA 182 - F51	S31803	
Super Duplex	Barra Forjada	1.4501	SA 479 S32760 SA 182 - F55	S32760	
Base Níquel	Barra	2.4610	SB 574 N06455	N06455	Hastelloy C4
Base Níquel	Barra	2.4602	SB 574 / SB 564 N06022	N06022	Hastelloy C22
Base Níquel	Barra	2.4856	SB 446 - N06625	N06625	Inconel 625
Base Níquel	Barra	2.4360	SB 164 - N04400	N04400	Monel 400
Materiais Disponíveis - Mola					
Grupo de Materiais	Processo de Fabricação	Nomenclatura DIN	Nomenclatura ASME / ASTM	Nomenclatura AISI / UNS	Comentários
Aço Carbono	Barra	1.1200	Aço Carbono		
Aço Liga Alta Temperatura	Barra	1.8159	Aço Liga Alta Temperatura		
Aço Liga Alta Temperatura	Barra	1.7102	Aço Liga Alta Temperatura		
Aço Inox	Barra	1.4310	302	(AISI 302)	
Inconel	Barra	2.4669	Inconel X750		

11.2. Selecionando a Linha Correta de Válvulas de Segurança

Encontre a melhor solução de produtos para cada tipo de aplicação industrial.

Elevado percentual entre a pressão de operação e a pressão de ajuste, contrapressão elevada ou altura para montagem reduzida?		High Efficiency Válvula de segurança operada por piloto
Aplicações sanitárias?		Clean Service Válvula de segurança carregada por mola
Serviço crítico ou aplicação altamente corrosiva?		Critical Service Válvula de segurança carregada por mola
Aplicações com especificações conforme a norma API?		API Válvula de segurança carregada por mola
Aplicações de vapor, gás e líquido com baixa capacidade em relação ao tamanho da válvula de segurança?		Modulate Action Válvula de segurança carregada por mola
Letra do orifício requerida maior ou igual a F?		High Performance Válvula de segurança carregada por mola
Letra do orifício requerida menor ou igual a F?		Compact Performance Válvula de segurança carregada por mola
Aplicações de vapor, gás e líquido com baixa capacidade em relação ao tamanho da válvula de segurança?		Best Availability Válvula de Troca ou Disco de Ruptura

11.3. Portfólio de Produtos da LESER

A LESER protege colaboradores, o meio ambiente e plantas e processos industriais contra sobrepessão por meio de suas válvulas de segurança. A empresa atende a diversas normas globais, como ISO e ASME, além de regulamentações locais e exigências de sociedades classificadoras, incorporando esses requisitos ao desenvolvimento de seus produtos. Além disso, a LESER é um fornecedor aprovado por mais de 600 clientes de renome em diversas indústrias ao redor do mundo.

A seguir, um resumo geral com algumas das principais características das válvulas de segurança LESER:

- Single Trim: utilização dos mesmos componentes para vapores, gases e líquidos, reduzindo a necessidade de peças de reposição e, conseqüentemente, os custos de manutenção e estoque;
- Variedade de acessórios para adequação ao processo específico, como sensor de proximidade e jaqueta de aquecimento;
- Ampla gama de padrões de conexão, incluindo flanges, roscas, clamps e conexões para solda;
- Disponibilidade em ligas especiais, como Duplex, Super Duplex, Monel, Hastelloy, Inconel e Titânio;
- Haste inteiriça, que reduz o atrito e garante alinhamento preciso, permitindo a instalação da válvula em posições não convencionais, como horizontal ou de cabeça para baixo;
- Nanotightness LESER, o conceito que reduz em 50% a taxa de vazamento permitida em relação aos requisitos mínimos de estanqueidade conforme a norma API 527.



API

Válvulas de segurança de acordo com a Norma API 526 com capacidades, dimensões e materiais padronizados.

Características

Ciclo de vida mais longo devido aos discos e sedes endurecidos ("Stellited") e fole blindado;

Vedação metal/metal padrão e vedação elástica opcional.

Aplicações Industriais



Diâmetro
1" - 8"

Orifício
D - T

Pressão de Ajuste
1 - 414 bar

Temperatura
-268°C - 538°C

Classe de Pressão
150# - 2500#

Materiais
WCB, WC6, CF8M, CF3M, LCB, Duplex, Monel®, Hastelloy®



QR Code
API
www.leser.com



High Performance

Válvulas de segurança para todas as aplicações industriais.

Características

Capacidade elevada em relação as normas e diâmetros das válvulas de segurança da linha API;

Vedação metal/metal padrão e vedação elástica opcional.

Aplicações Industriais



Diâmetro
3/4" - 16"

Orifício
E - X

Pressão de Ajuste
1 - 300 bar

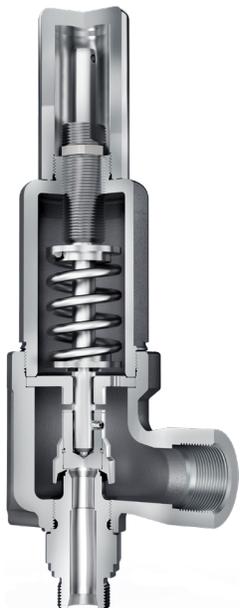
Temperatura
-268°C - 538°C

Classe de Pressão
150# - 1500#

Materiais
WCB, WC6, CF8M, 316L



QR Code
High Performance
www.leser.com



Compact Performance

Válvulas de segurança com dimensões compactas e conexões variadas.

Características

Podem ter conexões roscadas ou flangeadas;

Vedação metal/metal padrão com “Stellited” para maior durabilidade e vedação elástica opcional.

Aplicações Industriais



Diâmetro
1/2” - 1”

Orifício
B+ - F

Pressão de Ajuste
1 - 950 bar

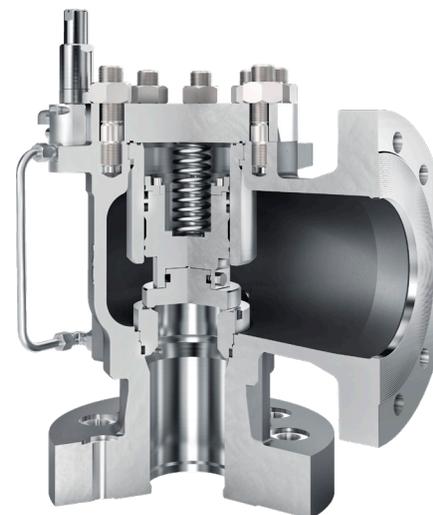
Temperatura
-268°C - 450°C

Classe de Pressão
150# - 2500#

Materiais
WCB, CF8M, 316L



QR Code
Compact Performance
www.leser.com



High Efficiency

Soluções para alta eficiência da planta industrial.

Características

Máxima estanqueidade ao operar com pressão de trabalho até 97% da pressão de ajuste;

Contrapressão até 95% da pressão de ajuste.

Aplicações Industriais



Diâmetro
1” - 8”

Orifício
D - T+

Pressão de Ajuste
1 - 689 bar

Temperatura
-268°C - 538°C

Classe de Pressão
150# - 2500#

Materiais
WCB, CF8M, CF3M, LCB,
Duplex, Monel®, Hastelloy®



QR Code
High Efficiency
www.leser.com



Best Availability

Soluções para alta disponibilidade da planta industrial.

Características

Disponibilidade 24/7, sem necessidade de interrupção para manutenção das válvulas;

Simple manuseio, com a opção de uma válvula de troca na entrada das válvulas e outra na saída das mesmas.

Aplicações Industriais



Diâmetro
1" - 16"

Orifício
-

Pressão de Ajuste
-

Temperatura
-273°C - 450°C

Classe de Pressão
150# - 1500#

Materiais
WCB, CF8M, LCB



QR Code
Best Availability
www.leser.com



Clean Service

Válvulas de segurança para aplicações sanitárias.

Características

Disponibilidade de conexões sanitárias (Clamp e SMS);

Válvula com opcional para os processos de limpeza (CIP) e esterilização (SIP).

Aplicações Industriais



Diâmetro
3/4" - 2"

Orifício
C - P-

Pressão de Ajuste
1 - 68 bar

Temperatura
-268°C - 538°C

Classe de Pressão
150# - 300#

Materiais
316L



QR Code
Clean Service
www.leser.com



Critical Service

Válvulas de segurança com revestimento em PTFE para fluidos corrosivos.

Características

Válvula apropriada para fluidos corrosivos por ser totalmente revestida com PTFE nas áreas de contato com o mesmo;

Revestimento opcional em conformidade com o ATEX para evitar carga eletrostática.

Aplicações Industriais



Diâmetro
1" - 4"

Orifício
F+ - P

Pressão de Ajuste
1 - 16 bar

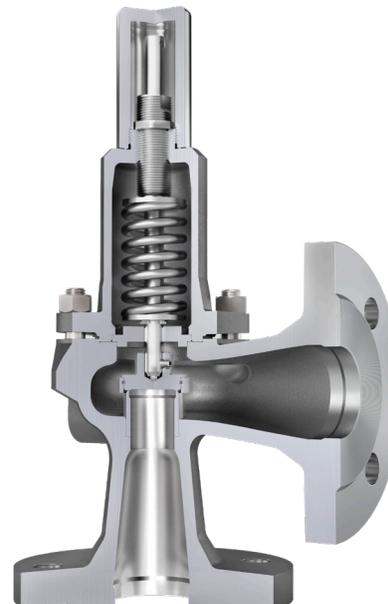
Temperatura
-29°C - 200°C

Classe de Pressão
150#

Materiais
WCB + PTFE



QR Code
Critical Service
www.leser.com



Modulate Action

Válvulas de segurança primariamente para aplicações líquidas.

Características

Abertura proporcional durante todo o curso da válvula de segurança, assim, a mesma fica com baixa perda de fluido ao abrir;

Vedação metal/metal padrão e vedação elástica opcional.

Aplicações Industriais



Diâmetro
1/2" - 6"

Orifício
C - N-

Pressão de Ajuste
1 - 160 bar

Temperatura
-268°C - 450°C

Classe de Pressão
150# - 600#

Materiais
WCB, CF8M



QR Code
Modulate Action
www.leser.com

11.4. Atendimento Local

Confira a seguir a distribuição de atendimento da LESER Brasil por todo o território nacional, com seu time de Vendas e seus Representantes locais.



- R** Representante LESER
- G** Gerente de Contas
- E** Executivo de Vendas

11.5. Unidades da LESER Pelo Mundo

Veja todas as unidades da LESER pelo mundo no mapa a seguir, com os países e suas respectivas cidades.



País	Cidade
Alemanha	Hamburgo
Alemanha	Hohenwestedt
Bahrein	Manama
Brasil	Rio de Janeiro
China	Tiajin
EUA	Charlotte
França	Toulouse
Índia	Mumbai
Polônia	Poznan
Singapura	Singapura



Referências

Norma	Descrição	Edição	Ano
LESER GmbH & Co. KG	Engineering Book, o Manual Técnico da LESER	2	2021
AD 2000-Merkblatt A2	Safety devices against excess pressure – Safety valves	-	2020
API 520, Part 1	Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices, Part I - Sizing and Selection	10	2023
API 520, Part 2	"Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices, Part II - Instalation	7	2020
API 521	Pressure-relieving and Depressuring Systems	7	2020
API 526	Flanged Steel Pressure-Relief Valves	7	2017
API 527	Seat Tightness of Pressure Relief Valves	5	2020
ASME B16.5	Pipe Flanges and Flanged Fittings	-	2021
ASME PTC 25	Performance Test Codes	-	2018
ASME Sec. I	Rules for Construction of Power Boilers	-	2021
ASME Sec. II	Materials	-	2021
ASME Sec. VIII	Rules for Construction of Pressure Vessels	-	2021
ASME Sec. XIII	Rules for Overpressure Protection	-	2021
DIN 12266-1	Industrial valves – Testing of metallic valves – Part 1: Pressure tests, test procedures and acceptance criteria - Mandatory requirements	-	2012
DIN 12266-2	Industrial valves – Testing of valves Part 2: Tests, test procedures and acceptance criteria – Supplementary requirements	-	2003
DIN EM ISO 4126-5	Safety devices for protection against excessive pressure – Part 5: Controlled safety pressure relief systems (CSPRS)	-	2013
DIN EM ISO 4126-7	Safety devices for protection against excessive pressure – Part 7: Common data	-	2016
DIN EN ISO 4126-1	Safety devices for protection against excessive pressure – Part 1: Safety valves	-	2016
DIN EN ISO 4126-4	Safety devices for protection against excessive pressure – Part 4: Pilot operated safety valves	-	2016
DIN EN ISO 4126-9	Safety devices for protection against excessive pressure – Part 9: Application and installation of safety devices excluding stand-alone bursting disc safety devices	1	2016
NBIC Part 4	Pressure Relief Devices	-	2023
NR-13	Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques metálicos de armazenamento	-	2022





Legado para a comunidade técnica brasileira.

Reconhecendo as dificuldades encontradas para obter material técnico básico sobre válvulas de segurança na língua portuguesa, os coautores deste livro dedicaram-se a criar este conteúdo com o intuito de deixar um legado valioso para a comunidade técnica brasileira. Esperamos que engenheiros, mecânicos e todos aqueles que, de alguma forma, utilizam ou trabalham com válvulas de segurança possam encontrar aqui informações úteis e acessíveis. Desejamos uma ótima leitura e que este material contribua para o conhecimento e aperfeiçoamento profissional de cada um.

