Seleção de Válvula de alívio de pressão em função da contrapressão de tubulação ou coletor de descarte

1. Objetivos

Identificar os possíveis tipos de contrapressão, capazes de existirem na descarga ou descarte de válvula de alívio de pressão, e que compreendem:
a- Contrapressão atmosférica;
b- Contrapressão superimposta ("superimposed back-pressure") constante;
c- Contrapressão superimposta ("superimposed back-pressure") variável;
d- Contrapressão desenvolvida ("built-up back-pressure").;
e- Contrapressão total.
E em função do tipo de contrapressão, definir os critérios para a seleção da válvula de alívio de pressão mais adequada.

2. Definições

2.1. Válvulas de alívio de pressão são dispositivos de segurança, contra o aumento excessivo da pressão interna em equipamentos e sistemas de tubulações.
De acordo com a aplicação e o fluido a aliviar, podem ser:

- ✓ Válvulas de alívio ("Pressure Relief Valves") são utilizadas para o alívio de líquidos;
- ✓ Válvulas de segurança ("Pressure Safety Valves") são usadas para o alívio de gases, vapores e ar;
- ✓ Válvulas de alívio e segurança ("Pressure Safety and Relief Valves") são empregadas, indistintamente, para alívio de fluido líquido, gás, vapor e ar.

De modo geral, neste trabalho se está denominando estes tipos de válvulas de "válvula de alívio de pressão".

2.2. Características das Válvulas Alívio de Pressão

- ✓ <u>Válvula de alívio</u> é uma válvula de alívio de pressão atuada pela pressão estática à entrada que se abre na proporção do aumento da pressão, acima da pressão de abertura.

É a indicada para fluidos líquidos.

- ✓ <u>Válvula de segurança</u> é uma válvula de alívio de pressão atuada pela pressão estática à entrada e caracterizada pela abertura rápida ou ação "pop", quando atinge a pressão de abertura.

É a indicada para fluido gasoso, vapor e ar.

- ✓ <u>Válvula de segurança e</u> alívio é a válvula de alívio de pressão caracterizada pela abertura rápida ou ação "pop" ou ainda pela abertura proporcional ao aumento da pressão, acima da pressão de abertura, dependendo da aplicação.

Pode ser usado para qualquer fluido: líquido, gás, vapor e ar.

2.3. Pressão de ajuste é a pressão de entrada na qual a válvula de segurança é calibrada para abrir quando requerida pela condição de serviço.
Pressão de ajuste ou *set pressure*: pressão medida à montante da válvula em que se inicia a sua abertura (para líquidos) ou abra instantaneamente (para vapor, gases e ar)
Pressão de alívio: é a pressão medida na entrada da válvula em que a capacidade de alívio é determinada.
A pressão de alívio é igual a pressão de ajuste mais a sobrepressão da válvula.

2.4. Sobrepressão é o aumento da pressão de alívio, além da pressão de ajuste na válvula de alívio de pressão, é uma característica de cada válvula e em geral corresponde a 10% da pressão de ajuste, mas deve ser informada pelo fabricante.

2.5. Contrapressão ("back-pressure") é a pressão no bocal de saída da válvula no momento da abertura para o alívio da pressão interna.

2.6. Contrapressão superimposta ("superimposed back-pressure") é a pressão estática existente no coletor de descarte da válvula, no momento imediatamente anterior à abertura.
É o resultado da pressão no coletor de retorno devido a outras fontes de descarte.

É resultante da ação de outras fontes de pressão no sistema de descarga, podendo ser constante ou variável.

2.7. Contrapressão superimposta constante é a contrapressão que não se altera sensivelmente sob qualquer condição de operação, estando a válvula de segurança aberta ou fechada.

2.8. Contrapressão superimposta variável, geralmente ocorre quando diversas válvulas com pressões de ajuste diferentes e/ou com capacidades de alívio diferentes descarregam dentro de um mesmo coletor, fazendo com que o valor da pressão no coletor varie de tempo em tempo. Se essa variação for inferior a 10% da pressão de ajuste das válvulas a ele conectadas, essas válvulas poderão ser do tipo convencional, mas se esse valor for maior que 10% é requerido o uso de válvulas de alívio de pressão balanceadas.

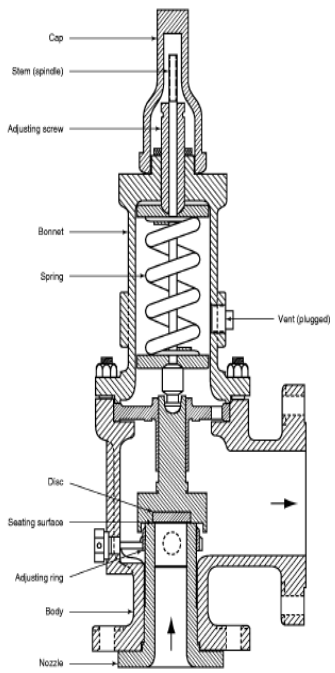
2.9. Contrapressão desenvolvida ("built-up back-pressure") é a pressão existente no bocal de saída da válvula e que ocorre logo após a sua abertura, devido ao fluxo através da válvula para o tubo interligado ao coletor de descarga.
O valor desse tipo de contrapressão é recomendado, pelos fabricantes de válvulas do tipo convencional, a ser 10% da pressão de ajuste para uma válvula de sobrepressão também de 10%. Se o valor da contrapressão desenvolvida for maior que o valor da sobrepressão pode ocorrer um fenômeno operacional denominado "chattering", que é o batimento continuado do disco sobre a sede, causando um ruído característico e levando à vibração da válvula.

2.10. Contrapressão total no bocal de descarga da válvula é a soma da contrapressão superimposta mais a contrapressão desenvolvida.

2.11. Acumulação é o aumento de pressão permitida acima da pressão de projeto ou da PMTA - Pressão Máxima de Trabalho Admissível do vaso de pressão (ou MAWP - Maximum Allowable Working Pressure), expressa em unidade de pressão ou como porcentagem.
Para projetos conforme código ASME Sec VIII Div 1 é 10% da PMTA em condições normais de operação e 20% em caso de fogo.

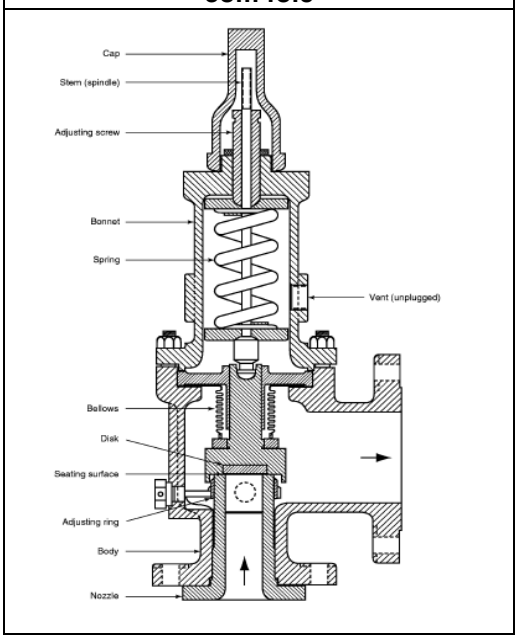
2.12. Válvula de alívio de pressão convencional
É atuada diretamente por mola sobre o disco da sede e tem sua operação afetada pela contrapressão no coletor de descarga, admitindo-se uma contrapressão máxima de 10% da pressão de ajuste.

Válvula de alívio convencional



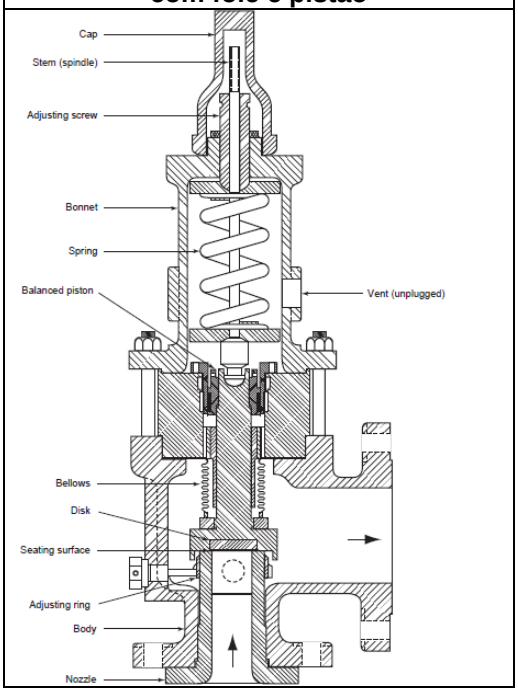
2.13. Válvula de alívio de pressão balanceada com fole metálico
Construtivamente, a diferença entre a válvula balanceada e a válvula convencional é a presença de um fole interno, com o objetivo de isolar o disco sobre a sede e impedir que a contrapressão superimposta (pressão do coletor de descarga da válvula) atue sobre o disco, o que se somaria à força da mola e elevaria a pressão necessária para abertura da válvula, colocando em risco o equipamento ou tubulação. A pressão no interior do fole e do castelo de alojamento da mola deve ser igual à pressão atmosférica.

Válvula de alívio balanceada com fole



2.14. Válvula de alívio de pressão balanceada com pistão
A válvula balanceada com pistão é similar à válvula convencional, incluindo a presença de um pistão interno, com o objetivo de evitar o efeito da contrapressão superimposta na pressão de abertura da válvula. A área do pistão é igual à área do bocal da sede e o castelo de alojamento da mola deve operar em um ambiente à pressão atmosférica.
É comum utilizar-se a válvula de alívio de pressão, combinando-se fole e pistão.

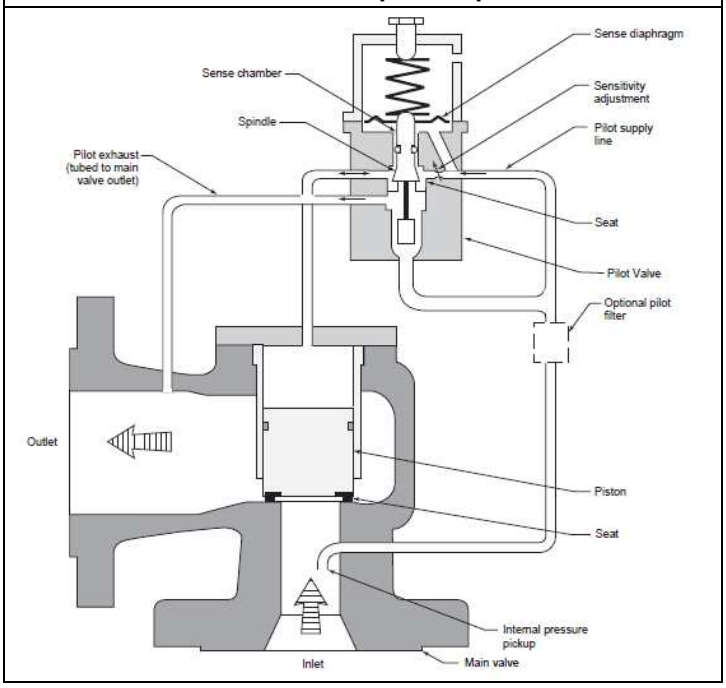
Válvula de alívio balanceada com fole e pistão



2.15. Válvula de alívio de pressão piloto operada

Válvula de alívio de pressão operada por piloto é uma válvula de alívio de pressão na qual o principal dispositivo de alívio ou válvula principal é combinada e controlada por uma válvula de alívio de pressão auxiliar auto-atuada (piloto).

Válvula de alívio piloto operada



2.16. Válvulas de alívio de pressão mais empregadas

Os tipos de válvula de alívio de pressão, convencional e balanceada com fole, são os tipos geralmente utilizados em plantas de refinarias, petroquímicas, processamento químico e geração de energia, ambas são atuadas por mola, com eixo ou haste guiada, abertura com elevação do disco sobre a sede, e de extremidades flangeadas.

O diferencial da válvula de alívio balanceada com fole é a inclusão do fole como elemento de balanceamento de pressão.

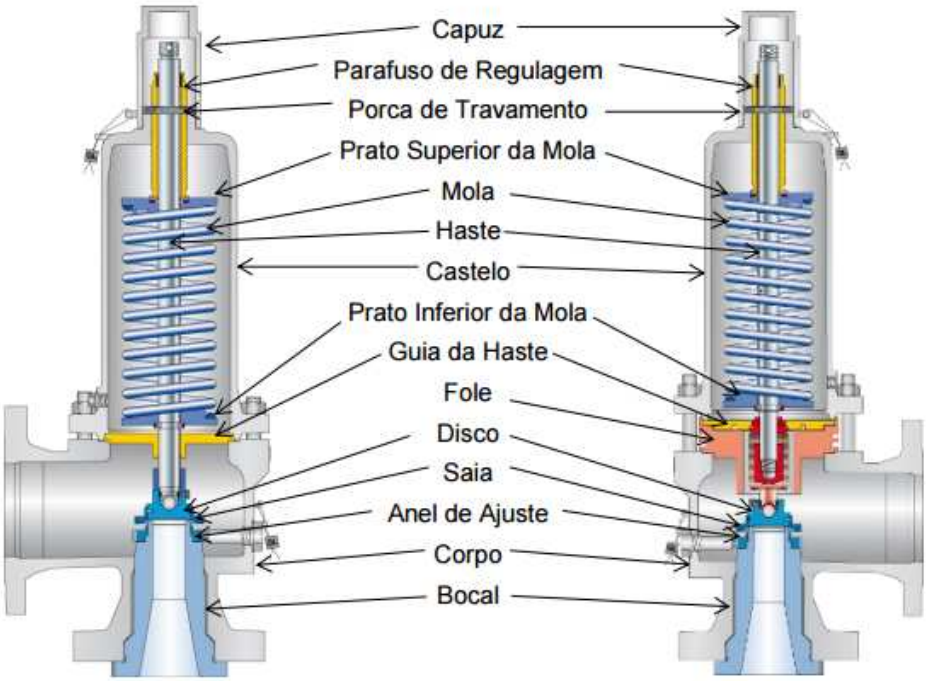


Ilustração dos componentes de válvula de alívio: convencional e balanceada
Cortesia do fabricante LESER.

3. Seleção do tipo da válvula de alívio de pressão

Tipo de Válvula de alívio de pressão	Tipo de fluido	Conforme API STD 520		
		Limites de contrapressão desenvolvida	**Limites de contrapressão superimposta**	**Aplicação**
Convencional	Fluidos limpos, não viscosos, não corrosivos, não tóxicos. A válvula convencional pode ser de castelo aberto ou castelo fechado. A válvula de castelo aberto, refrigerado pelo ar atmosférico, é própria para serviços com vapor d'água e descarga para atmosfera. Não se deve utilizar válvula de alívio de castelo aberto, descartando para circuito fechado. Para descarte em coletor utilizar válvula de castelo fechado com vent para a descarga da válvula.	≤ 10% da Pressão de ajuste Na válvula de alívio convencional a contrapressão desenvolvida não deve exceder 10% da pressão de ajuste, para uma válvula de sobrepressão também de 10%, para evitar o mau funcionamento (flutter ou chatter).	O efeito da contrapressão superimposta, que é a pressão do fluido do coletor de descarte na saída da válvula de alívio tipo convencional, é criar uma pressão sobre o disco da válvula, que é aditiva à força de fechamento da mola, com isso a pressão necessária à abertura da PSV aumenta e o equipamento ou tubulação fica sob risco. Quando a contrapressão superimposta é constante, a força de ajuste da mola pode ser reduzida do valor correspondente ao da contrapressão superimposta, para compensar o aumento da força sobre o disco causada pela contrapressão superimposta. Se a contrapressão superimposta é variável, então a pressão de abertura também vai variar e fica difícil a compensação. Se essa variação for inferior a 10% da pressão de ajuste, as válvulas poderão ser do tipo convencional, mas se esse valor for maior que 10% é necessário o uso de válvulas de alívio de pressão balanceadas.	Se a contrapressão superimposta é constante ou se a variação é pequena, a válvula de alívio convencional pode ser usada se: a) O valor da nova pressão de abertura (pressão de ajuste adicional + contrapressão superimposta) não excede a acumulação permitida pelo código ASME Sec VIII Div 1, durante a descarga de alívio. b) Se essa contrapressão superimposta for próxima à pressão atmosférica, a válvula abrirá em uma pressão ligeiramente maior, o que pode ser tolerado, se a pressão de fechamento (pressão de ajuste original + contrapressão superimposta) for inferior à PMTA - Pressão Máxima Admissível de Trabalho do Vaso de pressão. c) A força de atuação da mola, correspondente à pressão de ajuste para a abertura da válvula, é diminuída da contrapressão, para compensar o maior valor da força de fechamento, devido à contrapressão superimposta. Resumindo, a válvula convencional deve ser utilizada quando o valor da contrapressão superimposta for constante ou de pequena variação e quando o valor da contrapressão desenvolvida for menor do que 10 % da pressão de ajuste. Verificar a necessidade de aplicar o fator de correção CDTP-Cold Differential Test Pressure, para levar em conta as condições de contrapressão e/ou temperatura de operação, a ser informado pelo fabricante da válvula. Quando se espera que a contrapressão ultrapasse estes limites especificados, a válvula de alívio balanceada ou piloto operada deve ser especificada.
Com fole de balanceamento	Fluidos sujos, viscosos, corrosivos, tóxicos, com descarga para circuito fechado.	> 10% e ≤ 50% da Pressão de ajuste As válvulas de alívio balanceadas podem ser tipicamente utilizadas	Este tipo de válvula de alívio não é afetado pela contrapressão superimposta, já que o fole isola o conjunto disco e bocal, e fica na pressão atmosférica, que ée a pressão	A PSV balanceada deve ser usada onde a contrapressão desenvolvida é muito alta para a válvula de alívio convencional ou onde a contrapressão superimposta varia muito em comparação com a pressão de ajuste de abertura da válvula.

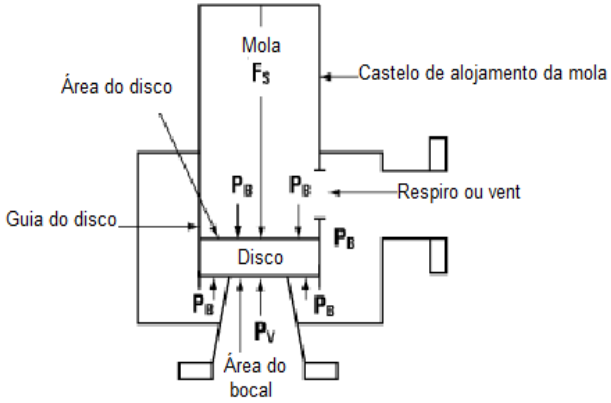
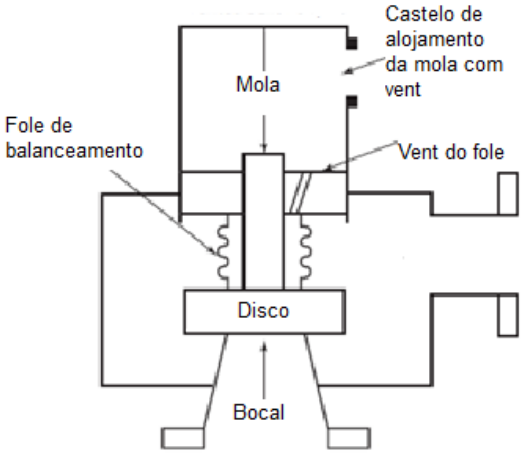
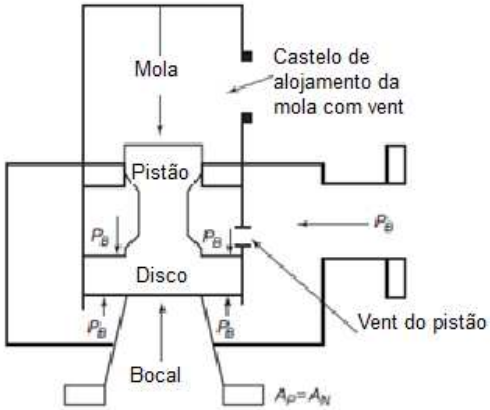
	O castelo fechado, de válvula de alívio balanceada, deve operar sempre na pressão atmosférica, por isso o respiro vent do castelo deve estar sempre aberto e desobstruído.	onde a contrapressão total (superimposta mais desenvolvida) não exceder aproximadamente a 50% da pressão de ajuste ("set pressure"). O fabricante da válvula de alívio deve ser consultado quando a contrapressão total puder exceder aproximadamente 50% da pressão de ajuste, para se obter fatores de correção de contrapressão ou quaisquer limitações especiais na operação da válvula.	do castelo de alojamento da mola. A única chance de a pressão superimposta afetar o desempenho da válvula é na situação de rompimento ou trinca do fole, quando o fluido do coletor de descarte penetra no interior do fole. Nesta condição, a pressão da contrapressão superimposta atua sobre o disco do bocal e se soma à força de mola, aumentando o valor da pressão de abertura ajustada, colocando o equipamento ou a tubulação em risco.	A válvula de alívio balanceada pode tipicamente ser aplicada nas seguintes situações: ✓ Quando descarrega para sistema fechado de contrapressão superimposta variável ou mesmo constante, mas de valor além do tolerado em uma válvula de alívio convencional; ✓ Quando a contrapressão desenvolvida ultrapassa o limite de 10% da pressão de abertura; ✓ A contrapressão total (superimposta + desenvolvida) não exceda aproximadamente 50% da pressão de abertura; Quando aplicadas em situações de alta contrapressão superimposta, a resistência do fole deve ser avaliada. Na aplicação das válvulas de alívio com fole de balanceamento há um fator de correção da vazão chamado de fator de correção de contrapressão desenvolvida, para levar em conta a redução do fluxo de vazão que a contrapressão desenvolvida acarreta. Típicos fatores de correção devido à contrapressão podem ser obtidos na API STD 520-I Figure 30, para fluido compressível (ar, gás e vapor) e API STD 520-I Figure 31 para fluido incompressível (líquido), em caso de não serem informados pelos fabricantes.
Piloto operada	Fluidos limpos, viscosos, corrosivos, tóxicos, não contendo partículas sólidas em suspensão.	> 50% da Pressão de ajuste Nessas válvulas de alívio nem a pressão de ajuste nem a capacidade de vazão de alívio são afetadas pela contrapressão desenvolvida, podendo ser especificadas para qualquer situação. No entanto, são de funcionamento mais complexo, de maior custo e sujeitas a problemas, dependendo da qualidade e limpeza do fluido.	Este tipo de válvula de alívio não é afetado pela contrapressão superimposta.	Para valores de contrapressão superiores a 50% da pressão de ajuste, somente pode ser usada válvula de alívio do tipo piloto operada e, especificamente, nas seguintes condições: a) Contrapressões variáveis elevadas que impossibilitam o dimensionamento de válvula balanceada; b) Pressão de operação muito próxima da pressão de ajuste, que pode dificultar o fechamento completo da válvula após sua abertura; c) Em lugar da válvula de alívio tipo fole balanceada, quando o fole não resistir à pressão.

4. Resumo da Norma API STD 520 Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries

- ✓ **Part I - Sizing and Selection**
- ✓ **Part II – Installation**

<table>
<tr><th>PSV convencional</th><th>PSV balanceada com fole</th><th>PSV balanceada com fole e pistão</th></tr>
<tr><td colspan="3">API STD 520 Part I
Válvula de alívio de pressão convencional
É uma válvula de alívio de pressão com mola em que as características operacionais são diretamente afetadas por mudanças na pressão da descarga ou contrapressão.
API STD 520 Part I
Válvula de alívio de pressão balanceada
É uma válvula de alívio de pressão com mola que incorpora um fole ou outro dispositivo para eliminar ou minimizar o efeito da contrapressão sobre as características operacionais da válvula.
É importante lembrar que o cabeçote da válvula balanceada deve ser ventilado para a atmosfera em todos os momentos.
O usuário deve ser advertido da possibilidade de congelamento da umidade atmosférica dentro do castelo devido à auto-refrigeração ou por temperatura em ambientes frios, isto é, de baixa temperatura abaixo de zero ºC.</td></tr>
<tr><td>API STD 520 Part II
Válvula convencional
O cabeçote em válvulas de alívio de pressão convencionais pode ser do tipo aberto diretamente para a atmosfera ou do tipo fechado.
Os cabeçotes abertos para a atmosfera são frequentemente usados para o serviço com vapor d’água e são diretamente expostos à atmosfera, para a refrigeração da mola durante o alívio do vapor d’água.

Conforme a norma ASME Sec VIII Div 1 Rules for Construction of Pressure Vessels, as válvulas de alívio de pressão convencionais de cabeçote fechado devem ser ventiladas internamente, para o lado da descarga da válvula.</td><td>API STD 520 Part II
Válvula balanceada com fole
Válvulas de alívio de pressão equilibradas com fole são utilizadas em aplicações onde é necessário eliminar ou minimizar o efeito da contrapressão sobre à pressão de ajuste alívio e sobre a capacidade da válvula.
Isto é feito através do equilíbrio do efeito da contrapressão sobre as superfícies superior e inferior do disco, e o cabeçote deve operar à pressão atmosférica.
Os cabeçotes das válvulas de alívio de pressão com fole de balanceamento devem sempre ser ventilados para a atmosfera e garantir o correto funcionamento da válvula.
A pressão dentro fole deve ser igual à atmosférica, de modo que a força de fechamento sobre o disco do bocal seja exclusivamente a pressão exercida pela mola.
O respiro do castelo também provê uma indicação visual em caso de falha de fole.</td><td>API STD 520 Part II
Válvula balanceada com pistão
Válvulas de alívio de pressão equilibradas com pistão são utilizadas em aplicações onde é necessário eliminar ou minimizar o efeito de contrapressão, semelhantemente à válvula com fole.
O funcionamento adequado depende de cancelamento do efeito da contrapressão de descarte nas faces opostas do disco da válvula e do pistão de balanceamento.
Uma vez que a área do êmbolo ou pistão é igual à área de assento do bocal, a mola deve operar à pressão atmosférica.
Por causa do fluxo do fluido aliviado passar através do pistão, o cabeçote das válvulas equilibradas com pistão deve sempre ser ventilado para a atmosfera e o fluxo dirigido para um local seguro.
A quantidade de fluxo através do pistão no cabeçote depende do diferencial de pressão</td></tr>
</table>

	O orifício de respiro ou ventilação deve ser projetado para evitar o entupimento causado pelo gelo, e entrada de insetos, ou outros obstáculos. Quando o fluido é inflamável, tóxico ou corrosivo, é necessário que este furo no castelo seja canalizado para um local seguro. 	entre o cabeçote e a saída da válvula. Em uma instalação onde a pressão de abertura é alta, o fluxo passado pelo pistão pode ser substancial e deve ser considerado no projeto da ventilação do cabeçote. 
Na aplicação de uma válvula de alívio de pressão convencional, a contrapressão desenvolvida *built-up pressure* não deve exceder a 10% da pressão de ajuste, considerando-se 10% de sobrepressão permitida da válvula, para não ocorrer vibração, trepidação e batimento do disco na sede. Um valor maior de contrapressão desenvolvida pode ser usado, quando a sobrepressão admissível da válvula é superior a 10%, desde que essa contrapressão desenvolvida não exceda a sobrepressão permitida. Quando a pressão superimposta é constante,	Válvula de alívio de pressão balanceada deve ser considerada quando a contrapressão desenvolvida (contrapressão causada por fluxo através da tubulação à jusante após a abertura da válvula) é alta demais para a válvula de alívio de pressão convencional ou onde a contrapressão superimposta varia muito em comparação com a pressão de ajuste. Válvula de alívio de pressão balanceada também pode ser utilizada como um meio para isolar guia, mola, cabeçote e outras peças internas da válvula do contato com o fluido a aliviar. Isso pode ser importante se há preocupação de que o fluido possa causar danos corrosivos nestas peças.	Válvula de alívio de pressão balanceada com pistão pode ser normalmente aplicada quando a contrapressão desenvolvida ultrapassar a 10% da pressão de ajuste ou quando a contrapressão total (superimposta e desenvolvida) não exceder cerca de 50% da pressão de ajuste.

a força de mola pode ser reduzida para compensar o valor da contrapressão superimposta. Quando se espera que a contrapressão possa ultrapassar esses limites especificados, a válvula de alívio de pressão balanceada ou a piloto operada deve ser especificada.	Válvula de alívio de pressão balanceada com fole pode ser normalmente aplicada quando a contrapressão desenvolvida ultrapassar a 10% da pressão de ajuste ou quando a contrapressão total (superimposta e desenvolvida) não exceder cerca de 50% da pressão de ajuste.	

5. Discussão dos efeitos da contrapressão superimposta e da contrapressão desenvolvida

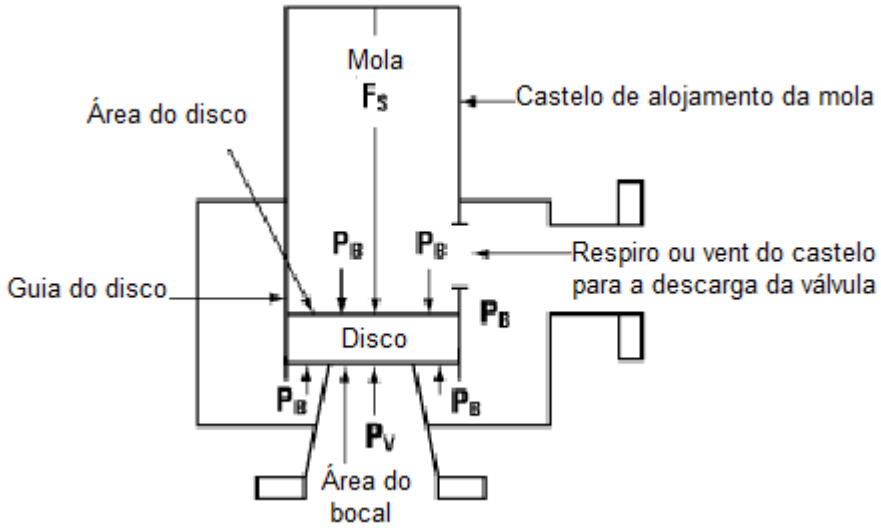
5.1. Válvula de alívio de pressão convencional

É a válvula de alívio de pressão em que suas características operacionais são afetadas por qualquer contrapressão no sistema de descarga.
A contrapressão total é gerada a partir de dois componentes; contrapressão superimposta e a contrapressão desenvolvida.
Na aplicação de uma válvula de alívio de pressão convencional, a contrapressão desenvolvida *built-up pressure* não deve exceder a 10% da pressão de ajuste, considerando-se 10% de sobrepressão permitida da válvula, para se evitar problemas de vibração e batimento do disco.
Para válvula de segurança convencional, somente a contrapressão superimposta irá afetar as características de capacidade de alívio e do valor da pressão de ajuste para abertura.

5.1.1. Efeito da contrapressão superimposta

5.1.1.1. Caso da válvula com respiro ou vent do castelo fechado dirigido para a descarga da válvula

Se o cabeçote de alojamento da mola é ventilado para o interior da válvula, qualquer contrapressão superimposta irá afetar as características operacionais, aumentando o valor da pressão para a abertura da válvula.



$$P_V A_N = F_S + P_B A_D - P_B (A_D - A_N)$$

$$P_V A_N = F_S + P_B A_N$$

Onde:

P_V = Pressão do fluido à entrada da válvula

A_N = Área do bocal

F_S = Força de atuação da mola

P_B = Contrapressão na saída da válvula

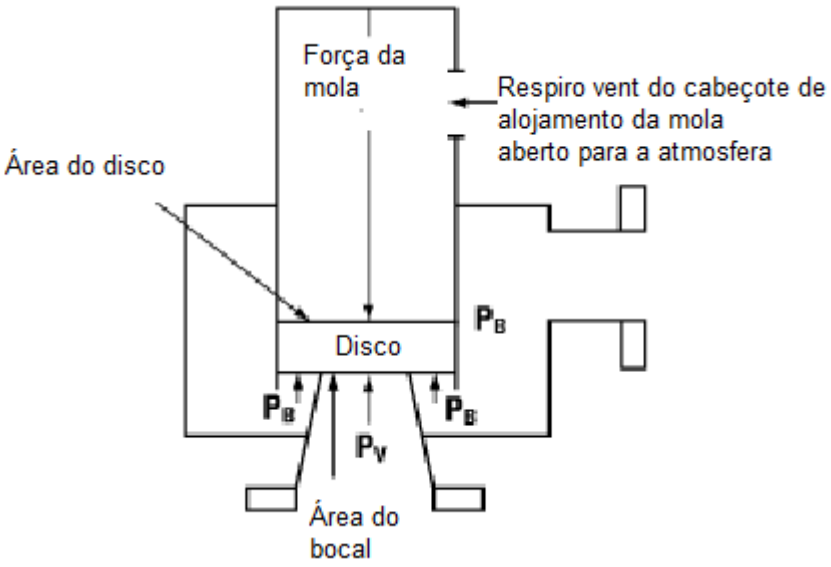
A_D = Área do disco

Portanto, qualquer pressão sobreposta tenderá a aumentar a força de fechamento, assim a pressão de entrada necessária para levantar o disco e abrir a válvula de alívio é maior.

5.1.1.2. Caso da válvula com respiro ou vent do castelo dirigido para a atmosfera

Se o cabeçote de alojamento da mola é ventilado para a atmosfera, qualquer contrapressão superimposta ainda irá afetar as características operacionais, no caso, reduzindo o valor da pressão para a abertura da válvula.

.



$$P_V A_N = F_S - P_B (A_D - A_N)$$

Onde:

P_V = Pressão do fluido á entrada da válvula

A_N = Área do bocal

F_S = Força de atuação da mola

P_B = Contrapressão na saída da válvula

A_D = Área do disco

Assim, a contrapressão superimposta age com a pressão do reservatório, para superar a força da mola, e a pressão de abertura será menor do que o esperado.
Daí ser requisito do código ASME Sec VIII Div 1 que as válvulas de alívio convencionais de castelo fechado sejam ventiladas para o interior da descarga.

Em ambos os casos, se existir uma contrapressão superimposta significativa, seu efeito sobre a pressão de ajuste precisa ser considerado no projeto de um sistema de válvula de alívio.

5.1.2. Efeito da contrapressão desenvolvida

Uma vez que a válvula começa a abrir, os efeitos de contrapressão desenvolvida, também têm que ser levados em conta.
Para uma válvula de segurança convencional com o alojamento da mola ventilado para o lado de descarga da válvula, uma vez que a válvula começa a abrir, a pressão de entrada é a soma da pressão de ajuste, PS, e a sobrepressão permitida pela válvula de alívio, PO.

$$(P_S + P_O) A_N = F_S + P_B A_N$$

$$P_S A_N = F_S + A_N (P_B - P_O)$$

Onde:

P_S = Pressão de ajuste da válvula de alívio de pressão

A_N = Área do bocal

F_S = Força de atuação da mola

P_B = Contrapressão

P_O = Sobrepressão permitida pela válvula

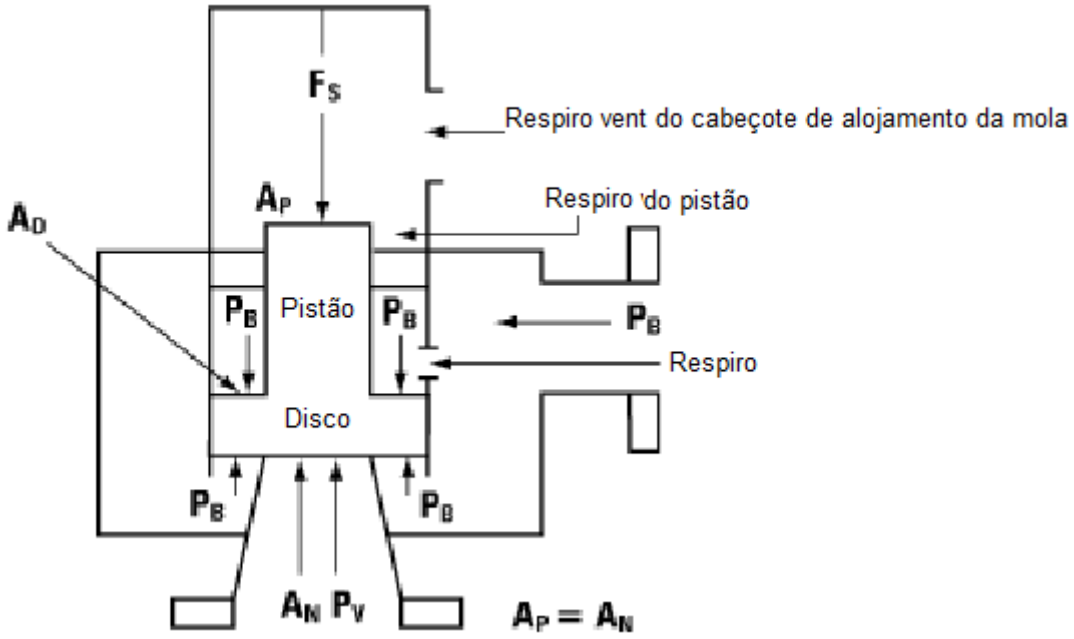
Portanto, se a contrapressão é maior do que a sobrepressão permitida pela válvula, a válvula terá tendência para fechar, reduzindo o fluxo.
Isto pode conduzir a instabilidade no interior do sistema e pode resultar em vibração ou trepidação da válvula.

Em geral, se as válvulas de alívio de pressão convencionais são utilizadas em aplicações, em que existe uma contrapressão desenvolvida excessiva, elas não irão funcionar como esperado. De acordo com a API STD 520 são recomendadas as seguintes diretrizes práticas:

- A válvula de alívio de pressão convencional não deve ser normalmente usada quando a contrapressão desenvolvida é maior do que 10% da pressão de ajuste em válvula com sobrepressão de 10%.
- Uma contrapressão desenvolvida mais elevada pode ser admitida para válvula com sobrepressão superior a 10%, porém sempre inferior a essa sobrepressão.

5.2. Válvula de alívio de pressão tipo balanceada com pistão

O castelo de alojamento da mola é ventilado de modo a que a face superior do êmbolo ou pistão é submetida à pressão atmosférica.
A área da face superior do pistão ou êmbolo, A_P, e a área da sede do bocal, A_N, são concebidas para serem iguais.



Ao se considerar as forças que atuam sobre o pistão, é evidente que este tipo de válvula não é afetado por qualquer contrapressão superimposta, isto é do lado do coletor:

$$P_V A_N = F_S + P_B (A_D - A_P) - P_B (A_D - A_N)$$

Onde:
P_V = Pressão do fluido á entrada da válvula
A_N = Área do bocal
F_S = Força de atuação da mola
P_B = Contrapressão na saída da válvula
A_D = Área do disco
A_P = Área do pistão

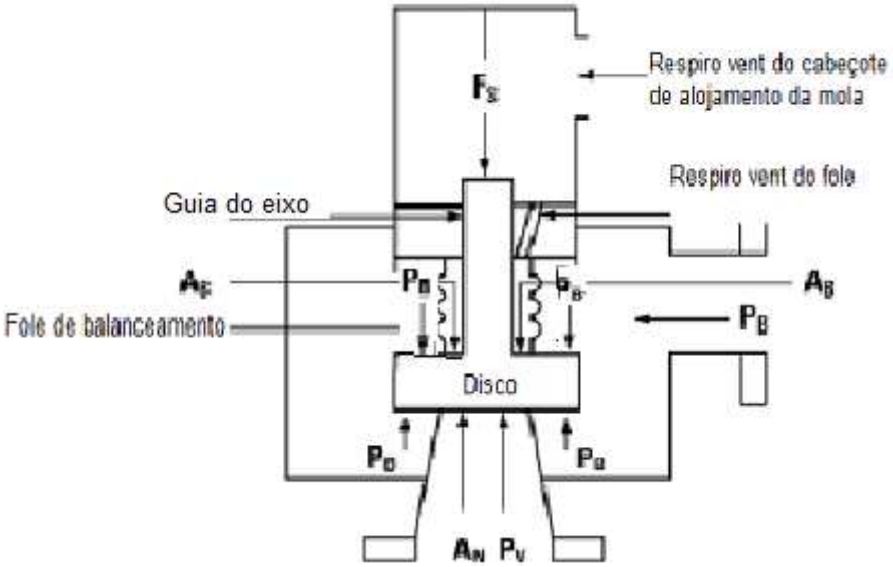
Desde A_P é igual a A_N, , isso simplifica a equação para:

$$P_V A_N = F_S$$

Onde:
P_V = Pressão do fluido á entrada da válvula
A_N = Área do bocal
F_S = Força de atuação da mola

5.3. Válvula de alívio de pressão tipo balanceada com fole

Um fole com uma área interna efetiva (A_B) equivalente à área da sede do bocal (A_N) é conectado à superfície superior do disco e à guia de eixo.
A disposição do fole impede que a contrapressão seja exercida no lado superior do disco, dentro da área do fole.
O respiro vent do fole permite ao ar fluir livremente para dentro e fora do fole à medida que se expande ou contrae.



$A_B = A_N$

Ao se considerar as forças que atuam, é evidente que este tipo de válvula não é afetado por qualquer contrapressão superimposta, isto é do lado do coletor:

$$P_V A_N = F_S + P_B(A_D - A_B) - P_B(A_D - A_N)$$

Onde:

P_V = Pressão do fluido á entrada da válvula

A_N = Área do bocal

F_S = Força de atuação da mola

P_B = Contrapressão na saída da válvula

A_D = Área do disco

A_B = Área do fole

Desde A_B é igual a A_N, isso simplifica a equação para:

$$P_V A_N = F_S$$

Onde:

P_V = Pressão do fluido á entrada da válvula

A_N = Área do bocal

F_S = Força de atuação da mola

Além de eliminar os efeitos da contrapressão superimposta, o fole também serve para isolar o guia do eixo e a mola do fluido de processo, o que é importante quando o fluido a aliviar é corrosivo.
A falha do fole é uma preocupação importante quando se utiliza uma válvula de alívio de pressão com fole de balanceamento, pois cancela o equilíbrio da contrapressão.
Por isso, algumas válvulas com fole de balanceamento incluem um pistão auxiliar, que é utilizado para superar os efeitos da contrapressão, em caso de falha do fole.

Como as válvulas de alívio de pressão balanceadas são mais caras que as convencionais e apresentam o risco potencial de falha do fole, elas são comumente usadas apenas onde coletores de alta pressão são inevitáveis.