

Unidade III

Tubulações e Válvulas Industriais



3.1 Tubulações

Tubos são condutos fechados, destinados principalmente ao transporte de fluídos. Todos os tubos são de seção circular, apresentando-se como cilindros ocos. A grande maioria dos tubos funciona como condutos forçados, isto é, sem superfície livre, com o fluído tomando toda área da seção transversal.

Chama-se “tubulação” a um conjunto de tubos e de seus diversos acessórios, como válvulas, purgadores, filtros, etc.

A importância das tubulações na indústria é enorme; todas as indústrias têm redes de tubulações de maior ou menor importância, e quase todas estas redes são essenciais ao funcionamento da indústria. A importância é ainda maior nas indústrias de processo, nas quais as tubulações são os elementos físicos de ligação entre os equipamentos (vasos de pressão, reatores, tanques, bombas, trocadores de calor, etc.) por onde circulam os fluídos de processo e de utilidades. Nessas indústrias, o valor das tubulações representa, em média, 20 a 25% do custo total da instalação industrial, a montagem das tubulações atinge, em média, 45 a 50% do custo total de montagem de todos os equipamentos, e o projeto das tubulações vale, em média, 20% do custo total do projeto da indústria.

Quanto ao material de fabricação do tubo, a seleção e a especificação do material mais adequado para uma determinada aplicação pode ser um problema difícil, cuja seleção depende principalmente de:

- pressão e temperatura de trabalho;
- fluído conduzido (aspectos de corrosão e contaminação);
- custo;
- maior ou menor grau de segurança exigido;
- sobrecargas externas que existirem;
- resistência ao escoamento do fluído (perdas de carga).

É importante observar que todos os materiais, metálicos ou não, empregados em tubulações industriais devem ter suas propriedades perfeitamente conhecidas e garantidas, e, por isso, só são usualmente admitidos os materiais que obedeçam a alguma Especificação do Material. Especificações do Material são documentos Normativos emitidos por sociedades de normalização reconhecidas, públicas ou particulares, ou por alguns fabricantes, contendo geralmente as seguintes informações e exigências: descrição e finalidade do material, composição química, propriedades mecânicas, ensaios e testes exigidos ou recomendados, condições de aceitação, rejeição e marcação do material; poderão ainda conter dados dimensionais, propriedades físicas e químicas, etc.

É muito grande a variedade de materiais atualmente utilizados para fabricação de tubos. A ASTM (American Society for Testing and Materials) especifica mais de 500 tipos diferentes de materiais.

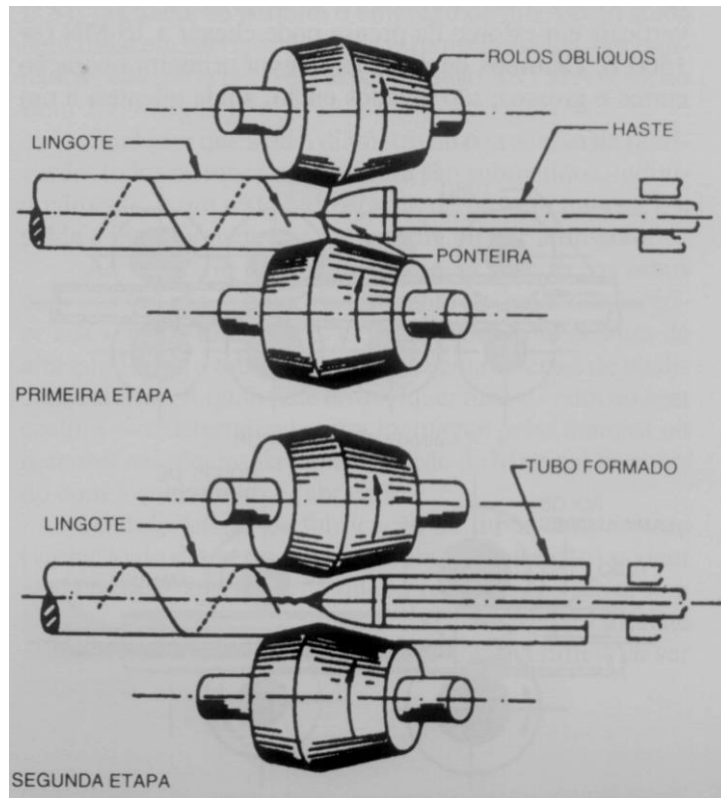
Tubos Metálicos	Ferrosos	Aço carbono
		Aços Liga
		Aços Inoxidáveis
		Ferro Fundido
		Ferro Ligado
		Ferro Nodular
	Não Ferrosos	Cobre
		Latão
		Cobre-níquel
		Alumínio
		Níquel e Ligas
		Metal Monel
		Chumbo
		Titânio
Tubos Não Metálicos	Materiais plásticos	Cloreto de Polivinila (PVC)
		Polietileno
		Acrílico
		Acetato de celulose
		Epóxi
		Poliésteres
		Fenólicos
	Cimento-amianto	
	Concreto Armado	
	Barro Vidrado	
Tubos de Aço com revestimento interno de	Elastômeros (borrachas)	
	Vidro	
	Zinco	
	Aços inoxidáveis	
	Materiais Plásticos	
	Elastômeros	
	Asfalto	
	Concretos	
	Vidro, porcelana	

Os tubos podem ser fabricados através de 4 tipos de processos mecânicos:

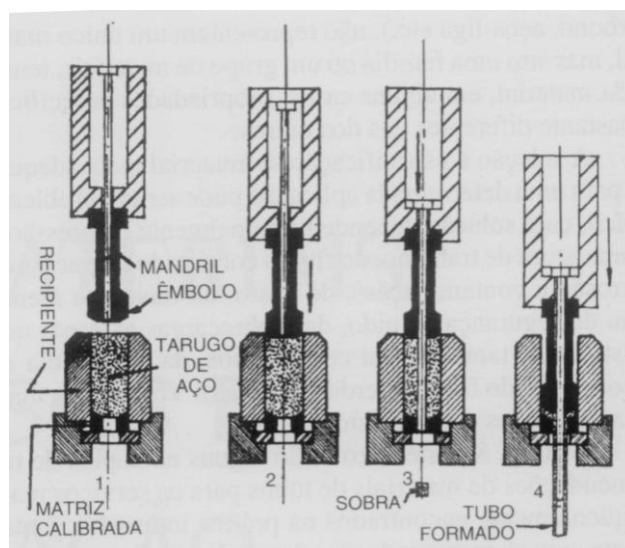
- Tubos sem costura (Laminação, extrusão e fundição)
- Tubos com costura (Soldagem)

Os processos de laminação e de fabricação por solda são os de maior importância, correspondendo a 2/3 de todos os tubos usados em tubulações industriais.

A laminação é empregada para tubos de aços-carbono, aços-liga e aços inoxidáveis, desde cerca de 80 até 650 mm. Existem vários tipos de fabricação por laminação, sendo um dos mais importantes o processo “Mannesmann”. O processo Mannesmann consiste, basicamente, na passagem de um lingote cilíndrico de aço (aquecido a 1200°C) em um laminador oblíquo com dois rolos de cone duplo. O movimento de translação do lingote devido à passagem no laminador faz com que este seja pressionado contra uma ponteira cônica que se encontra entre os rolos. Esta ponteira é fixa e está colocada na extremidade de uma haste com um comprimento maior do que o tubo resultante.



O processo de extrusão consiste em um tarugo maciço de aço, em estado pastoso (aproximadamente 1200°C), que é colocado em um recipiente de aço abaixo de uma prensa (Força de aproximadamente 1500 t). A operação se dá da seguinte forma: O êmbolo da prensa, cujo diâmetro é o mesmo do tarugo, encosta-se no tarugo. O mandril, acionado pela prensa, fura completamente o centro do tarugo. Em seguida, o êmbolo empurra o tarugo, obrigando o material a passar pelo furo de uma matriz calibrada e por fora do mandril, formando o tubo. Fabricam-se por extrusão tubos de aço de pequeno diâmetro (abaixo de 80 mm) e também tubos de alumínio, cobre, latão, chumbo e outros materiais não ferrosos, bem como materiais plásticos.



Pelo processo de Fundição o material dos tubos, em estado líquido, é despejado em moldes especiais onde se solidifica adquirindo a forma final. Fabricam-se por esse processo tubos de ferro fundido, de alguns aços especiais não forjáveis e da maioria dos materiais não-metálicos, tais como: concreto, cimento amianto, barro-vidrado, etc.

Os tubos com costura são os de aço-carbono, aço-liga, aço inoxidável e ferro forjado, em toda a faixa de diâmetros usuais na indústria. Existem duas disposições da costura soldada: longitudinal e helicoidal, sendo a longitudinal empregada na maioria dos casos. As soldas mais utilizadas são a por arco submerso e por resistência elétrica (normalmente de topo e com no mínimo dois passes). A conformação das chapas pode ser feita através de prensas ou calandras. Qualquer que seja o diâmetro ou o processo de soldagem, todos os tubos com costura são submetidos, individualmente, a um teste hidrostático de pressão interna e a solda é inspecionada por radiografia ou ultra-som.

3.1.1 Tubos de Aço Carbono

Entre todos os materiais industriais existentes, o aço carbono é o que apresenta menor relação custo/resistência mecânica, além de ser um material fácil de soldar e conformar, e também fácil de encontrar no comércio. Por todos estes motivos o aço carbono é chamado “material de uso geral” em tubulações industriais, só não sendo utilizado quando em alguma circunstância especial que o proíba. Em refinaria de petróleo, por exemplo, 90% de toda tubulação é de aço carbono. Emprega-se o aço carbono para água doce, vapor de baixa pressão, condensado, ar comprimido, óleos, gases e muitos outros fluídos pouco corrosivos, em temperaturas desde -45°C e a qualquer pressão.

O aumento da quantidade de carbono no aço aumenta seus limites de resistência, sua dureza e sua temperabilidade, em compensação, esse aumento prejudica bastante a ductilidade e a soldabilidade do aço. Por isso, os aços recomendados para os tubos têm um limite na quantidade de carbono até 0,35%, sendo que até 0,3% a solda é bastante fácil e até 0,25% os tubos podem ser facilmente dobrados a frio.

Os limites máximos de temperatura para tubulações de aço carbono são:

- Tubulações principais, serviço contínuo: 450°C
- Tubulações secundárias, serviço contínuo: 480°C
- Máximos eventuais de temperatura, de curta duração e não coincidentes com esforços mecânicos: 520°C.

Especificações para Tubos de Aço Carbono

Segundo a ASTM (*American Society for Testing and Materials*)

1. ASTM A53 – Especificação para tubos de qualidade média, com ou sem costura, de 1/8” a 26” de diâmetro nominal para uso em geral. Os tubos podem ser pretos (sem nenhum acabamento superficial) ou galvanizados.
2. ASTM A106 – Especificação para tubos de alta qualidade, sem costura, de 1/8” a 26” de diâmetro nominal para temperaturas elevadas. Aços acalmados com adição de Si.
3. ASTM A120 – Especificação para tubos de qualidade estrutural, pretos ou galvanizados, com ou sem costura, de 1/8” a 26” de diâmetro nominal. São empregados para água, ar comprimido, condensado e outros serviços de baixa responsabilidade.
4. ASTM A134 – Especificação para tubos com costura soldada por arco submerso, em diâmetros nominais de 16” ou maiores, com solda longitudinal ou helicoidal.

5. ASTM A135 – Especificação para tubos soldados por resistência elétrica, em diâmetros nominais de 2” a 30”.
6. ASTM A333 – Especificação para tubos com ou sem costura, especiais para serviços em baixas temperaturas. São utilizados aços carbono acalmados com Silício e aços liga níquel.
7. ASTM A671 - Especificação para tubos fabricados com costura por solda elétrica, em diâmetros de 16” ou maiores, para serviços em temperaturas ambiente e baixa.
8. ASTM A672 – Especificação para tubos fabricados com costura por solda elétrica, em diâmetros de 16” ou maiores, para serviços em altas pressões e em temperaturas elevadas.

Segundo a API (*American Petroleum Institute*)

1. API 5L – Especificação para tubos de qualidade média, com ou sem costura, de 1/8” a 64” de diâmetro nominal.
2. API 5LX – Especificação para tubos com ou sem costura, de aços carbono de alta resistência, especial para oleodutos e gasodutos.

3.1.2 Tubos de Aços Liga e Aços Inoxidáveis

Denominam-se aços liga todos os aços que possuem qualquer quantidade de outros elementos além dos quais compõe os aços carbono. Distinguem-se em baixa liga (adição até 5% de elementos de liga), liga intermediária (5 a 10%) e de alta liga (mais de 10%). Os aços inoxidáveis são os que contêm até 12% de cromo.

Todos os tubos de aço liga são bem mais caros do que os de aço carbono, sendo de um modo geral o custo tanto mais alto quanto maior for a quantidade de elementos de liga. Além disso, a montagem e a soldagem desses tubos é, em geral, mais difícil e mais cara.

Em geral, os tubos de aço liga são usados em situações de altas e baixas temperaturas, alta corrosão, exigência de não contaminação e segurança.

Duas classes de aços liga são importantes como materiais para tubulações:

- Aços-liga molibdênio e cromo-molibdênio
- Aços-liga níquel

Já as classes mais utilizadas em aços inoxidáveis são:

- Austeníticos (não magnéticos) contendo 16% a 26% de Cr e 6% a 22% de Ni.
- Ferríticos (magnéticos) contendo de 12% a 30% de Cr.

Diâmetros comerciais de tubulações

Todos os tubos são designados por um número chamado “Diâmetro Nominal IPS” (*Iron Pipe Size*). De 1/8” até 12” o diâmetro nominal não corresponde a nenhuma dimensão física do tubo e de 14” até 36”, o diâmetro nominal coincide com o diâmetro externo dos tubos.

Para cada diâmetro nominal fabricam-se tubos com várias espessuras de parede, para designar estas espessuras foram adotadas pela norma ANSI.B.36.10 as “séries (*schedule number*)”. Então, para cada diâmetro nominal o diâmetro externo é sempre o mesmo variando apenas o diâmetro interno, que será tanto menor quanto maior a espessura da parede do tubo.

Por exemplo:

Diâmetro Nominal: 8"

Diâmetro Externo: 8,625"

Diâmetro Interno: **Depende da Schedule**

Schedule 20: Espessura da Parede = 0,250" e Diâmetro Interno = 8,125"

Schedule 40: Espessura da Parede = 0,322" e Diâmetro Interno = 7,981"

Schedule 80: Espessura da Parede = 0,500" e Diâmetro Interno = 7,625"

Schedule 160: Espessura da Parede=0,906" e Diâmetro Interno = 6,813"

O número de cada schedule é obtido através da seguinte expressão:

$$Série = \frac{1000P}{S}$$

Onde:

P = Pressão interna de trabalho (psi)

S = Tensão admissível do material (psi)

As series padronizadas foram: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160.



Os diâmetros nominais padronizados pela norma ANSI.B.36.10 são os seguintes:

1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
14"	16"	18"	20"	22"	24"	26"	30"	36"

Os tubos de aço podem ser fabricados com três tipos de extremidade:

- Pontas lisas
- Pontas Chanfradas para uso com solda de topo
- Pontas rosqueadas (Rosca NPT (National Pipe Threads – Rosca Nacional para Tubulações – conicidade padrão 1:16 para rosca interna e externa)

3.1.3 Tubos de Ferro Fundido e Ferro Forjado

Os tubos de ferro fundido são usados para água, gás, água salgada e esgoto, em serviços de baixa pressão, temperatura ambiente, e onde não ocorrem grandes esforços mecânicos. Têm boa resistência a corrosão e grande duração. São fabricados no Brasil com diâmetros externos de 2” a 24”, e são testados para pressões até 3MPa.

Os tubos de ferro forjado são conhecidos comercialmente como “tubos de ferro galvanizado”, pelo fato de sempre serem galvanizados (banho de zinco). São empregados em tubulações industriais secundárias, de baixas pressão e temperatura, para água, ar comprimido, condensado, etc; sendo também utilizados em instalações prediais para água e gás. São fabricados pelo processo de solda elétrica, até 4”. Possuem baixa resistência mecânica e boa resistência a corrosão, equivalente ao ferro fundido e bem melhor do que o aço carbono.

3.1.4 Tubos de Metais Não Ferrosos

Comparando os tubos de metais não ferrosos com os de aço carbono pode-se dizer que os de metais não ferrosos possuem melhor resistência a corrosão, menor resistência mecânica, menor resistência às altas temperaturas, melhor resistência às baixas temperaturas e custo mais elevado. Para serviços corrosivos os tubos de metais não ferrosos tem sido substituídos por tubos plásticos, com vantagens de preço e resistência à corrosão.

- *Cobre, Latão (cobre + zinco) e Cobre-Níquel*

Têm excelente resistência ao ataque da atmosfera, da água (inclusive salgada), dos álcalis, dos ácidos diluídos, e de numerosos fluidos corrosivos. Podem ser empregados para serviços contínuos de -180°C até 200°C. Devido ao alto coeficiente de transmissão de calor, os tubos de cobre e latão são empregados em serpentinas e como tubos de aquecimento e de refrigeração. Os tubos de cobre com diâmetros pequenos, até 2”, são também empregados para água, ar comprimido, óleos, vapor de baixa pressão, serviços de refrigeração e para transmissão de sinais de instrumentação.

- *Alumínio e suas ligas*

São bastante leves, cerca de 1/3 do peso do aço, tem alto coeficiente de transmissão de calor e têm alto coeficiente de transmissão de calor e têm muito boa resistência ao contato com a atmosfera, a água e muitos compostos orgânicos, inclusive ácidos orgânicos. A resistência mecânica é baixa, podendo ser melhorada com a adição de pequenas quantidades de Fe, Si, Mg e outros metais. O alumínio e suas ligas podem trabalhar em serviço contínuo em temperaturas desde -270°C até 200°C, sendo o alumínio o material de menor custo para trabalhar em temperaturas criogênicas.

- *Chumbo*

São macios, pesados, têm muito baixa resistência mecânica, mas apresentam excepcional resistência à corrosão, resistindo muito bem a atmosfera, ao solo, as águas (inclusive salgadas e aciduladas). É um dos raros materiais que podem trabalhar com ácido sulfúrico. Também podem ser empregados nas tubulações de esgoto, sem pressão, tanto prediais quanto industriais.

- *Níquel e suas ligas*

Para fabricação de tubos são empregados: o níquel comercial, o metal Monel (67% Ni, 30% Cu) e o Inconel (80% Ni, 13% Cr). Todos estes materiais têm excepcional resistência a corrosão e muito boas qualidades mecânicas e de resistência às temperaturas, tanto elevadas quanto baixas. O mais utilizado é o metal Monel, empregado para tubulações que conduzam água salgada, ácido sulfúrico diluído, ácido clorídrico diluído, ácido fluorídrico e outros serviços corrosivos ou com exigência de não contaminação.

- *Titânio, Zircônio e suas ligas*

Há pouco tempo eram considerados materiais raros, porém atualmente tem uso industrial corrente, embora ainda com preços bastante elevados. Tem propriedades extraordinárias em termos de resistência a corrosão, resistência as temperaturas e qualidades mecânicas. Seu peso específico é em torno de 2/3 do aço, conferindo leveza.

3.1.5 Tubos Não Metálicos

- *Materiais Plásticos*

O emprego de materiais plásticos na indústria tem crescido muito nos últimos anos, substituindo tubulações de aço inoxidável e materiais não ferrosos. Principalmente devido as seguintes vantagens:

- Pouco peso, densidade variando entre 0,9 e 2,2;
- Alta resistência à corrosão;
- Custo mais baixo quando comparado a outros materiais resistentes à corrosão;
- Coeficiente de atrito muito baixo;
- Facilidades de fabricação e manuseio;
- Baixa condutividade térmica e elétrica;
- Cor própria, dispensando pintura e boa aparência;
- Alguns tipos de plásticos são translúcidos, permitindo a visualização do fluido circulante.

Como desvantagens apresentam:

- Baixa resistência ao calor, apesar dos progressos tecnológicos podem suportar temperaturas até 100°C;
- Baixa resistência mecânica;
- Pouca estabilidade dimensional
- Insegurança nas informações técnicas relativas ao comportamento mecânico e a dados físicos e químicos;
- Alto coeficiente de dilatação, até 15 vezes o do aço carbono;
- Alguns plásticos são combustíveis;
- Alguns plásticos não são impermeáveis, exigindo uma camada de material estanque para impedir vazamentos.

Existem duas classes gerais de plásticos: os *termoplásticos* e os *termofixos*. Os termoplásticos amolecem com o aumento da temperatura até atingirem o ponto de fusão sem ocorrer reações químicas no material, podendo ser refundido e reaproveitado. Já os termofixos resistem muito bem a temperatura, se o aquecimento for suficiente para causar amolecimento, ocorre uma quebra na estrutura molecular do material, degradando-o e tornando-o não reciclável.

São utilizados principalmente para serviços de temperatura ambiente e moderada, baixos esforços mecânicos, necessidade de grande resistência a corrosão ou de não contaminação do fluido circulante. Também são bastante empregados como revestimento, aplicados internamente em tubos de aço.

Entre os mais importantes para tubulações estão:

- Polietileno: Mais leve e barato dos termoplásticos, tem excelente resistência aos ácidos minerais, aos álcalis e aos sais. É combustível.
- Cloreto de Polivinil (PVC): É o termoplástico de maior uso industrial. A resistência a corrosão é equivalente ao Polietileno, mas as qualidades mecânicas são sensivelmente melhores, a faixa de temperatura vai de -40 a 65°C. Embora o PVC possa ser queimado, a chama se extingue espontaneamente.
- Acrílico butadieno-estireno (ABS), Acetato de Celulose: Qualidade semelhante ao PVC, usado em tubos rígidos de pequeno diâmetro. É combustível.
- Hidrocarbonetos Fluorados: São termoplásticos não combustíveis, com excepcionais qualidades de resistência à corrosão e pode trabalhar em ampla faixa de temperatura, desde -200 a 260°C. O custo é elevado. O mais comum é o PTFE (politetrafluoreteno), mais conhecido como Teflon, muito utilizado para revestimento de tubos de aço.
- Epóxi, Poliéster, Fenólicos: São materiais termofixos. O Epóxi é bastante utilizado para tubos de grande diâmetro (até 900 mm). Com exceção do poliéster que permite temperaturas até 93°C os demais podem ser utilizados até 150°C.

- *Cimento-Amianto*

São fabricados de argamassa de cimento e areia com armação de fibras de amianto. A resistência mecânica é baixa, só podendo trabalhar em baixas pressões e onde não estejam sujeitos a esforços externos. Tem excelente resistência a atmosfera, ao solo, às águas neutras, alcalinas e salgadas, aos óleos e aos compostos orgânicos em geral. O principal emprego é para condução de esgotos.

- *Concreto Armado*

São empregados para tubulações importantes de grande diâmetro de água e esgoto. Tem resistência mecânica maior dos que os de cimento amianto.

- *Barro Vidrado*

Também chamados de “manilhas”, têm excelente resistência à corrosão, sendo inertes em relação ao solo, à atmosfera e a maioria dos fluidos corrosivos. São empregados quase que exclusivamente para esgotos e são fabricados em comprimento curto (aproximadamente 1 m) com diâmetros nominais de 50 a 500 mm e extremidades de ponta e bolsa.

- *Vidro e Cerâmica*

São de uso e fabricação raros, geralmente empregados em serviços especiais de alta corrosão ou quando se exija absoluta pureza do fluido circulante.

- *Elastômeros (Borrachas)*

Fabricam-se todos os muitos tipos de borrachas, naturais e sintéticas, para várias faixas de pressões e temperaturas. A maioria é flexível (mangueiras e mangotes). A principal vantagem é a elasticidade, fazendo com que atinjam a ruptura com uma deformação elástica muito grande (300 a 700%). Os limites de temperatura vão de -50°C a 100°C. Como a maioria dos materiais plásticos, as borrachas sofrem deterioração se colocadas em longa exposição à luz solar. Além da borracha natural, as sintéticas mais usadas são o neoprene e o SBR (estireno-butadieno).

Ligações entre Tubos

De uma maneira geral, dependendo do serviço podem ser:

- Rosqueadas
- Soldadas
- Flangeadas
- Ponta e Bolsa

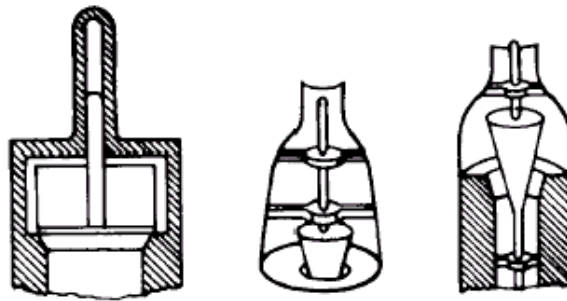
Para tubulações de aço são recomendadas as seguintes ligações:

Ligações Correntes ao longo da tubulação	Serviços de Baixa responsabilidade	Diâmetros até 4": Ligações Rosqueadas com Luvas
		Diâmetros de 6" ou maiores: Solda de topo
	Serviços Severos	Diâmetros até 1 ½": Ligações de solda de encaixe com luvas
		Diâmetros de 2" ou maiores: Solda de topo
Ligações nos extremos da tubulação ou onde for exigida facilidade de desmontagem	Serviços de Baixa Responsabilidade, ou não severos	Diâmetros até 4": Ligações rosqueadas com uniões
		Diâmetros de 6" ou maiores: Ligações flangeadas (flanges rosqueados ou sobrepostos)
	Serviços Severos	Diâmetros até 1 ½": Ligações de solda de encaixe com uniões
		Diâmetros de 2" ou maiores: Ligações flangeadas (flanges de pescoço ou de tipo anel)

Obs: Serviço de Baixa Responsabilidade significa fluido não perigoso em pressões até 0,7 MPa e em temperaturas até 100°C. Serviço Severo significa alta responsabilidade (fluidos inflamáveis, tóxicos, ...) em condições de pressão e temperatura superiores aos limites citados acima.

3.2 Válvulas

As válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fluxo em uma tubulação. São os acessórios mais importantes existentes nas tubulações, e que por isso devem merecer o maior cuidado na sua especificação, escolha e localização. Em qualquer instalação deve haver sempre o menor número possível de válvulas, compatível com o funcionamento da mesma, porque as válvulas são peças caras, onde sempre há possibilidade de vazamentos (em juntas, gaxetas etc.) e que introduzem perdas de carga, às vezes de grande valor. As válvulas são, entretanto peças indispensáveis, sem as quais as tubulações seriam inteiramente inúteis. Por esse motivo, o desenvolvimento das válvulas é tão antigo quanto o das próprias tubulações; a figura abaixo mostra, por exemplo, alguns tipos de válvulas projetadas no Séc. XV por Leonardo da Vinci.



As válvulas representam, em média, cerca de 8% do custo total de uma instalação de processamento. A localização das válvulas deve ser estudada com cuidado, para que a manobra e a manutenção das mesmas sejam fáceis, e para que as válvulas possam ser realmente úteis.

Classificação das Válvulas

Existe uma grande variedade de tipos de válvulas, algumas para uso geral, e outras para finalidades específicas. São os seguintes os tipos mais importantes de válvulas:

1. *Válvulas de Bloqueio* (block-valves)

- Válvulas de gaveta (gate valves).
- Válvulas macho (plug, cock valves).
- Válvulas de esfera (ball valves).
- Válvulas de comporta (slide, blast valves).

Denominam-se válvulas de bloqueio as válvulas que se destinam primordialmente a apenas estabelecer ou interromper o fluxo, isto é, que só devem funcionar completamente abertas ou completamente fechadas. As válvulas de bloqueio costumam ser sempre do mesmo diâmetro nominal da tubulação, e têm uma abertura de passagem de fluido com secção transversal comparável com a da própria tubulação.

2. Válvulas de Regulagem (throttling valves)

- Válvulas globo (globe valves).
- Válvulas de agulha (needle valves).
- Válvulas de controle (control valves).
- Válvulas borboleta (butterfly valves).
- Válvulas de diafragma (diaphragm valves).

Válvulas de regulagem são as destinadas especificamente para controlar o fluxo, podendo por isso trabalhar em qualquer posição de fechamento parcial. Essas válvulas são as vezes, por motivo de economia, de diâmetro nominal menor do que a tubulação. As válvulas borboleta e de diafragma, embora sejam especificamente válvulas de regulagem, também podem trabalhar como válvulas de bloqueio.

3. Válvulas que Permitem o Fluxo em Um só Sentido

- Válvulas de retenção (check valves).
- Válvulas de retenção e fechamento (stop-check valves).
- Válvulas de pé (foot valves).

4. Válvulas que Controlam a Pressão de Montante

- Válvulas de segurança e de alívio (safety, relief valves).
- Válvulas de contrapressão (back-pressure valves).

5. Válvulas que Controlam a Pressão de Jusante

- Válvulas redutoras e reguladoras de pressão.

Válvulas de Gaveta

Esse é o tipo de válvula mais importante e de uso mais generalizado. Os principais empregos das válvulas de gaveta são os seguintes:

1. Em quaisquer diâmetros, para todos os serviços de bloqueio em linhas de água, óleos e líquidos em geral, desde que não sejam muito corrosivos, nem deixem muitos sedimentos ou tenham grande quantidade de sólidos em suspensão.
2. Em diâmetros acima de 8" para bloqueio em linhas de vapor.
3. Em diâmetros acima de 2" para bloqueio em linhas de ar.

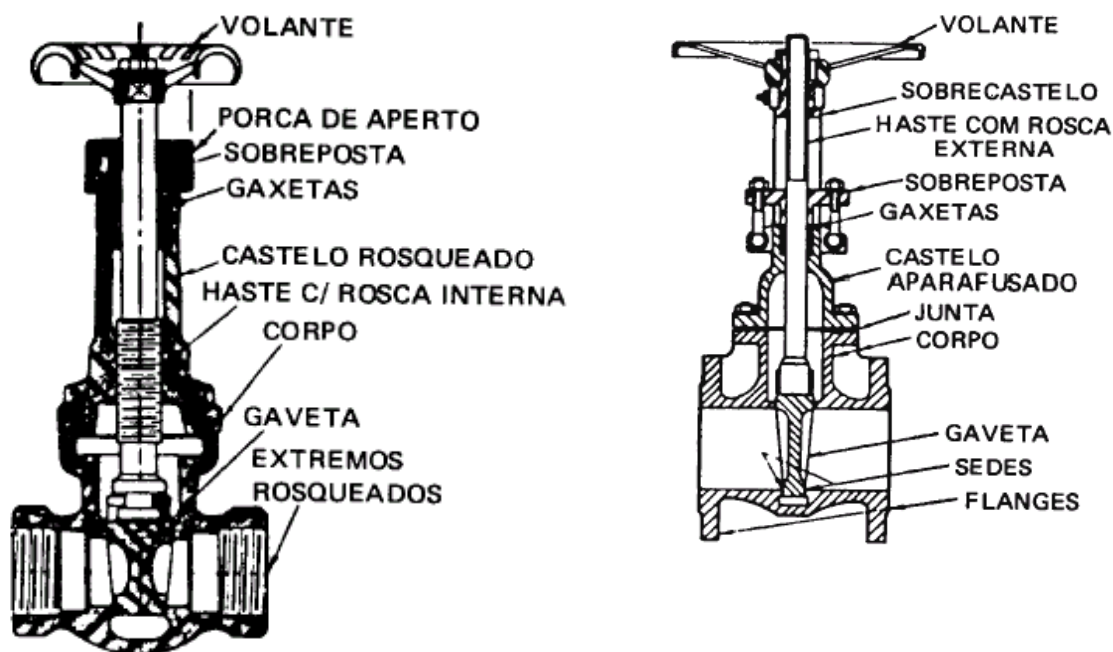
São usadas para quaisquer pressões e temperaturas. Não são adequadas para velocidades de escoamento muito altas. O fechamento nessas válvulas é feito pelo movimento de uma peça chamada de gaveta, que se desloca paralelamente ao orifício da válvula, e perpendicularmente ao sentido geral de escoamento do fluido. Quando totalmente aberta a perda de carga causada é muito pequena.

Só devem trabalhar completamente abertas ou completamente fechadas. Quando parcialmente abertas, causam perdas de carga elevadas e também laminagem da veia fluida, acompanhada muitas vezes de cavitação e violenta corrosão e erosão.

São sempre de fechamento lento, sendo impossível fechá-las instantaneamente: o tempo necessário para o fechamento será tanto maior quanto maior for a válvula. Essa é uma grande vantagem das válvulas de gaveta, porque assim controla-se o efeito dos golpes de aríete.

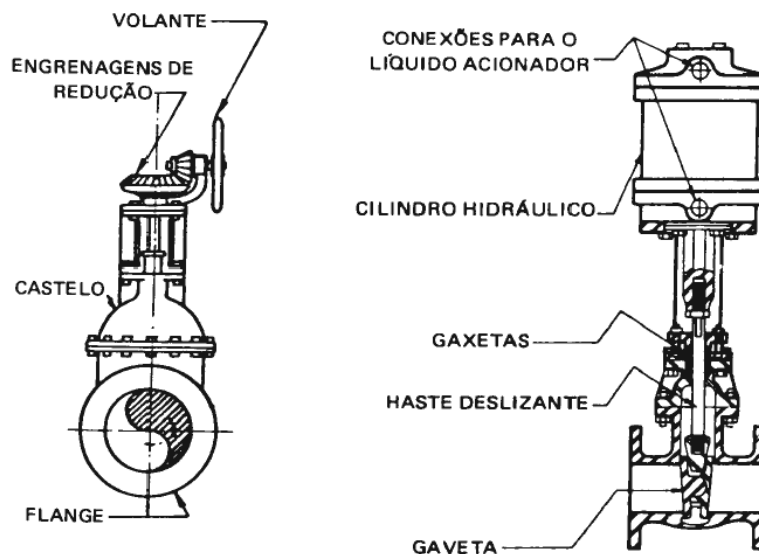
As válvulas de gaveta dificilmente dão uma vedação absolutamente estanque (bubble-tight closing); entretanto, na maioria das aplicações práticas, tal vedação não é necessária.

As válvulas de gaveta, como têm o fechamento de metal contra metal, são consideradas de segurança em caso de incêndio, desde que os metais empregados sejam de alto ponto de fusão (mais de 1.100°C). Uma válvula qualquer é considerada à prova de fogo desde que seja capaz de manter a vedação mesmo quando envolvida por um incêndio.



A gaveta das válvulas pode ser em cunha ou paralela. As gavetas em cunha são de melhor qualidade e dão, devido à ação de cunha, um fechamento mais seguro do que as gavetas paralelas, embora sejam de construção e de manutenção mais difíceis. Na maioria das válvulas a gaveta é uma peça única maciça. Em algumas válvulas a gaveta é composta de duas peças que se encaixam entre si e se ajustam livremente sobre a sede. Nas válvulas de boa qualidade ou para serviços severos, as sedes são postiças e substituíveis, sendo a construção preferível os anéis integrais rosqueados no corpo da válvula.

As válvulas de gaveta de tamanho grande para altas pressões costumam ter, integral na válvula, uma pequena tubulação contornando a válvula (by-pass), fechada por uma válvula. Antes de se abrir a válvula principal abre-se a pequena válvula do contorno para equilibrar as pressões nos dois lados da gaveta, facilitando desse modo a operação da válvula. As válvulas de gaveta, de 8" ou maiores, de classe de pressão 400#, ou acima, devem ter tubulação de contorno.



Válvulas Macho

As válvulas macho representam em média cerca de 10% de todas as válvulas usadas em tubulações industriais. Aplicam-se principalmente nos serviços de bloqueio de gases (em quaisquer diâmetros, temperaturas e pressões), e também no bloqueio rápido de água, vapor e líquidos em geral (em pequenos diâmetros e baixas pressões). As válvulas do tipo macho são recomendadas também para serviços com líquidos que deixem sedimentos ou que tenham sólidos em suspensão. Uma das vantagens dessas válvulas sobre as de gaveta, é o espaço muito menor.

Nessas válvulas o fechamento é feito pela rotação de uma peça (macho), onde há um orifício broqueado, no interior, do corpo da válvula. São válvulas de fecho rápido, porque fecham-se com $\frac{1}{4}$ de volta do macho ou da haste. As válvulas macho só devem ser usadas como válvulas de bloqueio, isto é, não devem funcionar em posições de fechamento parcial. Quando totalmente abertas, a perda de carga causada é bastante pequena, porque a trajetória do fluido é também reta e livre.

Existem dois tipos gerais de válvulas macho: válvulas com e sem lubrificação. Nas válvulas com lubrificação há um sistema de injeção de graxa lubrificante sob pressão através do macho para melhorar a vedação e evitar que o macho possa ficar preso; são as válvulas geralmente empregadas em serviços com gases. O lubrificante usado deve ser tal que não se dissolva nem contamine o fluido conduzido. O macho tem sempre rasgos para a distribuição do lubrificante por toda superfície de contato com as sedes.

As válvulas sem lubrificação, de boa qualidade, usadas para gases têm o macho e as sedes endurecidos e retificados, ou sedes removíveis de material resiliente (borracha, neoprene, teflon etc.); essas últimas não são à prova de fogo, só podendo ser empregadas até o limite de temperatura permitido pelo material das sedes. Essas válvulas, que fornecem ótima vedação, são de uso mais raro do que as com lubrificação; empregam-se, por exemplo, para temperaturas com fluidos para os quais não haja lubrificante adequado.

São comuns também Válvulas macho pequenas e baratas, não lubrificadas, chamadas de “torneiras” (cocks), nas quais o macho é integral com a haste; empregam-se as torneiras para drenos e outros serviços secundários com água, vapor e óleos.

As Válvulas macho com diâmetros nominais até 4" - 6" costumam ser manobradas por alavanca; para diâmetros maiores empregam-se volantes com parafuso sem fim, com a finalidade de facilitar a operação.

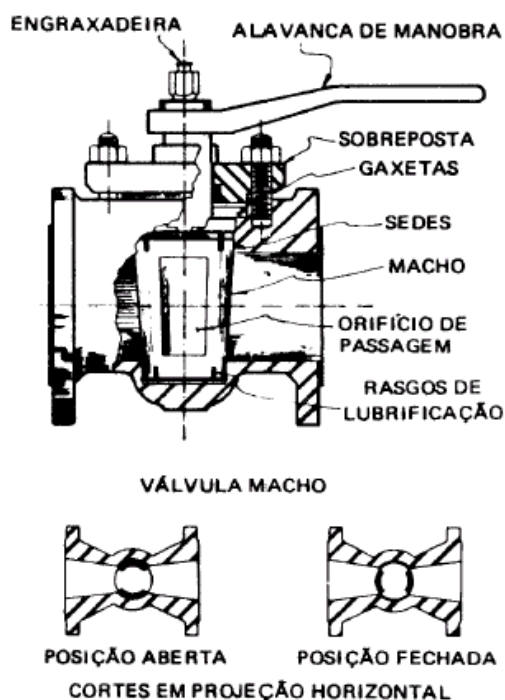


Fig. 20 - Válvula macho

Válvulas Globo

Nas válvulas globo o fechamento é feito por meio de um tampão que se ajusta contra uma única sede, cujo orifício está geralmente em posição paralela ao sentido geral de escoamento do fluido. As Válvulas globo podem trabalhar em qualquer posição de fechamento, isto é, são válvulas de regulação. Causam, entretanto, em qualquer posição, fortes perdas de carga devido às mudanças de direção e turbilhonamento do fluido dentro da válvula.

As válvulas globo fornecem uma vedação bem melhor do que as válvulas de gaveta, podendo-se conseguir, principalmente em válvulas pequenas, uma vedação absolutamente estanque. Na maioria das Válvulas globo o fechamento é de metal contra metal, o que torna essas válvulas à prova de fogo desde que todos os metais sejam de alto ponto de fusão (mais de 1.100°C).

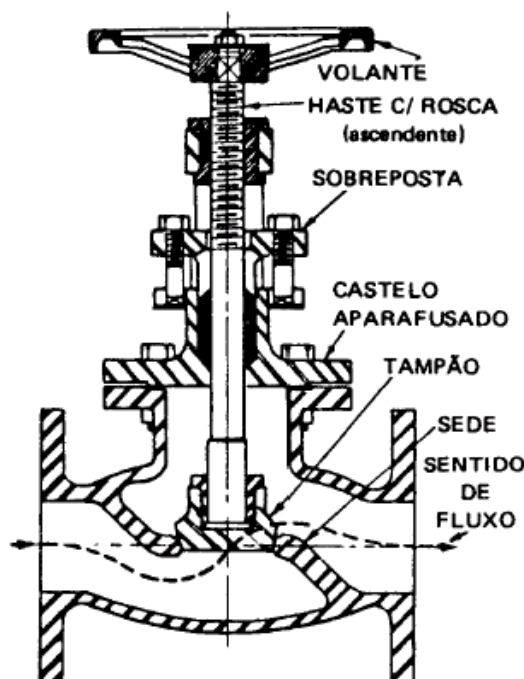


Fig. 23 - Válvula globo

Em algumas válvulas, de tamanhos pequenos, tem-se o tampão com um anel não metálico, de borracha, neoprene, plásticos etc. Essas válvulas, que estão limitadas às temperaturas de trabalho dos materiais não metálicos do tampão, dão uma vedação muito boa e destinam-se, entre outras aplicações, a serviços com fluidos corrosivos. O tampão pode ser integral com a haste, que é o sistema usado em válvulas pequenas e baratas, ou desmontável, que é a disposição usual nas válvulas maiores de melhor qualidade. Exceto em válvulas pequenas e baratas, a sede costuma ser um anel substituível rosqueado no corpo da válvula.

Como regra geral, as válvulas globo devem ser instaladas de forma que o fluido entre pela face inferior do tampão. As Válvulas globo são usadas principalmente para serviços de regulagem e de fechamento estanque em linhas de água, óleos, líquidos em geral (não muito corrosivos), e para o bloqueio e regulagem em linhas de vapor e de gases. Para todos esses serviços as válvulas globo são empregadas para quaisquer pressões e temperaturas, em diâmetros até 8". Não é usual o emprego de Válvulas globo em diâmetros maiores porque seriam muito caras e dificilmente dariam uma boa vedação.

Válvulas de Retenção

Essas válvulas permitem a passagem do fluido em um sentido apenas, fechando-se automaticamente por diferença de pressões, exercidas pelo fluido em consequência do próprio escoamento, se houver tendência à inversão no sentido do fluxo. São, portanto, válvulas de operação automática.

Empregam-se as válvulas de retenção quando se quer impedir em determinada linha qualquer possibilidade de retorno do fluido por inversão do sentido de escoamento. Como todas essas válvulas provocam uma perda de carga muito elevada, só devem ser usadas quando forem de fato imprescindíveis.

Citaremos três casos típicos de uso obrigatório de válvulas de retenção:

1. Linhas de recalque de bombas (imediatamente após a bomba) quando se tiver mais de uma bomba em paralelo descarregando no mesmo tronco. As válvulas de retenção servirão nesse caso para evitar a possibilidade da ação de uma bomba que estiver operando sobre outras bombas que estiverem paradas.

2. Linha de recalque de uma bomba para um reservatório elevado. A válvula de retenção evitará o retorno do líquido no caso de ocorrer uma paralisação súbita no funcionamento da bomba.

3. Extremidade livre de uma linha de sucção de bomba (válvula mergulhada no líquido), no caso de sucção positiva. A válvula de retenção (válvula de pé) servirá para manter a escorva da bomba.

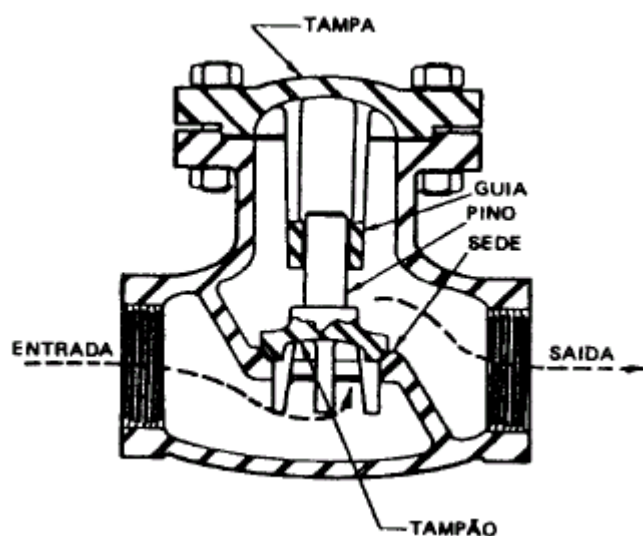
As válvulas de retenção devem sempre ser instaladas de tal maneira que a ação da gravidade tenda a fechar a válvula. Por esse motivo, quase todas essas válvulas (com exceção de alguns modelos de portinhola dupla com mola) só podem ser colocadas em tubos verticais, quando o fluxo for ascendente.

Existem três tipos principais de válvulas de retenção:

1. *Válvulas de retenção de levantamento* (lift-check valves) – O fechamento dessas válvulas é feito por meio de um tampão, semelhante ao das Válvulas globo, cuja haste desliza em uma guia interna. O tampão é mantido suspenso, afastado da sede, por efeito da pressão do fluido sobre a sua face inferior.

É fácil de entender que caso haja tendência à inversão do sentido de escoamento, a pressão do fluido sobre a face superior do tampão, aperta-o contra a sede, interrompendo o fluxo.

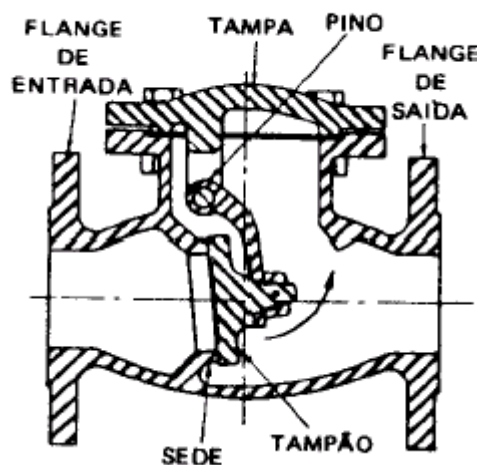
Existem modelos diferentes para trabalhar em posição horizontal e em posição vertical. As válvulas de retenção de pistão (piston-check valves) são uma variante desse tipo nas quais a peça de fechamento é um pistão deslizante.



Todas essas válvulas causam perdas de carga bastante elevadas, não sendo por isso fabricadas nem usadas para diâmetros acima de 6". As válvulas desse tipo são adequadas ao

trabalho com gases e vapores. Não devem ser usadas para fluidos que deixem sedimentos ou depósitos sólidos. Essas válvulas podem ser empregadas para tubulações com fluxo pulsante ou sujeitas a vibrações.

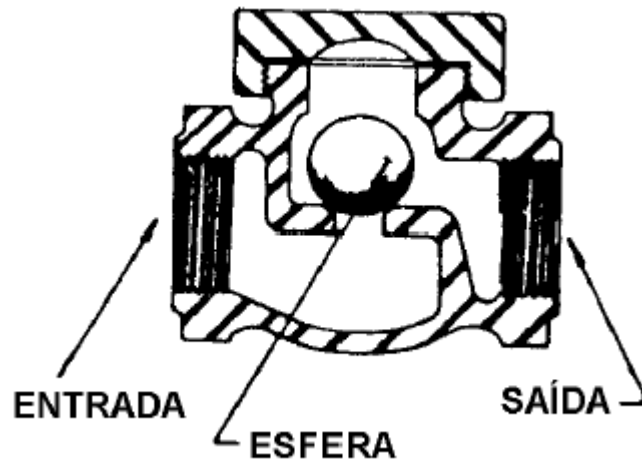
2. *Válvulas de retenção de portinhola* (swing-check valves) – É o tipo mais usual de válvulas de retenção; o fechamento é feito por uma portinhola articulada que se assenta no orifício da válvula. Existem também modelos para trabalhar em posição horizontal (mais comum), ou vertical. As perdas de carga causadas, embora elevadas, são menores do que as introduzidas pelas válvulas de retenção de levantamento, porque a trajetória do fluido é retilínea. Essas válvulas são empregadas para serviços com líquidos; não devem ser usadas em tubulações sujeitas a freqüentes inversões de sentido de fluxo, porque nesse caso tem tendência a vibrar fortemente.



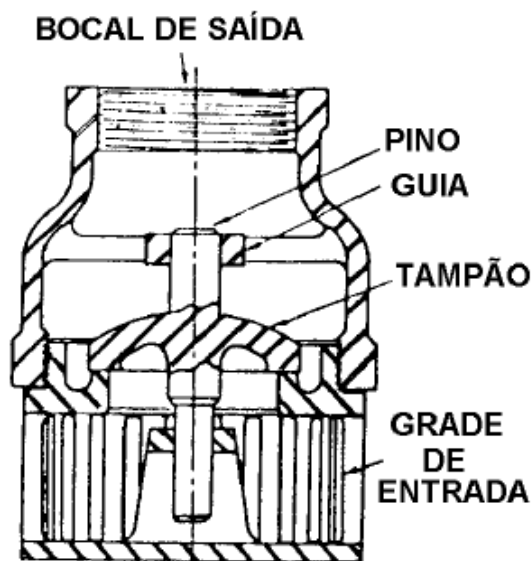
Para diâmetros muito grandes, acima de 12", essas válvulas costumam ter a portinhola balanceada, isto é, o eixo de rotação atravessa a portinhola que fica assim com uma parte para cada lado do eixo. A finalidade dessa disposição é amortecer o choque de fechamento da válvula quando houver inversão do fluxo.

Algumas válvulas de retenção desse tipo têm uma alavanca externa, com a qual a portinhola pode ser aberta ou fechada, à vontade, quando necessário. Estão atualmente muito em uso, principalmente para grandes diâmetros, válvulas de portinhola tipo "wafer", que são muito mais leves e mais curtas do que as válvulas de construção convencional. O corpo dessas válvulas é semelhante ao da válvula mostrada na figura abaixo. Existem também válvulas tipo "wafer" de portinhola dupla bipartida (válvulas "duo-deck"), que apresentam, em relação às válvulas convencionais, menor tamanho e menor perda de carga; algumas dessas válvulas, com fechamento por mola, podem trabalhar em tubos verticais com fluxo para baixo.

3. *Válvulas de retenção de esfera* (ball-check valves) – São semelhantes às válvulas de retenção de levantamento, sendo porém o tampão substituído por uma esfera. É o tipo de válvula de retenção cujo fechamento é mais rápido. Essas válvulas, que são muito boas para fluidos de alta viscosidade, são fabricadas e usadas apenas para diâmetros até 2".



1. *Válvulas de pé* (foot valves) - São válvulas de retenção especiais para manter a escorva (linha com líquido) nas linhas de sucção de bombas; devem ser instaladas na extremidade livre da linha, ficando mergulhadas dentro do líquido no reservatório de sucção. Essas válvulas são semelhantes à válvulas de retenção de levantamento, tendo geralmente no tampão um disco de material resiliente (plásticos, borracha etc.), para melhorar a vedação. Possuem também uma grade externa de proteção.



Válvulas de Segurança e de Alívio

Essas válvulas controlam a pressão a montante abrindo-se automaticamente, quando essa pressão ultrapassar um determinado valor para o qual a válvula foi ajustada, e que se denomina “pressão de abertura” da válvula (set-pressure). A válvula fecha-se em seguida, também automaticamente, quando a pressão cair abaixo da pressão de abertura. A construção dessas válvulas é semelhante à das válvulas globo angulares. O tampão é mantido fechado contra a sede pela ação de uma mola, com porca de regulagem. Regula-se a tensão da mola de maneira que a pressão de abertura da válvula tenha o valor desejado. A mola pode ser interna, dentro do castelo da válvula, ou externa, preferindo-se essa última disposição para

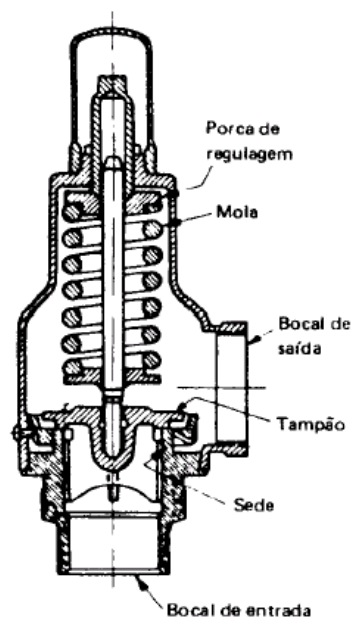
serviços com fluidos corrosivos ou viscosos, para que o fluido não fique em contato com a mola. Existem ainda válvulas que em lugar da mola têm um contrapeso externo de posição ajustável, que mantém a válvula fechada. Essas válvulas, muito empregadas no passado, estão atualmente quase desaparecidas. Todas essas válvulas são chamadas “de segurança” quando destinadas a trabalhar com fluidos elásticos (vapor, ar, gases), e “de alívio” quando destinadas a trabalhar com líquidos, que são fluidos incompressíveis. A construção das válvulas de segurança e de alívio é basicamente a mesma; a principal diferença reside no perfil da sede e do tampão.

Devido à compressibilidade e à força elástica, para fazer cair a pressão de um gás é necessário que um grande volume do gás possa escapar em um tempo muito curto. Por essa razão, o desenho dos perfis da sede e do tampão nas válvulas de segurança é feito de tal forma que a abertura total se dê imediatamente após ser atingida a pressão de abertura. Nas válvulas de alívio, pelo contrário, a abertura é gradual, atingindo o máximo com 110 a 125% da pressão de abertura, porque uma pequena quantidade de líquido que escape faz logo abaixar muito a pressão.

As válvulas de segurança devem ser instaladas sempre acima do nível do líquido, para que não sejam atravessadas pelo líquido. Estas válvulas costumam ter uma alavanca externa com a qual é possível fazer-se manualmente o disparo da válvula para teste.

Modernamente, foram desenvolvidas válvulas de segurança que tanto podem servir para líquidos como para gases (pop-safety valves), de forma que, para essas válvulas, a antiga distinção entre válvulas de segurança e de alívio é um conceito ultrapassado.

A norma API-RP-520, do “American Petroleum Institute”, contém fórmulas e procedimentos de cálculo para o dimensionamento de válvulas de segurança e de alívio. Essas válvulas costumam ser consideradas como instrumentos, e não como componentes de tubulação. As válvulas de quebra de vácuo (ou ventosas) destinadas a evitar a formação de vácuo em tubulações, são também semelhantes às válvulas de segurança, com a diferença de que se abrem de fora para dentro admitindo ar, quando há um vácuo, em lugar de se abrirem de dentro para fora. Essas válvulas são empregadas principalmente em tubulações de grande diâmetro, nas quais a formação acidental de um vácuo pode causar o colapso em consequência da pressão atmosférica.

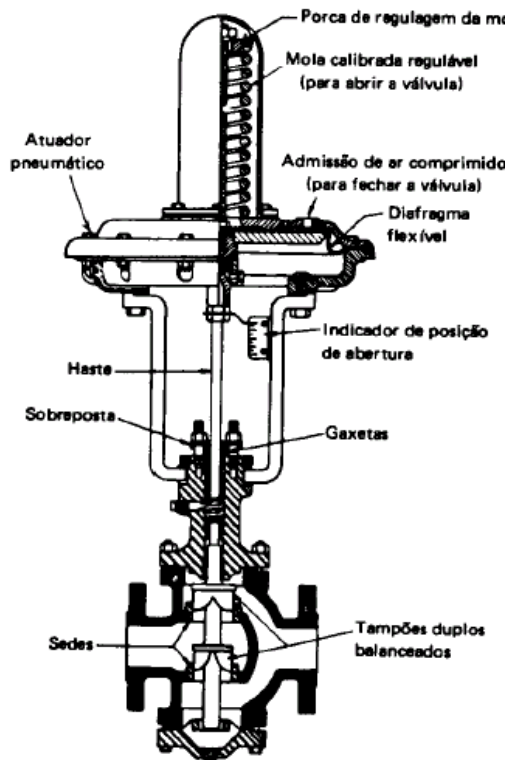


Válvulas de Controle

Essas válvulas são usadas em combinação com instrumentos automáticos, e comandadas à distância por esses instrumentos, para controlar a vazão ou a pressão de um fluido. A válvula tem sempre um atuador (pneumático, hidráulico ou elétrico), que faz movimentar a peça de fechamento, em qualquer posição, em determinada proporção, por um sinal recebido de uma fonte motriz externa. Esse sinal (a pressão do ar comprimido, por exemplo) é comandado diretamente pelo instrumento automático. A válvula em si é quase sempre semelhante a uma válvula globo. Para diminuir o esforço necessário à operação, e assim facilitar o controle, essas válvulas têm freqüentemente dois tampões superpostos na

mesma haste, que se assentam em duas sedes colocadas de tal maneira que a pressão do fluido exercida sobre um tampão contrabalança a pressão exercida sobre o outro.

É evidente que para qualquer tipo de válvula a percentagem de fluxo permitido é função da percentagem de abertura da válvula, isto é, existe sempre uma relação de interdependência entre o fluxo permitido e a posição de abertura: Quando a abertura é zero o fluxo também é zero; quando a abertura é 100% o fluxo é 100%. Nas posições intermediárias a percentagem de fluxo pode ser maior ou menor do que a percentagem de abertura, dependendo do tipo de válvula e dos perfis da sede e da peça de fechamento.



3.3 Referência Bibliográfica

TELLES, Pedro C. da Silva. *Tubulações Industriais: Materiais, Projeto, Montagem*. 9ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 1998.