

TEQ141 – Sistema de Controle e Instrumentação

1

Válvulas de Controle

Profª Ninoska Bojorge

Departamento de Engenharia Química e de Petróleo – UFF

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

INTRODUÇÃO

2

- Aproximadamente 5% dos custos totais de uma indústria de processos químicos se referem à compra de válvulas. Em termos de número de unidades, as válvulas perdem apenas para as conexões de tubulação.
- As válvulas são usadas em tubulações, entradas e saídas de vasos e de tanques em várias aplicações diferentes; as principais são as seguintes:

INTRODUÇÃO

3

a) Manual

A operação da abertura e fechamento a ser realizada é feita pelo homem.

b) Auto-reguladora

A operação de abertura e fechamento é realizada utilizando a energia contida no fluido.

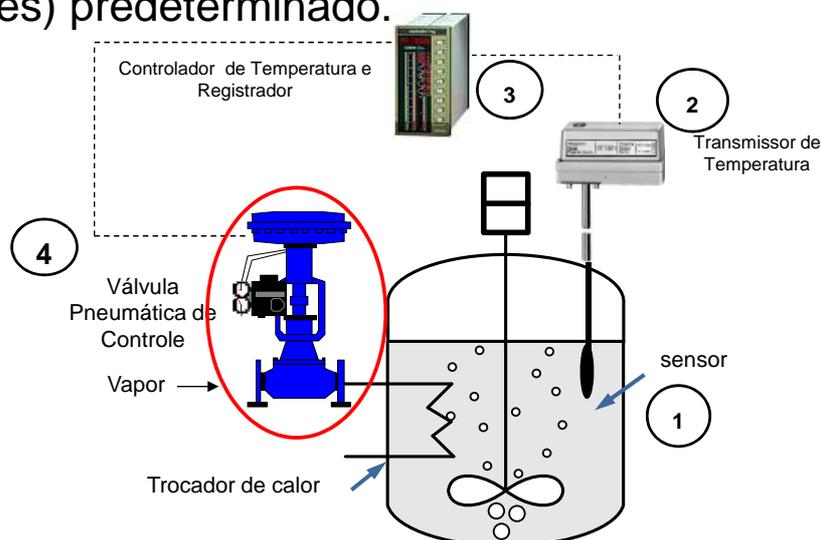
c) Controle

Utiliza-se uma força auxiliar para operação e, o acionamento é feito de acordo com os sinais provenientes dos controladores.

Objetivo das Válvulas de Controle

4

- Variar a quantidade de energia ou material (agente de controle), em resposta ao sinal enviado pelo controlador, a fim de manter a variável controlada em um valor (ou faixa de valores) predeterminado.



Principais aplicações:

5

- serviço de regular a vazão de fluidos
- prevenção de vazão reversa
- controle e alívio de pressão
- Especiais:
 - a) controle de vazão direcional
 - b) serviço de amostragem
 - c) limitar fluxos
 - d) selagem de fluidos saídas de vasos

De todas estas aplicações, a mais comum e importante se relaciona com o controle automático e contínuo de processo.

INTRODUÇÃO

6

Uma válvula de controle deve:

- Conter o fluido do processo, suportando todos os rigores das condições de operação. Como o fluido do processo passa dentro da válvula, ela deve ter características mecânicas e químicas para resistir à pressão, temperatura, corrosão, erosão, sujeira e contaminantes do fluido.
- Responder ao sinal de atuação do controlador. O sinal padrão é aplicado ao atuador da válvula, que o converte em uma força, que movimenta a haste, em cuja extremidade inferior está o obturador, que varia a área de passagem do fluido pela válvula.

INTRODUÇÃO

7

- Variar a área de passagem do fluido manipulado. A válvula de controle manipula a vazão do meio de controle, pela alteração de sua abertura, para atender as necessidades do processo.
- Absorver a queda variável da pressão da linha, para compensar as variações de pressão a montante ou a jusante dela. Em todo o processo, a válvula é o único equipamento que pode fornecer ou absorver uma queda de pressão controlável.

INTRODUÇÃO

8

• **NORMAS E REFERÊNCIAS:**

- ✓ **ISA S75.01 “Flow Equations for Sizing Control Valves”;**
- ✓ **ISA Handbook of Control Valves;**
- ✓ **ANSI FCI 70-2 “Control Valve Seat Leakage”;**
- ✓ **API Std 598 “Valve Inspection and Testing”;**
- ✓ **API RP 553 “Refinery Control Valves”;**
- ✓ **ISA S75.17 “Control Valve Aerodynamic Noise Prediction”;**
- ✓ **IEC 534-8-4 “Industrial Process Control Valves – Prediction of Noise Generated by Hydrodynamic Flow”;**
- ✓ **Manuais de Fabricantes.**

DEFINIÇÃO

9

- Válvula de Controle é um equipamento operado por energia que forma o elemento final em um sistema de controle de processo. É destinado à regulação das vazões de fluidos.
- Consiste de um subconjunto de corpo contendo internos para mudança de vazão do sistema de processo. O corpo é conectado a um atuador na qual responde a um sinal transmitido por um elemento controlador.

DEFINIÇÃO

10

- Basicamente trata-se de um **orifício de área variável, através do qual se escoo o fluido**, e cuja seção é feita para variar de acordo com a vazão pretendida.
- Há também válvulas projetadas para trabalhar especificamente em regime de tudo ou nada (**válvulas on/off**) e outras destinadas a serviço manual.



VÁLVULAS - OPERAÇÃO

11

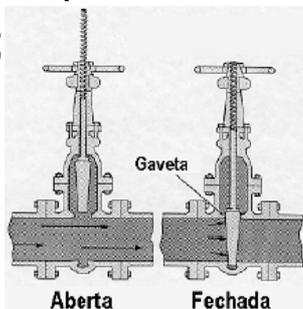
- **OPERAÇÃO MANUAL**
 - Por meio de volante;
 - Por meio de alavanca;
 - Por meio de engrenagens, parafusos sem-fim etc.
- **OPERAÇÃO MOTORIZADA** (Força motriz externa)
 - Pneumática;
 - Hidráulica;
 - Elétrica.
- **OPERAÇÃO AUTOMÁTICA** (Dispensa ação externa)
 - Pelo próprio fluido;
 - Por meio de molas e contrapesos

VÁLVULAS - CATEGORIAS

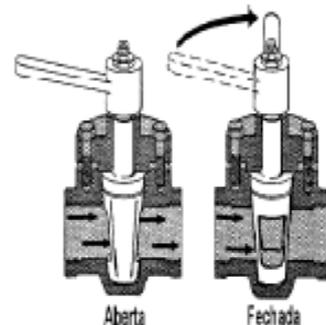
12

- **BLOQUEIO** - Destinam-se a interromper o fluxo, ou seja, só devem trabalhar completamente abertas ou fechadas.

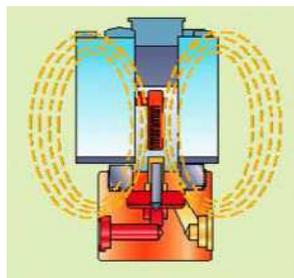
– Válvulas de gaveta;



– Válvulas macho.



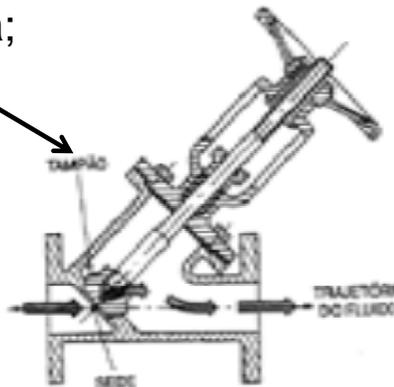
– Válvulas Solenóide;



VÁLVULAS - CATEGORIAS

13

- **CONTROLE** - São destinadas especificamente para controlar o fluxo, podendo trabalhar em qualquer posição de fechamento parcial.
 - Válvulas globo;
 - Válvulas de diafragma;
 - Válvulas borboleta;
 - Válvulas agulha.

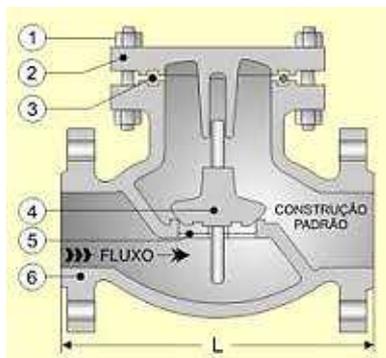


Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

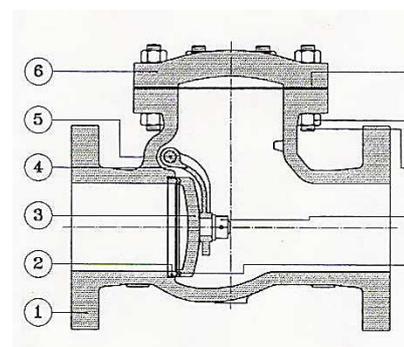
VÁLVULAS - CATEGORIAS

14

- **RETENÇÃO** - Permitem o fluxo apenas em um sentido, impedindo assim a inversão do escoamento.
- Geralmente são atuadas por mola ou por gravidade.



Componentes	
1 -	Porca sextavada
2 -	Tampa
3 -	Junta
4 -	Pistão
5 -	Anel (sede)
6 -	Corpo



Simbologia :



Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

VÁLVULAS - CATEGORIAS

15

VÁLVULAS DE SEGURANÇA – Têm como função aliviar o excesso de pressão, devido ao aumento da pressão de operação acima de um limite pré-estabelecido no projeto do equipamento por ela protegido.

- **Válvulas de Segurança (PSV):**

Aplicadas em serviço com fluidos compreensíveis (gases, vapores), aliviando o excesso de pressão de forma rápida e instantânea.

- **Válvulas de Alívio (PRV):**

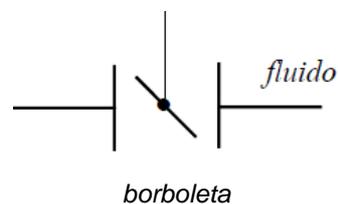
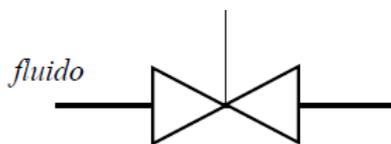
Abre gradualmente em proporção ao aumento da pressão do sistema ao qual ela está instalada e após ser atingida a pressão de ajuste. → Serviço c/ líquidos.



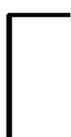
REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA - ISA

16

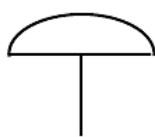
- **VÁLVULA:**



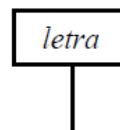
- **ATUADOR:**



A. manual



A. de diafragma

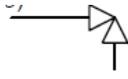


A. motorizado

Letra igual a:
A - motor pneumático
H - motor hidráulico
M - motor elétrico
S - solenoide

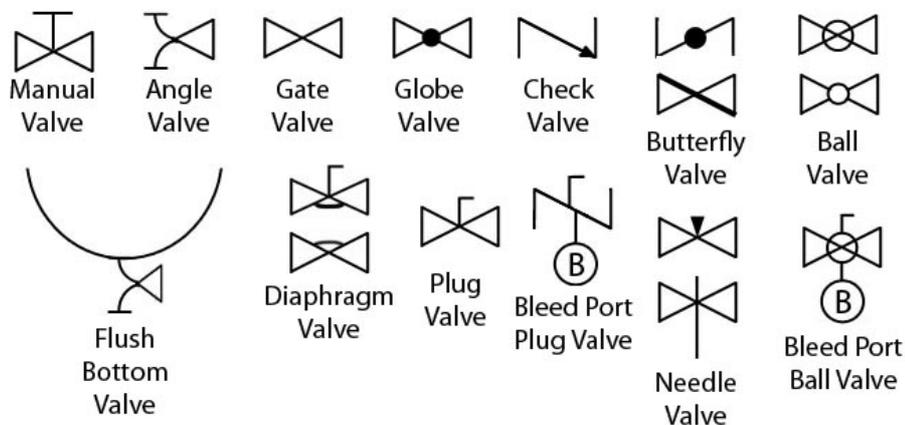
REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA - ISA

17

<p>a) </p> <p>b) </p>	<ul style="list-style-type: none"> • válvula genérica de 2 vias • válvula globo direta • válvula Gaveta
	<ul style="list-style-type: none"> • válvula globo Angular • válvula segurança angular .
	<ul style="list-style-type: none"> • válvula Borboleta (Butterfly valve).
	<ul style="list-style-type: none"> • válvula Esfera (Ball valve).
	<ul style="list-style-type: none"> • válvula macho (Plug valve)
<p>a) </p> <p>b) </p>	<ul style="list-style-type: none"> • válvula Diafragma

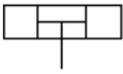
REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA - ISA

18



REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA - ISA

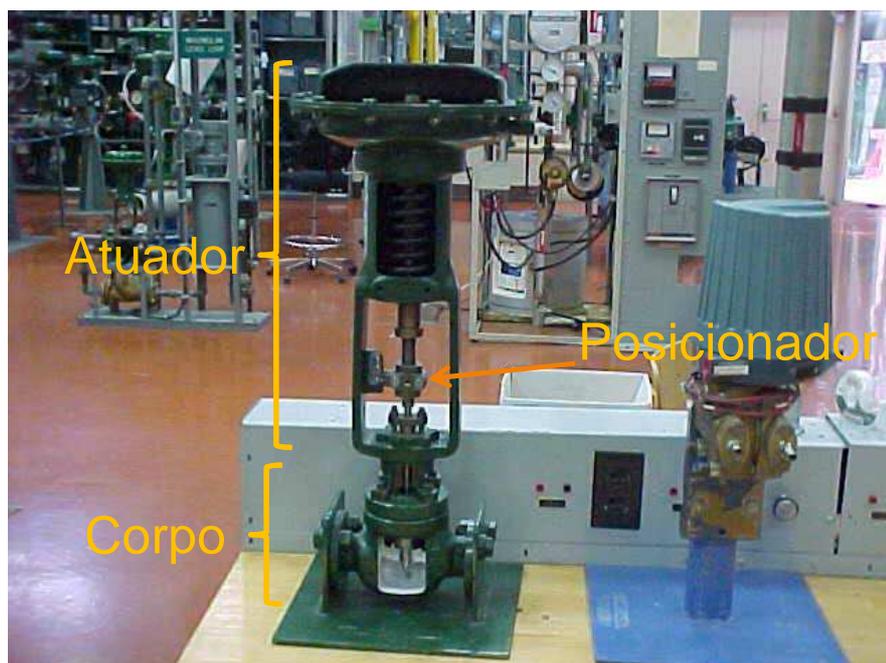
19

	Atuador generico. Atuador com mola-diafragma.
	Atuador com mola-diafragma com posicionador
	Atuador com diafragma com pressão balanceada.
	Atuador a pistão linear. Mola de ação simples oposta Dupla ação.
	Atuador com pistão linear com posicionador.
	Atuador com pistão rotativo. Pode ser mola de ação simples oposta ou dupla ação.

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

PARTES PRINCIPAIS DE UMA VÁLVULA DE CONTROLE

20



PARTES PRINCIPAIS DE UMA VÁLVULA DE CONTROLE

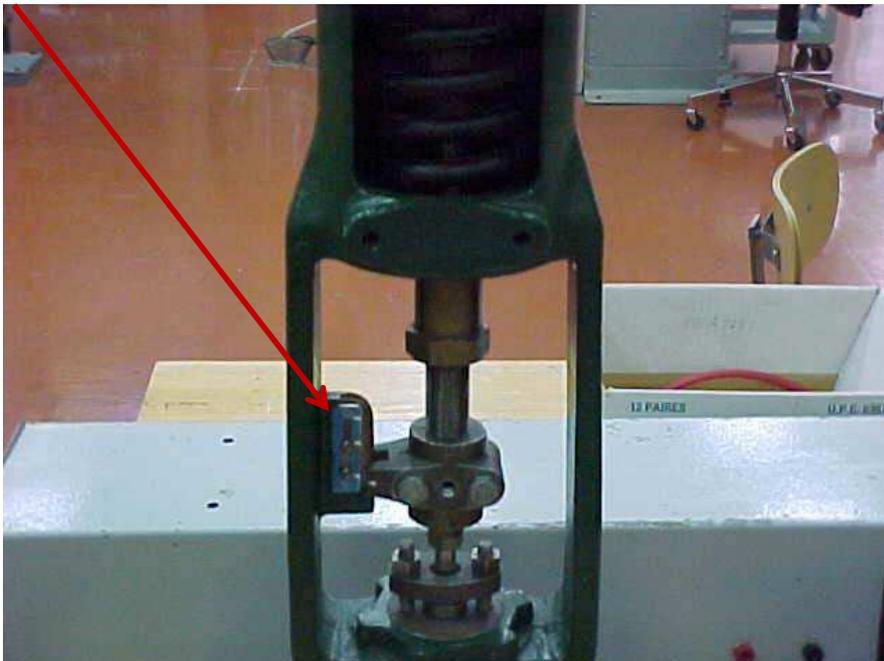
21

Diafragma da válvula



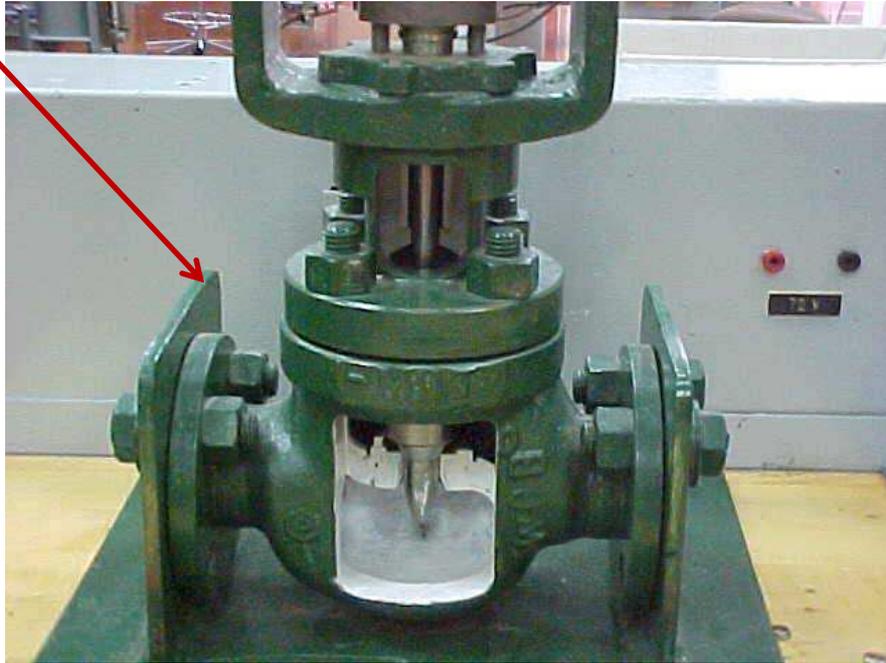
PARTES PRINCIPAIS DE UMA VÁLVULA DE CONTROLE

Indicador do Posicionador



PARTES PRINCIPAIS DE UMA VÁLVULA DE CONTROLE

Corpo da válvula



23

COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

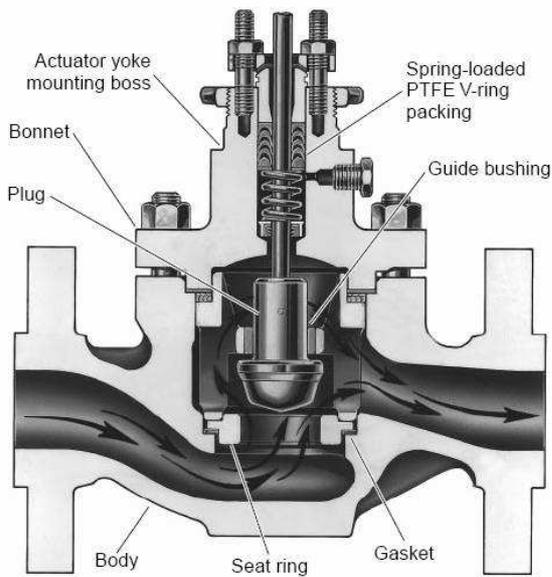
24

1 - CORPO DA VÁLVULA

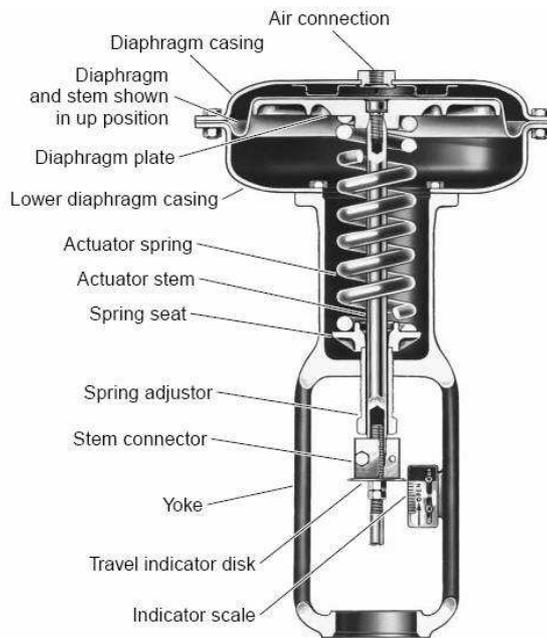
- É a parte da válvula que mecanicamente executa a ação de controle permitindo maior ou menor passagem do fluído, através do movimento de um obturador.
- Sendo o conjunto do corpo, à parte de válvula que entra em contato direto com o fluído, deve satisfazer os requisitos:
 - pressão,
 - temperatura e
 - corrosão do fluído.

COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

25



Cross sectional view of a globe valve showing the basic structure

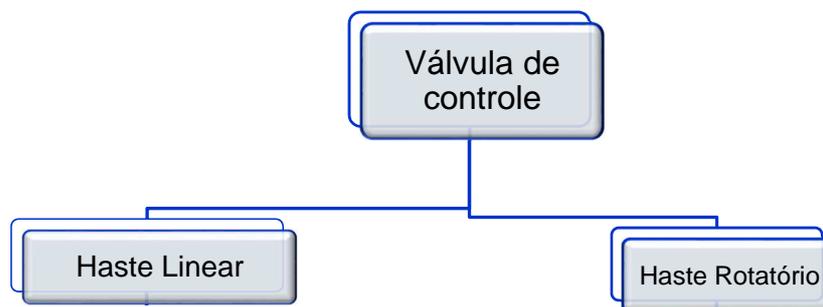


Typical arrangement of a spring and diaphragm type actuator

www.enggcyclopedia.com

Classificação das válvulas

26

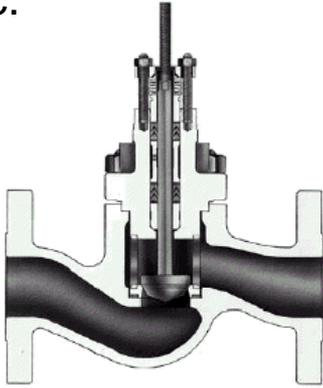


Classificação das válvulas

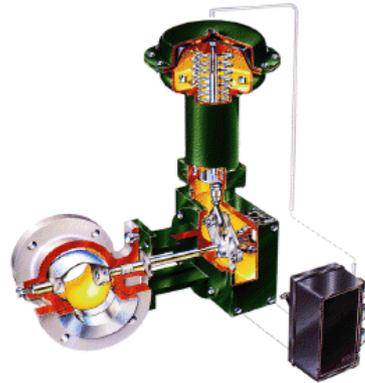
27

Válvula de controle:

- Deslocamento Linear: Haste deslizante: globo, agulha, diafragma.
- Deslocamento Rotacional: Esferica, Plug, borboleta, disco, etc.



Haste Deslizante



Haste de Rotação

Deslocamento linear

28

1 – LINEAR:

O curso linear da haste entra e sai do corpo da válvula. Neste segmento temos o tipo globo (normal, angular, 3 vias), gaveta, guilhotina, diafragma (saunders).

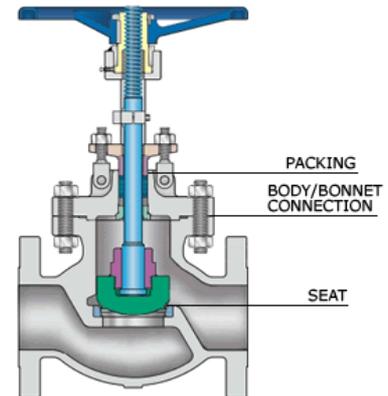
Sendo a tipo globo a mais utilizada em controle de processo.

Deslocamento linear

29

VÁLVULA GLOBO

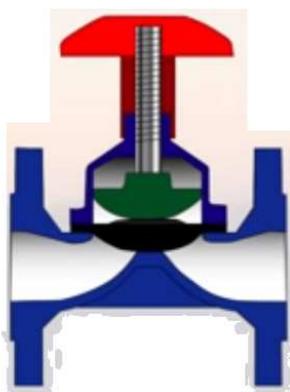
- Válvula de deslocamento linear, corpo de duas vias, com formato globular, de passagem reta, internos de sede simples ou de sede dupla. É a que tem maior uso na indústria e o termo globo é oriundo de sua forma, aproximadamente esférica.
- Sua conexão com a linha pode ser através de flanges rosca ou solda. Ela será de sede simples ou dupla, de acordo com o número de orifícios que possua para a passagem do fluido.



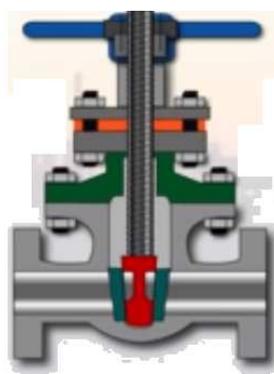
Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

Deslocamento linear

30



Diafragma



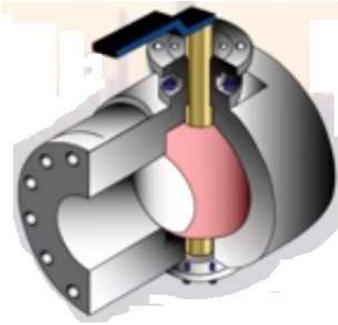
Gaveta



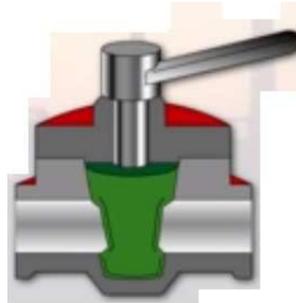
Globo

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

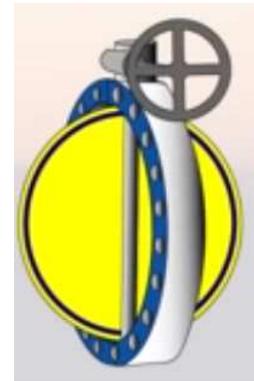
Deslocamento Rotativo



Esfera
(Ball)



Macho
(Plug)



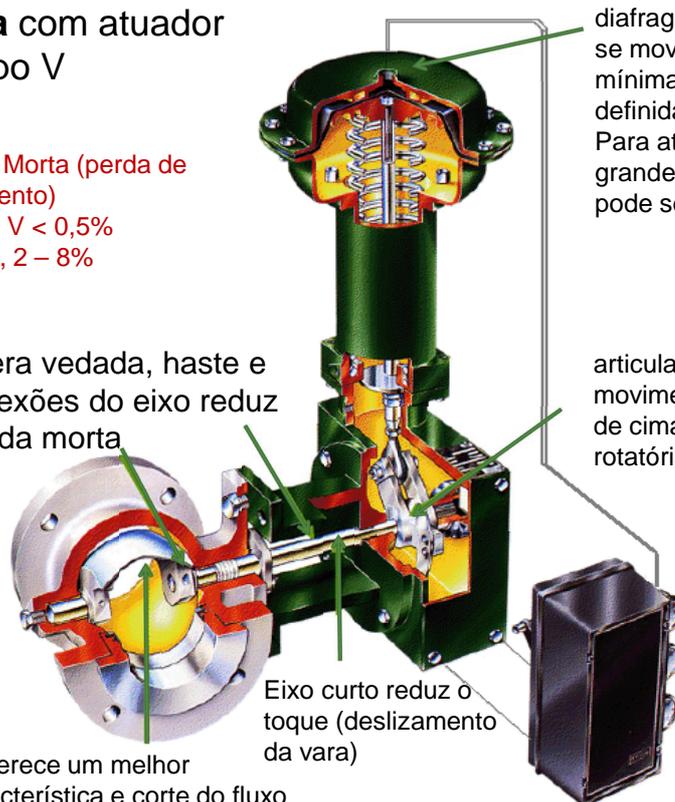
Borboleta

Válvula Esfera com atuador e diafragma tipo V

Banda Morta (perda de movimento)
esfera, $V < 0,5\%$
Outras, 2 – 8%

esfera vedada, haste e conexões do eixo reduz banda morta

V oferece um melhor característica e corte do fluxo



diafragma flexível, que faz o eixo a se mover para baixo. A pressão mínima para abrir a válvula é definida pela forças opostas da mola. Para atuadores de volumes muito grandes, o tempo global do curso pode se tornar grandes

articulação vedadas para traduzir movimento do eixo do atuador de cima para baixo na esfera rotatória.

Eixo curto reduz o toque (deslizamento da vara)

Os tipos de válvulas classificam-se em função dos respectivos tipos de corpos, e portanto, quando estivermos falando de tipos de válvulas subentenderemos tipos de corpos.

ALGUNS TIPOS DE VÁLVULAS



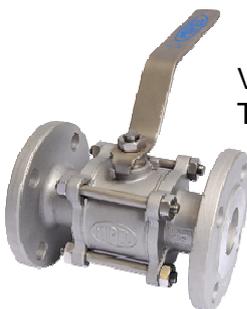
Válvula Wafer de Retenção Dupla Portinhola



Válvula Gaveta



Válvula de Esfera Bipartida



Válvula de Esfera Tripartida



Válvula Borboleta Wafer

ALGUNS TIPOS DE VÁLVULAS

35



Válvula borboleta com atuador pneumático



Válvula borboleta com atuador manual

ALGUNS TIPOS DE VÁLVULAS

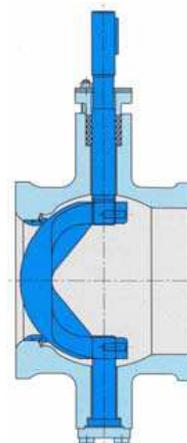
36



V. macho esférica



*Obturador de
válvula
macho esférico*



*Corte de válvula de
segmento esférico*

COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

37

2 – POSICIONADOR

- O posicionador é um dispositivo que é acoplado à haste da válvula de controle para otimizar o seu funcionamento.
- O posicionador recebe o sinal padrão de 3 a 15 psig e gera, na saída, também o sinal padrão de 3 a 15 psig e por isso é necessária a alimentação pneumática de 20 psig.
- O posicionador é usado para fechar a malha de controle em torno do atuador da válvula. Ele atua na haste da válvula até que a medição mecânica da posição da haste esteja de conformidade e balanceada com o sinal de entrada.

COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

38

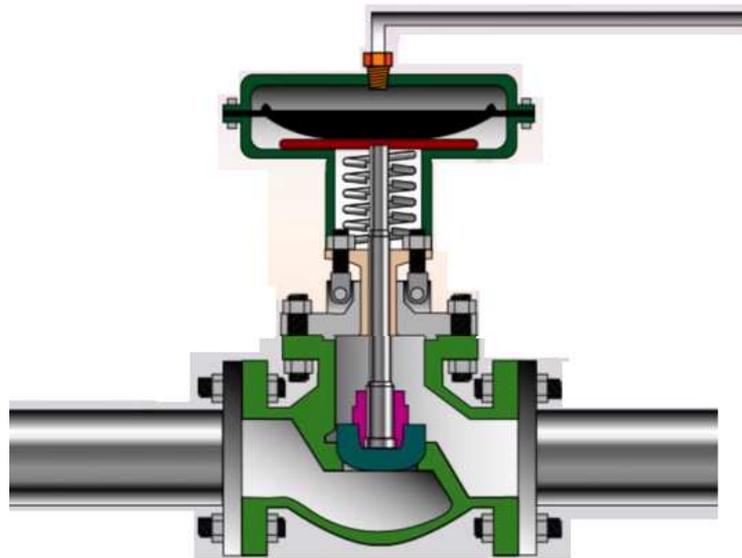
3 – ATUADOR

- Atuador é o componente da válvula que recebe o sinal de controle e o converte em abertura modulada da válvula.
- Constitui o elemento responsável em proporcionar a força motriz para a haste ou eixo da válvula que é conectado a um obturador necessária ao funcionamento da válvula de controle.
- Quando corretamente selecionado, deve proporcionar à válvula meios de operacionalidade estáveis e suaves, contra a ação variável das forças dinâmicas e estáticas originadas na válvula através da ação do fluido de processo.

COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

39

3 – ATUADOR

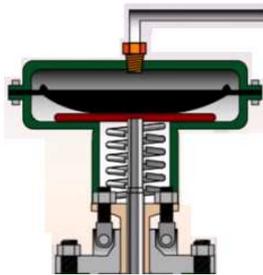


Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

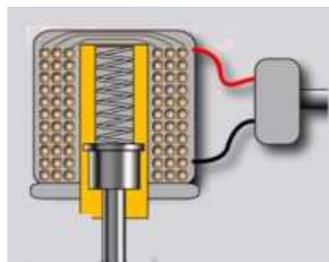
COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

40

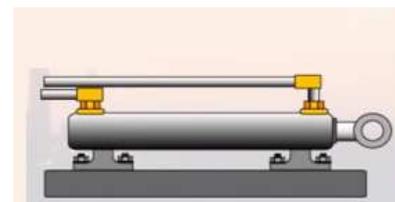
- Outra classificação útil do atuador é quanto à fonte de potência, que pode ser



1. PNEUMÁTICA



2. ELÉTRICA



3. HIDRÁULICA

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

ATUADOR PNEUMÁTICO

41

- Este tipo de operador, disponível com um diafragma ou pistão, é o mais usado. Independente do tipo, o princípio de operação é o mesmo. O atuador pneumático, com diafragma e mola é o responsável pela **conversão do sinal pneumático padrão do controlador em força-movimento-abertura da válvula.**
- O atuador pneumático a diafragma recebe diretamente o sinal do controlador pneumático e o converte numa força que irá movimentar a haste (linear ou rotacional) da válvula, onde está acoplado o obturador que irá abrir continuamente a válvula de controle.

ATUADOR PNEUMÁTICO

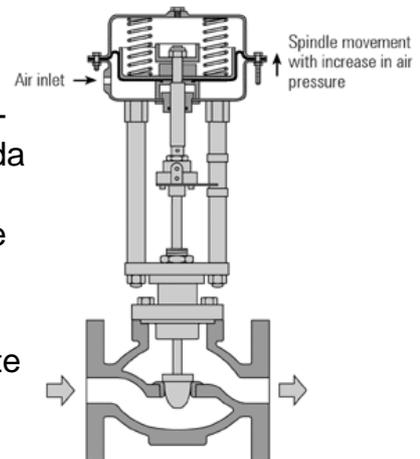
42

- A função do diafragma é a de converter o sinal de pressão em uma força e a função da mola é a de retornar o sistema à posição original. Na ausência do sinal de controle, a mola leva a válvula para uma posição extrema, ou totalmente aberta ou totalmente fechada.
- Lógicas de operação do atuador pneumático com o conjunto diafragma e mola:
 1. ar para abrir - mola para fechar
 2. ar para fechar – mola para abrir
- Outra nomenclatura para a ação da válvula é:
falha-aberta (fail open), que equivale a ar-para- fechar
falha-fechada (fail close), que equivale a ar-para-abrir.

ATUADOR PNEUMÁTICO

43

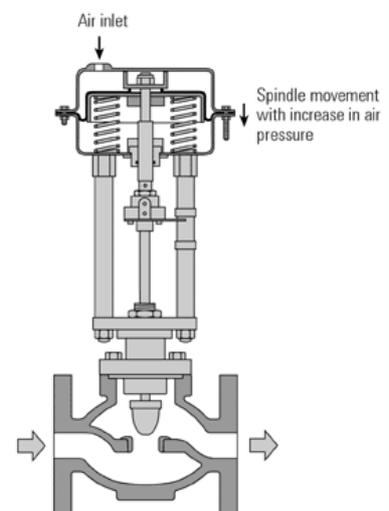
- A operação de uma válvula **ar-para-abrir** é a seguinte:
 - Quando não há nenhuma pressão chegando ao atuador, a válvula está desligada e na posição fechada.
 - Quando a pressão de controle (20 -100 kPa ou de 3-15 psi) começa a crescer, a válvula tende a abrir cada vez mais, assumindo as infinitas posições intermediárias entre totalmente fechada e totalmente aberta.
 - Quando não houver sinal de controle, a válvula vai imediatamente para a posição fechada, independente da posição em que estiver no momento da falha. A posição de totalmente fechada é também conhecida como a de *segura em caso de falha fecha*. Quem leva a válvula para esta posição segura é justamente a mola.



ATUADOR PNEUMÁTICO

44

- Uma válvula com atuação **ar-para-fechar** opera de modo contrário:
 - Na ausência de ar e com pressões menores que 20 kPa (3 psig), a válvula deve estar totalmente aberta. Com o aparecimento de pressões acima de 20 kPa (3 psig) e com seu aumento, a válvula diminuirá sua abertura.
 - Com a máxima pressão do controlador, de 100 kPa (15 psig), a válvula deve estar totalmente fechada. Na falha do sistema, quando a pressão cair para 0 kPa (0 psig), a válvula deve estar na posição totalmente aberta → *falha abre*
 - Certas aplicações exigem uma válvula de controle com um diafragma especial, modo que a falta o ar de suprimento ao atuador faça a válvula se manter na última posição de abertura; tem-se a falha-última-posição.



ATUADOR PNEUMÁTICO

45

- A ação vazão-para-fechar é fornecida pela válvula globo;
- A ação vazão-para-abrir é fornecida pela válvula borboleta, globo e esfera convencional.
- As válvulas com plug rotatório e esfera flutuante são típicas para ficar na última posição.

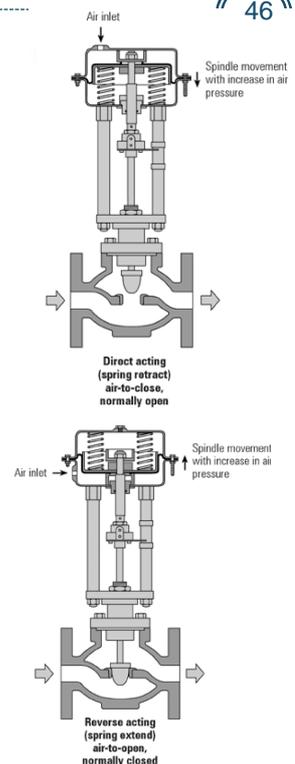
ATUADOR PNEUMÁTICO

46

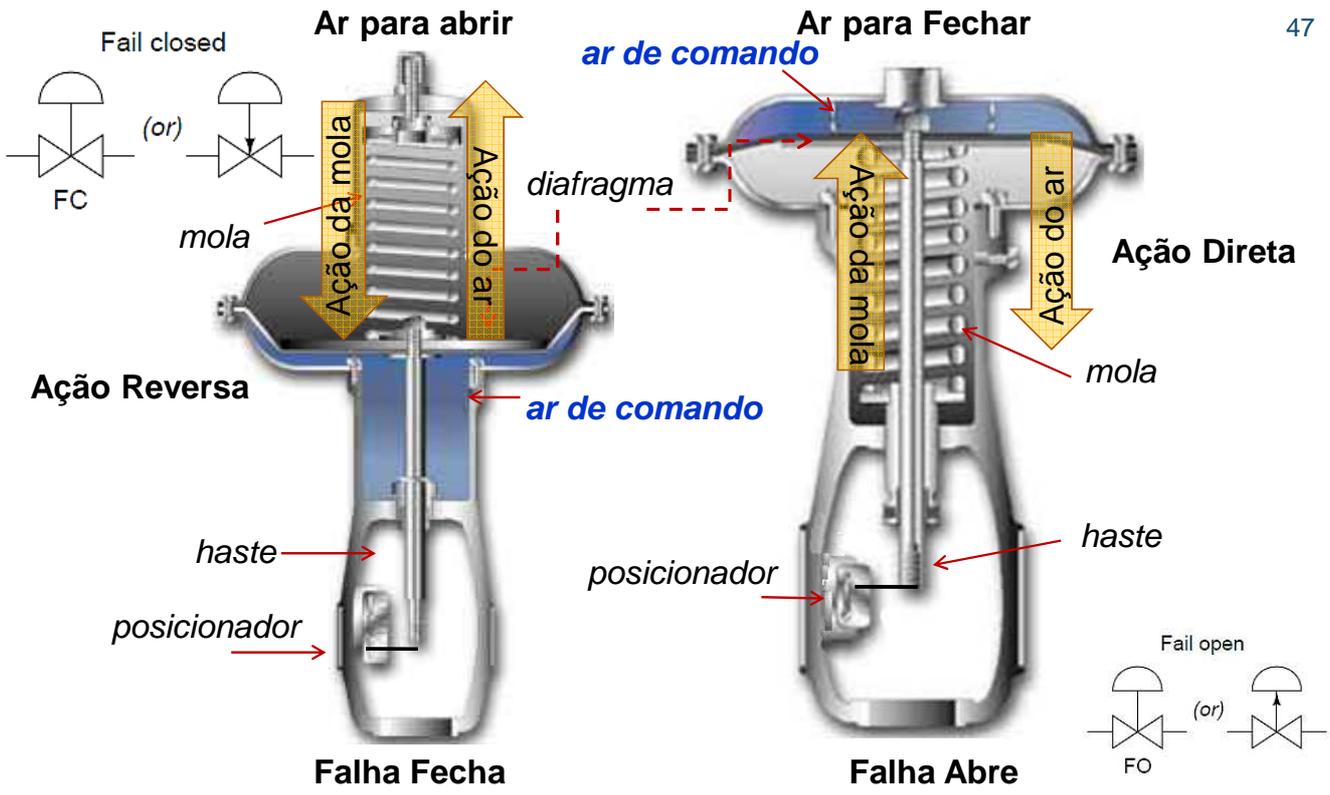
- Pode ter dois modos de ação:

Ação Direta: o aumento da pressão empurra a haste para baixo, enquanto a mola força a haste para cima. (maior esforço).

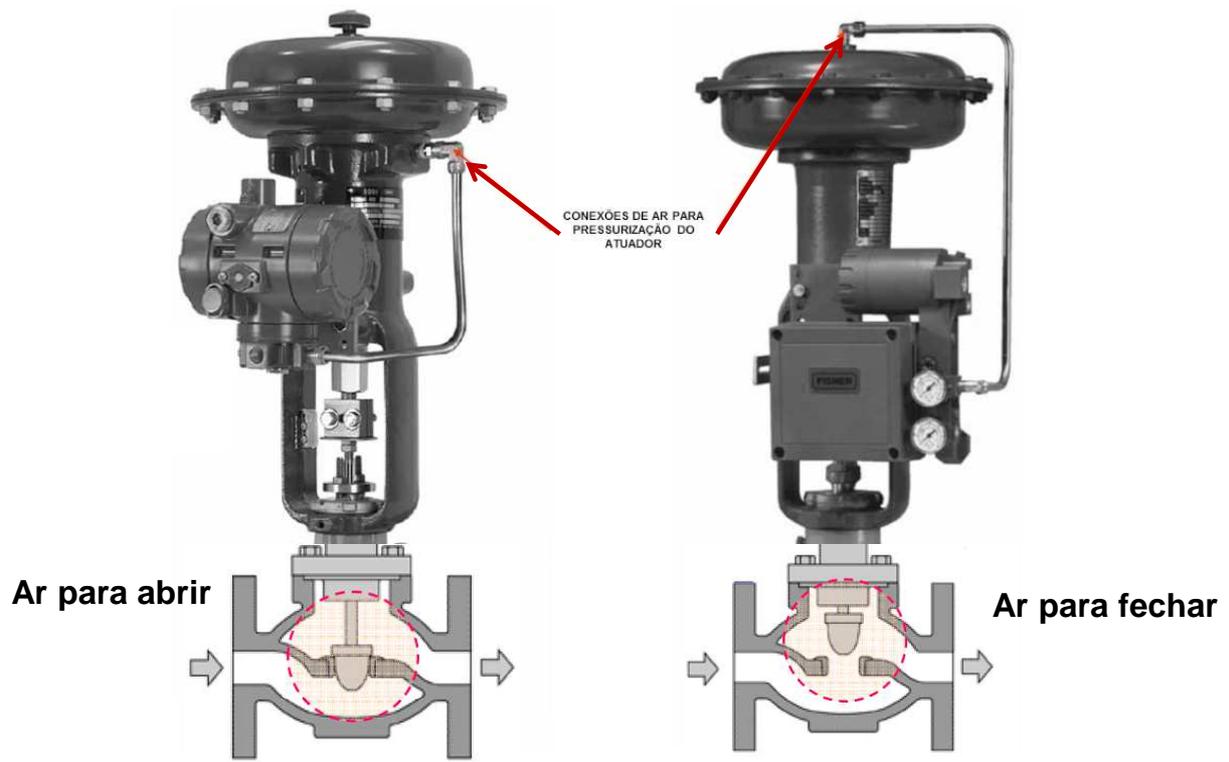
Ação Reversa: o aumento da pressão de puxa a haste para cima, enquanto a mola força a haste para baixo.



ATUADOR PNEUMÁTICO



ATUADOR PNEUMÁTICO

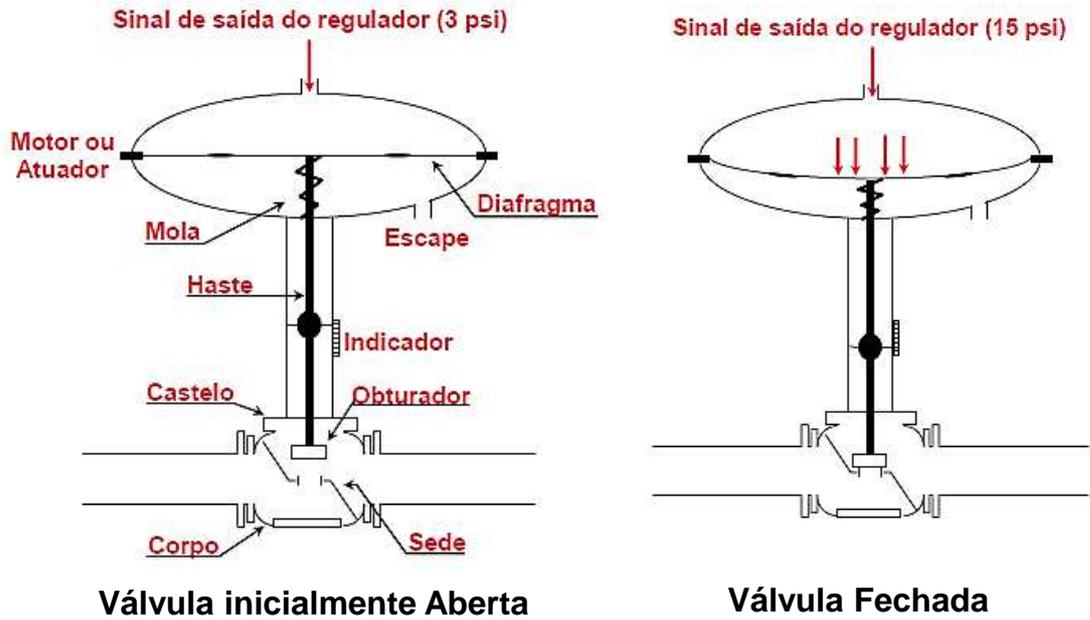


Válvulas de Controle (fonte: FISHER Control Valves Handbook)

ATUADOR PNEUMÁTICO

49

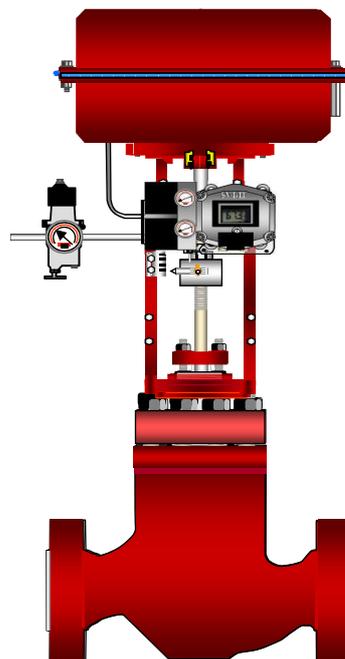
Ar para fechar



ATUADOR PNEUMÁTICO

50

Ar para abrir



OUTRAS CLASSIFICAÇÕES

51

CONEXÃO AO PROCESSO:

A válvula é instalada na tubulação através de suas conexões. O tipo de conexões terminais a ser especificado para uma válvula é normalmente determinado pela natureza do sistema da tubulação em que a válvula vai ser inserida. As conexões mais comuns:

- Flanqueadas
- Rosqueadas
- Soldadas
- Wafer

VÁLVULAS - CONEXÕES

52

- **Conexão de Rosca:** é usado geralmente em válvulas pequenas, de até 2 "(50 mm), e não é recomendado para o serviço de temperatura elevada. Essa conexão também é usado em aplicações de baixa manutenção ou não-críticas.
- **Conexão com Flange:** Mais indicado para válvulas maiores que 2" o método mais utilizado fixa o corpo á tubulação através do conjunto de flanges, parafusos e porcas. As flanges podem ser lisas ou de faces elevadas e sua classe de pressão ANSI deve ser compatível com a pressão do processo.

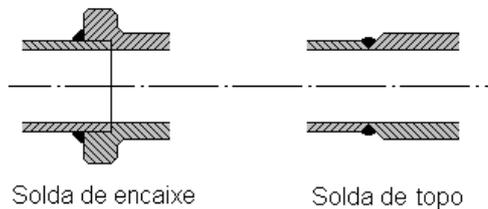


VÁLVULAS - CONEXÕES

53

- **Conexão por solda:** O corpo da válvula pode ser soldado diretamente à linha.
 - pouco flexível, porém é utilizado para montagem permanente, quando se tem altíssimas pressões e é perigoso o vazamento do fluido.
 - Os dois tipos principais de solda são:
 - ✦ de topo
 - ✦ de soquete ou encaixe (mais eficiente).

Os materiais e procedimentos de solda devem ser cuidadosamente controlados e devem ser usados alívios de tensão mecânica.



VÁLVULAS - CONEXÕES

54

- **Conexão wafer:** Algumas válvulas possuem faces lisas, em flange e são instaladas sanduichadas entre dois flanges da tubulação. São chamadas de wafer. Inicialmente usada em válvula borboleta estreita, mas atualmente, há válvula com corpo longo e conexões wafer.

wafer



- **Vantagem:** a ausência de flange na válvula, reduz peso e custo. Também não há problema de compatibilidade e ela pode ser inserida entre dois flanges de qualquer tipo.
- **Desvantagem:** problemas potenciais de vazamento e por isso equipamentos com conexões tipo wafer são considerados politicamente incorretos. Não indicadas para líquidos perigosos (hidrocarbonetos e produtos químicos). Em caso de incêndio os parafusos podem dilatar-se e deslocar as flanges, resultando em fugas.

TIPO DE LIGAÇÃO AO PROCESSO

55

- Há duas séries de tubulação, e conseqüentemente de válvulas:
 - **Série Europeia, DIN** : diâmetro nominal DN, em milímetros
 - **Série Americana ANSI**: diâmetro nominal DN, em polegadas americanas
 - A norma japonesa, JIS, especifica dimensões iguais às das normas europeias.
- Dimensões nominais das tubulações e válvulas.

ANSI	½	¾	1	1½	2	3	4	5	6	8	10	12
DIN	15	20	25	40	50	80	100	125	150	200	250	300

ANSI	14	16	18	20	24	28	32	36	40	48	54	60
DIN	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1500

DIN: Deutsche Industrie Norm

ANSI: American National Standards Institute

OUTRAS CLASSIFICAÇÕES

56

CURVAS DE VAZÃO CARACTERÍSTICAS:

- Instaladas vs Inerentes
- Tipos:
 - ✦ Abertura rápida
 - ✦ Linear
 - ✦ Igual percentagem

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

57

- A **característica de vazão inerente**, é definida como sendo a relação existente entre a vazão que escoar através da válvula e a variação percentual do curso, *quando se mantém constante a pressão diferencial através da válvula.*
- As características de vazão fornecidas pelos fabricantes das válvulas de controle são **inerentes**, já que não possuem condições de simular toda e qualquer aplicação da válvula de controle.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

58

- A **característica de vazão instalada** é definida como sendo a real característica de vazão, sob condições reais de operação, *onde a pressão diferencial não é mantida constante.*
- A **característica de vazão inerente** é a teórica, enquanto que, a **instalada** é a prática.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA

59

Curva característica de vazão instalada:

- Instalada a válvula de controle de processo, a sua característica de vazão inerente sofre profundas alterações. O grau de alteração depende do processo em função do tipo de instalação, tipo de fluido etc.
- Dependendo da queda de pressão através da válvula e a queda de pressão total do sistema, a característica de vazão pode alterar-se consideravelmente e, o que é mais interessante, é que **se a característica de vazão inerente for linear, esta tende a abertura rápida**, enquanto que as características inerentes igual porcentagem, tendem a linear.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA

60

Curva característica personalizada:

- Com advento dos instrumentos de controle digitais, estas curvas são facilmente formatadas por posicionadores digitais ou pela configuração na malha de controle através de um bloco de coordenadas X/Y.
- Um bom exemplo de utilização desta curva é a de posicionamento de um ventilador em uma malha de combustão de caldeira ou forno.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

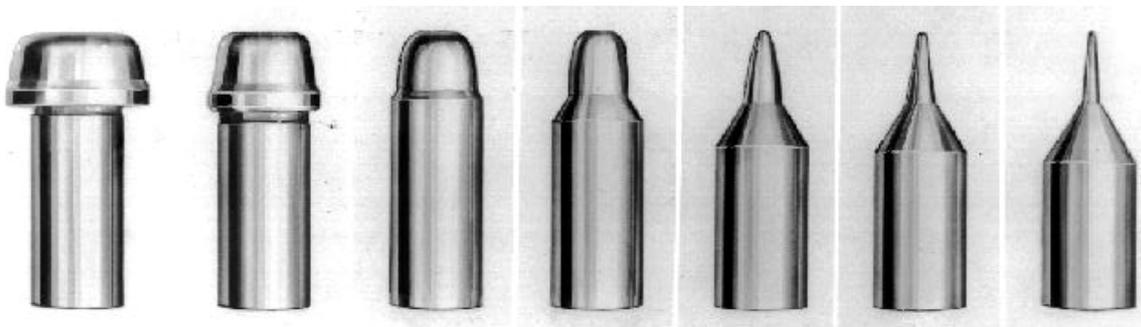
61

- Cada tipo de atuador da válvula tem a sua característica de vazão, a qual descreve a relação entre o C_v da válvula e a sua abertura.
- A vazão passando pela válvula não é só afetada pela característica da válvula mas também pela perda de carga através da válvula.
- A forma física da sede + obturador da válvula, algumas vezes referido como o deslocamento da válvula, causa a diferença da abertura das válvulas.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

62

- As válvulas podem ser equipados com obturador de formas diferentes, cada qual tem seu próprio fluxo inerente/característica de abertura :



CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

63

• 3 TIPOS DE CARACTERÍSTICAS

A seleção das características é específica para cada processo:

- **Válvulas com características de fluxo linear** \Rightarrow Processo Linear e ΔP cte.
- **Válvulas de igual porcentagem** $\Rightarrow \Delta P$ varia com o fluxo e processos nos quais o ganho diminui quando o fluxo através da válvula aumenta.
- **Válvulas de abertura rápida** \Rightarrow produz uma grande variação na taxa de vazão, para uma pequena variação na posição da haste. Este tipo de válvula é frequentemente utilizado em controles on-off (liga-desliga).

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

64

- O conjunto sede + obturador determina a curva característica da válvula.



CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

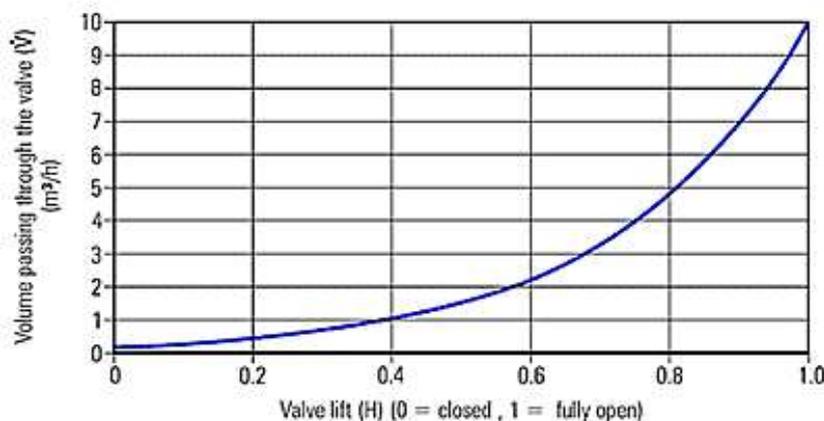
65

- É relação entre a fração do curso da válvula e a correspondente vazão.
- Sabe-se também que, a vazão que escoar através de uma válvula varia com a pressão diferencial através dela e, portanto, tal variação da pressão diferencial deve afetar a característica de vazão. Assim sendo, definem-se dois tipos de características de vazão: **Inerente e Instalada**.

I – IGUAL PORCENTAGEM

66

- Acréscimos iguais no curso da haste produzem porcentagens iguais ao acréscimo em relação à vazão do momento. Dá um bom controle para aberturas de até 50%, e oferece um grande aumento de vazão para aberturas maiores do que 50%.



Vazão e posição da válvula para uma válvula de característica de igual percentual com ΔP constante

I – IGUAL PORCENTAGEM

67

- A fórmula matemática para a característica igual porcentagem é:

$$Q = Q_{\max} \cdot e^{nx} \rightarrow \frac{dQ}{dx} = nQ \text{ ou } \frac{dCv}{dx} = (\ln R)Cv$$

onde:

Q = vazão da válvula

x = abertura da válvula ou curso

Q_o = vazão mínima controlável

R = rangeabilidade: Q_{max}/Q_{min}

normalmente = 50, para uma válvula de controle tipo globo

n = constante:

$$n = \frac{\log R}{x_{\max}}$$

II – LINEAR

68

- A característica linear é aquela que produz iguais mudanças de vazão para iguais mudanças de abertura, a perda de pressão constante.
- A característica linear é usualmente especificada em sistemas onde a maior parte da perda de carga ocorre exatamente na válvula de controle.
- A fórmula matemática para a característica linear é:

$$Q = K \cdot x \rightarrow \frac{dQ}{dx} = K$$

onde:

Q = vazão da válvula

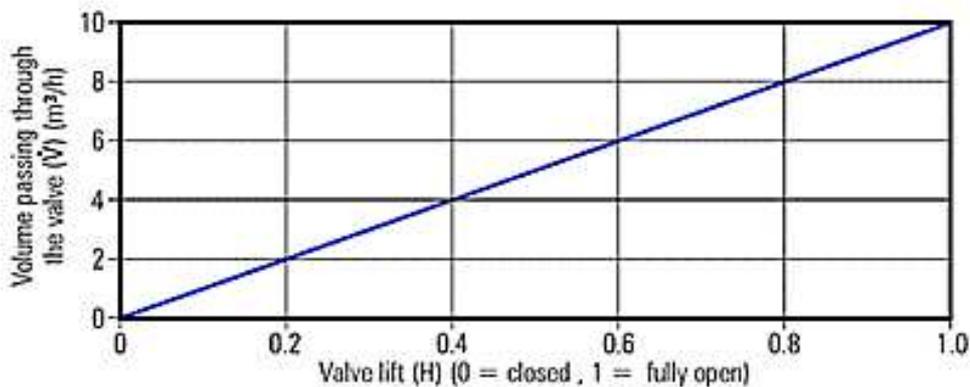
x = abertura da válvula

K = constante

II – LINEAR

69

- É a característica pela qual iguais incrementos de curso
- determinam iguais variações de vazão.
- Na prática é muito provável que seu comportamento linear não seja mantido.

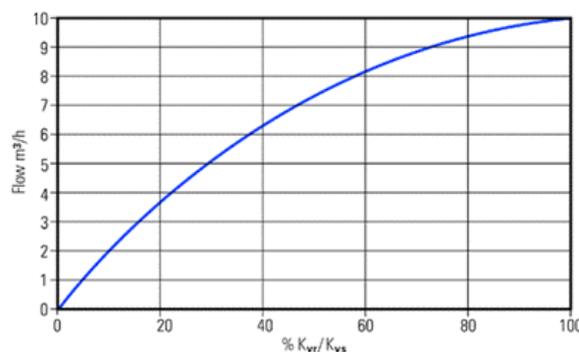


Curva da Vazão / posição de uma válvula linear com ΔP constante

III – ABERTURA RÁPIDA

70

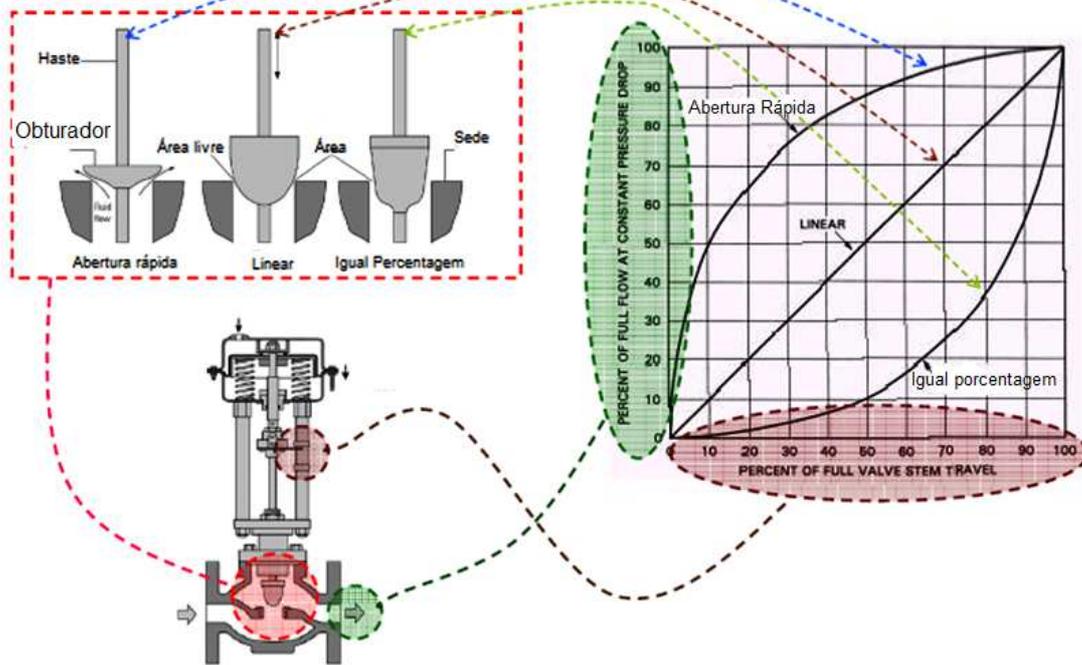
- Produz uma máxima variação da vazão através da válvula com o mínimo variação do curso.
- Possibilita a passagem de quase que a totalidade da vazão nominal com apenas uma abertura de 25% do curso total e possui um ganho muito baixo em abertura acima de 80%.
- É utilizada aonde se requer que a válvula abra e feche rapidamente em situação pré-determinada, é instalada na linha principal que alimenta um sistema de combate a incêndio, o comando de abertura ou fechamento é manual.



$$Q = K\sqrt{x}$$

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

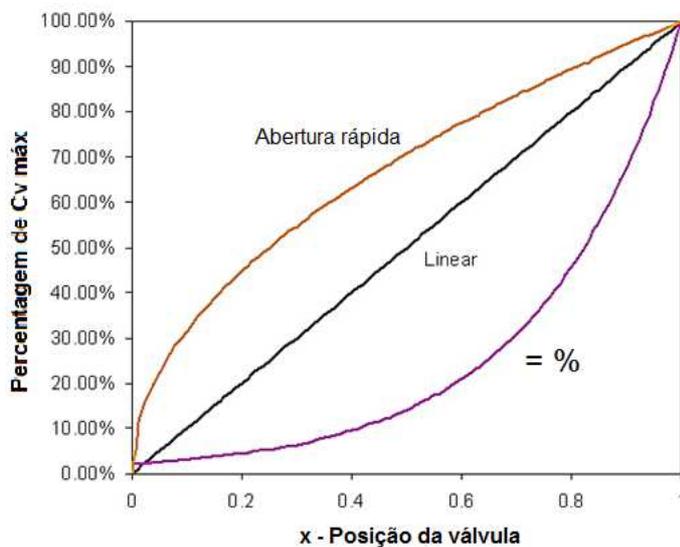
71



Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

Curvas características inerente da válvula



Abertura rápida

$$Q = k_1 \sqrt{x}$$

Linear:

$$Q = k_1 x$$

Igual %

$$Q = k_1 R^{x-1}$$

Recommended Flow Characteristics		
Control System	Application	Recommended Flow Characteristic
Liquid Level	Constant ΔP .	Linear
Liquid Level	Decreasing ΔP with increasing flow; $\Delta P_{\min} > 20\% \Delta P_{\max}$.	Linear
Liquid Level	Decreasing ΔP with increasing flow; $\Delta P_{\min} < 20\% \Delta P_{\max}$.	Equal Percentage
Liquid Level	Increasing ΔP with increasing flow; $\Delta P_{\max} < 200\% \Delta P_{\min}$.	Linear
Liquid Level	Increasing ΔP with increasing flow; $\Delta P_{\max} > 200\% \Delta P_{\min}$.	Quick Opening
Flow	Measurement signal proportional to flow; valve in series with measurement device; wide range of flow required.	Linear
Flow	Measurement signal proportional to flow; valve in series with measurement device; small range of flow required with large ΔP change for increasing flow.	Equal Percentage
Flow	Measurement signal proportional to flow; valve in parallel (bypass) with measurement device; wide range of flow required.	Linear
Flow	Measurement signal proportional to flow; valve in parallel (bypass) with measurement device; small range of flow required with large ΔP change for increasing flow.	Equal Percentage
Flow	Measurement signal proportional to flow squared; valve in series with measurement device; wide range of flow required.	Linear
Flow	Measurement signal proportional to flow squared; valve in series with measurement device; small range of flow required with large ΔP change for increasing flow.	Equal Percentage
Flow	Measurement signal proportional to flow squared; valve in parallel (bypass) with measurement device; wide range of flow required.	Equal Percentage
Flow	Measurement signal proportional to flow squared; valve in parallel (bypass) with measurement device; small range of flow required with large ΔP change for increasing flow.	Equal Percentage
Pressure	All.	Equal Percentage

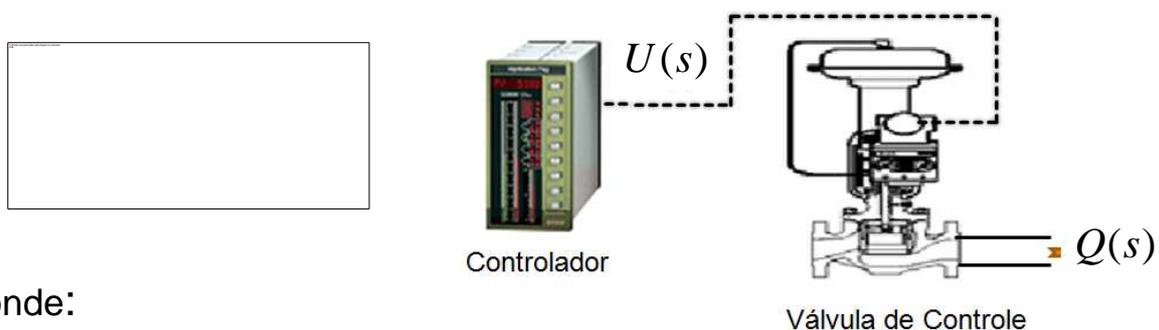
Source: Control Valve Handbook, Fisher Controls Company, pp. 61-62.

73

Função de Transferencia da Dinâmica da Válvula

74

- Assume-se uma Dinâmica de Primeira Ordem:



onde:

- s : variável de Laplace
- K_v : Ganho da válvula [vazão/sinal de controle]
- τ_v : Constante de tempo da válvula [tempo]
- Boa válvula: $\tau_v \ll \tau_p$ (Constante tempo do processo)
- $Q(s)$: vazão saída da válvula [m^3/s , ft^3/h , ...]
- $U(s)$: sinal saída do controlador [mA , PSI , ...]

DINÂMICA DA VÁLVULA

75

Ganho Instalado da Válvula – K_v

- Define-se ganho de uma válvula pela relação entre a variação do valor relativo da vazão q , e a correspondente variação relativa da posição da haste do comando x :

$$K_v = \frac{\partial q}{\partial x}$$

- O ganho é definido em relação às características operacionais (curva característica instalada). Por esta razão também se lhe dá o nome de ganho instalado.

DINÂMICA DA VÁLVULA

76

- Em sistemas de controle que utilizem controladores convencionais PID é importante que o ganho instalado da válvula se mantenha relativamente uniforme na região de funcionamento.
- Variações de ganho elevadas tornam o desempenho do controle irregular.
 - K_v : pequeno → exige um curso grande para a haste de comando da válvula
 - K_v : elevado → torna o controle ruidoso, com a vazão demasiado sensível a pequenas variações da abertura da válvula.

SELEÇÃO DO TIPO DE VÁLVULA

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

- Esta seleção destina-se a escolher o tipo de corpo e de atuador. A **escolha do tipo de corpo** poderá ser uma tarefa delicada, com grande multiplicidade de opções. Faz-se atendendo aos seguintes parâmetros:
 - **Finalidade da válvula** (manual de isolamento, controle on/off, controle automático, tipo PID).
 - **Tipo de fluido** (água, petróleo, pasta de papel, lamas, lamas com areias ou pedras, vapor saturado ou sobreaquecido, fluidos multifase).
 - **Temperatura** do fluido (temperaturas muito baixas ou muito altas).
 - **Pressão** do fluido (nominal, de pico).
 - **Agressividade química** do fluido (ácidos, bases, outros agentes corrosivos).

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

79

- **Agressividade mecânica** do fluido (presença de pó de caulinos e outros agentes abrasivos e incrustantes).
- Agressividade do **meio ambiente** (agentes químicos corrosivos no ambiente circundante à válvula, temperatura).
- **Normas e regulamentos** locais, incluindo a prática corrente nas instalações fabris.
- Existência de **peças de reserva** em armazém (para o caso de se pretender um número limitado de válvulas em que não faz sentido a organização de novo “stock” de peças).
- **Experiência prévia** com determinados tipos de válvulas.

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

80

Não existe um método sistemático que permita a escolha do tipo de corpo, tanto mais que muitos dos fabricantes recomendam certos tipos de corpos para múltiplas aplicações. Dão-se no entanto algumas **indicações** que poderão ser úteis.

<http://hmonghot.com/aGI6NUcyU1RvXzQz>

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

81

FINALIDADE	TIPO DO CORPO	RAZÃO
VÁLVULA DE ISOLAMENTO	VÁLVULA DE MACHO ESFÉRICA	É o único desenho que garante o isolamento do fluido com segurança. Se a válvula de controle for também utilizada para isolamento de tubulação, com a possibilidade de ter que se retirar o tubo a jusante da válvula, não pode de forma alguma usar-se uma válvula linear ou rotativa de segmento esférico, ou de borboleta, mesmo com prejuízo das características. Este tipo de válvula pode ser usado com gases ou líquidos, mesmo que estes tenham quantidades apreciáveis de matérias sólidas. Tem o grande inconveniente de ser cara, em particular quando o obturador é feito de titânio ou outro metal de preço elevado.

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

82

FINALIDADE	TIPO DO CORPO	RAZÃO
VÁLVULA PARA ÁGUA	ACIMA DE DN100 USAR VÁLVULA BORBOLETA	É uma válvula barata e de concepção simples. O seu baixo custo, comparado com o de válvulas de outro tipo, torna-se notório para diâmetros elevados. Normalmente estas válvulas não têm que trabalhar nem a pressões nem a temperaturas elevadas, também não sendo crítica a precisão do controle. Este tipo de válvula não deve ser usado com gases nem com líquidos que tenham matérias sólidas misturadas.

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

83

FINALIDADE	TIPO DO CORPO	RAZÃO
VÁLVULA PARA ALTA PRESSÃO	VÁLVULA LINEAR DE GLOBO, DE SEDE DUPLA	É um desenho que está muito testado em caldeiras de produção de vapor, quer para a válvula de admissão de água como para a regulação do vapor produzido.
VÁLVULA DE PASTA DE PAPEL	VÁLVULA ROTATIVA DE SEGMENTO ESFÉRICO EM V	É um desenho indicado quando se pretende uma grande precisão no controle, com ganho instalado quase constante.
VÁLVULA PARA LÍQUIDOS COM LAMAS OU AREIA	VÁLVULA LINEAR, DE GUILHOTINA OU DE CORREDIÇA	É um desenho que permite que as lamas e areias passem pela região inferior da válvula sem afetar a haste de comando.
VÁLVULA CRIOGÊNICA	VÁLVULA COM HASTE LONGA	Este desenho coloca a válvula afastada do atuador, não permitindo que as temperaturas baixas atinjam o atuador e afetem o seu desempenho.

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

84

Borboleta



Globo



Esfera



Gaveta



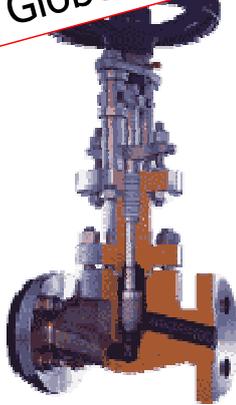
- Outros fluídos: água, nitrogênio, esgoto, produtos alimentícios (iogurte), produtos farmacêuticos de alta pureza, componente perigosos (isocianatos)
- Consultar:
 - http://www.tycoflowcontrol-pc.com/products_results.asp?Selection=Double+Flanged+Butterfly+Valve&m=1
 - <http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/29-tipos-de-valvulas-industriais/>

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

85

Globo



- O termo "globo" refere-se à forma exterior da válvula, e não a área de escoamento interno.
- Uma válvula globo típica tem uma haste que é ajustada de forma linear (para cima e para baixo) para mudar a posição do obturador.
- Serviço de regulação em linhas de água, óleo e líquidos em geral, bem como para vapor, ar e outros gases.
- Para bloqueio em linhas de vapor, para \varnothing de até 8"
- Para fechamento estanque em linhas de gases

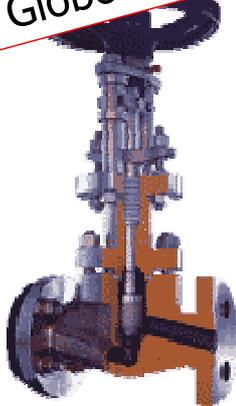
Para vapor e outros serviços com temperatura elevada, se houver necessidade de fechamento estanque, deve ser montada com o sentido de fluxo invertido

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

86

Globo



Vantagens

- Permite o controle parcial do fluxo
- Abertura e fechamento mais rápido que da válvula de gaveta
- As características construtivas da sede-obturador permitem estanqueidade total
- Manutenção favorecida pelo fácil acesso aos componentes internos, sem remover a válvula da linha
- Aplicável em ampla faixa de pressão/temperatura

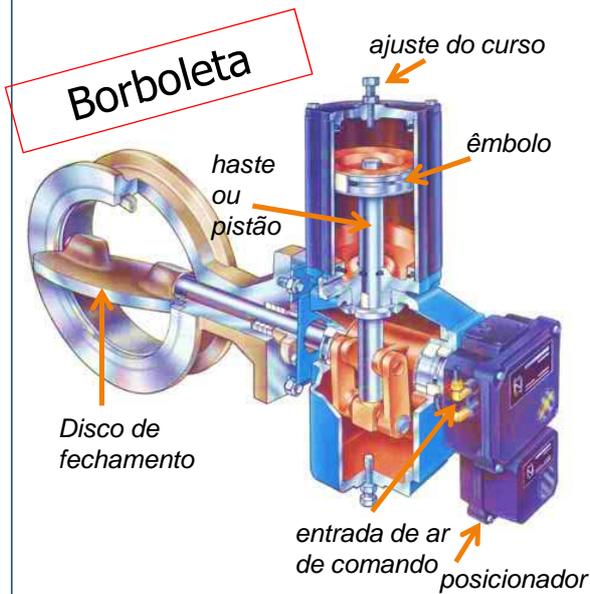
Desvantagens

- Não admite fluxo nos dois sentidos
- Perda de carga elevada

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

87

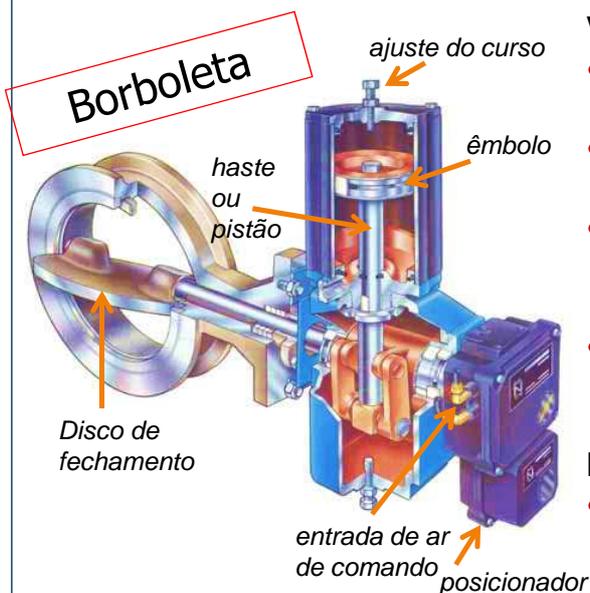


- É válvula mais econômica em termo de custo base a capacidade de fluxo,
- Seu orifício totalmente alinhado pode proporcionar boa vedação,
- material do corpo de baixo custo para o líquido corrosivo,
- Indicadas p/manipulação de alta pressão na entrada e de alta queda de pressão,
- Esta válvula proporciona uma queda de pressão pequena para fluxo de gases.

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

88



Vantagens

- No geral, elas custam menos do que outros tipos de válvulas.
- Longa vida operacional e são bastante confiáveis. São leves e compactas
- Design simples torna-as fáceis de fazer manutenção e também de manusear em caso de reparos e trocas de peças.
- As industriais são projetadas para suportar altas temperaturas, resistindo bem ao desgaste com o tempo de uso.

Desvantagens

- incapacidade de eliminar completa// todas as substâncias residuais, devido ao seu design.
- se não são de aço inox, esses suprimentos, não resistem as materiais altamente corrosivos ou abrasivos.



SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

89

Esfera

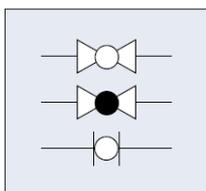


- A restrição para este corpo é caracterizada pela forma esférica do elemento de vedação, que movimentada para proporcionar uma área de fluxo ajustável.
- A esfera é rodada para influenciar a quantidade de fluxo.
- A válvula do exemplo mostra ao lado tem uma abertura através da esfera, e a esfera é rodada para ajustar a fração de abertura da área disponível para o fluxo.
- Normalmente utilizada para bloqueio em linhas de uso geral (Rápida).
- 1/2 custo de uma válvula globo

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

90

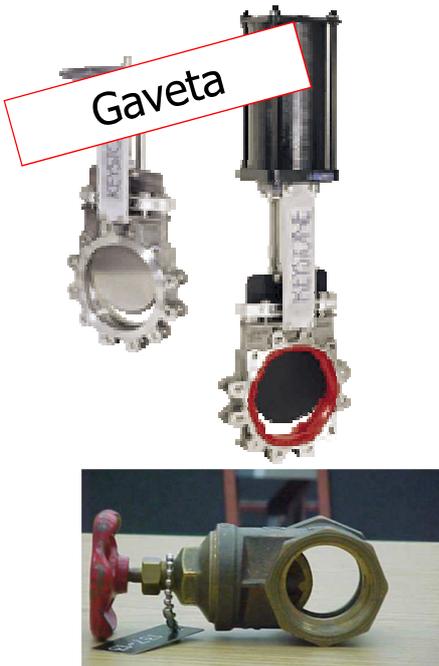
Esfera



- **Vantagens**
 - Abertura e fechamento rápidos
 - As características construtivas do conjunto-sede, bem como os materiais utilizados neste conjunto, garantem acionamento suave e estanqueidade total.
 - Baixa perda de carga, quando construída em passagem plena.
 - Aplicáveis em ampla faixa de pressões.
- **Desvantagens**
 - A necessidade de utilização de materiais resilientes nas sedes, limita a gama de temperatura de utilização deste tipo de válvula.
 - Não é indicada sua utilização em fluidos que possuam camadas sólidas em suspensão.
 - Não são recomendadas para controles de vazão parciais.

SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

91



- Estas válvulas têm uma barreira plana, a que é ajustada para influenciar a área de fluxo.
- Principal característica da válvula gaveta está na sua mínima obstrução a passagem de fluxo, quando totalmente aberta, proporcionando baixa turbulência, com um diferencial de pressão quase insignificante.
- Isto é possível, porque o seu sistema de vedação (obturador) atua perpendicularmente a linha de fluxo.
- Normalmente são empregadas em processos onde não se necessitam operações frequentes de abertura e fechamento, pois o seu manuseio é mais lento quando comparado ao de outros tipos de válvulas.

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF



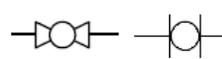
Valv. manual

→ Tipo não especificado



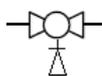
Valv. Angular

→ On/off, confiável, barata

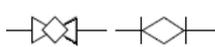


Valv. esfera

→ On/off, fácil limpeza, ver posição da válvula



válv. esférica purga

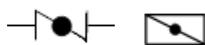


válv. macho (plug)

→ Similar a valv. esfera, mais \$\$, mas ++ robusta



Válv. macho Bleed



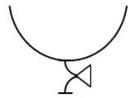
Válv. Borboleta

→ Alta capacidade, econômica, pode ter um bom controle de fluxo



Válv. Diafragma

→ Fluido abrasivo, sanitário, & ambientes corrosivos



Válv. inferior embutida → dreno tanque e/ou espaço morto



Válv. gaveta → Ambientes de $P \uparrow$ e $T \uparrow$



Valv. Globo → Bom controle de Q, difícil limpar



Valv. Agulha → Melhor controle Q, fluxo baixo



Valv. retenção → Permite Q só em 1 direção

BIBLIOGRAFIA

94

- BARALLOBRE, Roberto. Manual de Treinamento - Válvulas de Controle, 1979.
- FLUID CONTROLS INSTITUTE – Norma FCI 62.1 –ISA
- Gustavo da Silva, Instrumentação Industrial, 2ª edição – Vol I e Vol II, ESTSetúbal – 2004 (ª)
- <http://www.dhmautomacao.com.br>
- <http://todi.est.ips.pt/gsilva/instrumentacao2/conteudo-2.htm>
- <https://controls.engin.umich.edu/wiki/index.php/ValveTypesSelection>
- <http://www.flowcontrol.no/technical/valve-terminology/>