

# 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 na válvula é feita pelo homem.

## b) Auto-reguladora

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

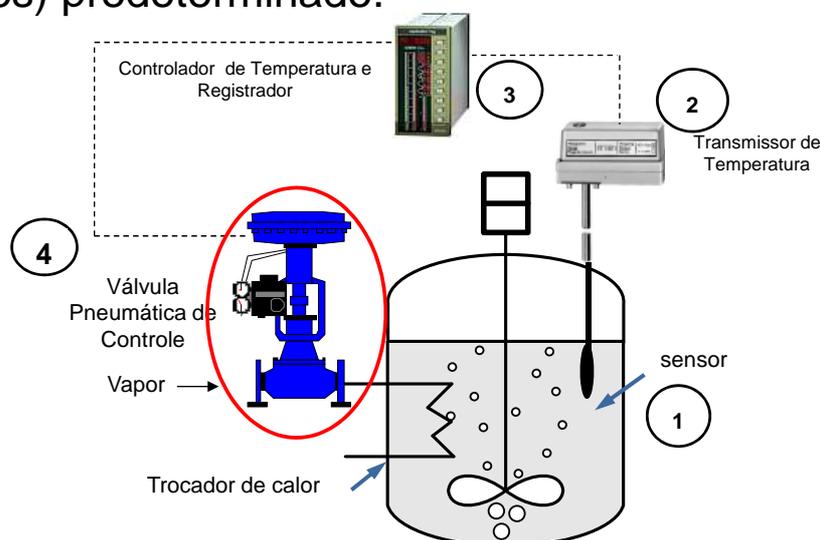
## c) Controle

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 em reservatórios

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

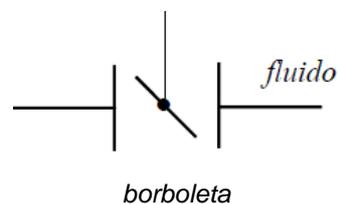
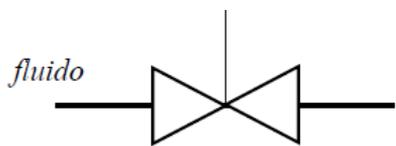
7

- 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 a única instrumentação que pode fornecer ou absorver uma queda de pressão controlável.

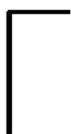
# REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA - ISA

8

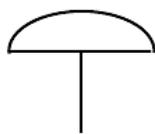
## • VÁLVULA:



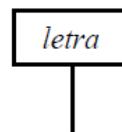
## • ATUADOR:



*A. manual*



*A. de diafragma*

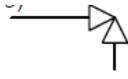
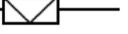


*A. motorizado*

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

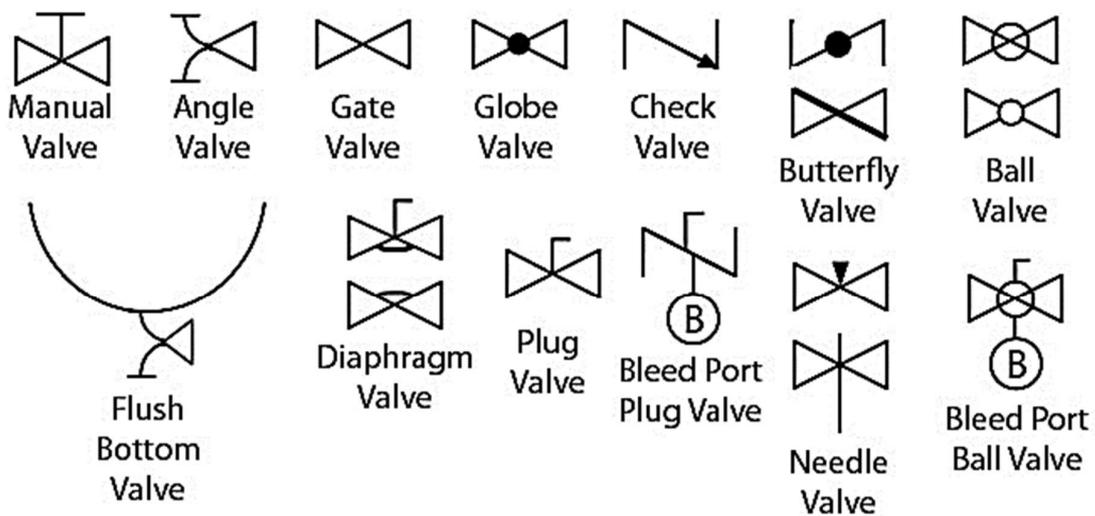
# REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA - ISA

9

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

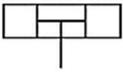
# REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA - ISA

10



## REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA - ISA

11

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

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

## DEFINIÇÃO

12

- Válvula de Controle é um instrumento 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 peças internas que permitem mudar a vazão do sistema de processo. O corpo da válvula é conectado a um atuador, a qual responde a um sinal transmitido por um elemento controlador.

## DEFINIÇÃO

13

- Basicamente trata-se de um **orifício de área variável, através do qual se escoam 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

14

- **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)
  - Recebe sinal do controlador;
  - Por meio de molas e contrapesos.

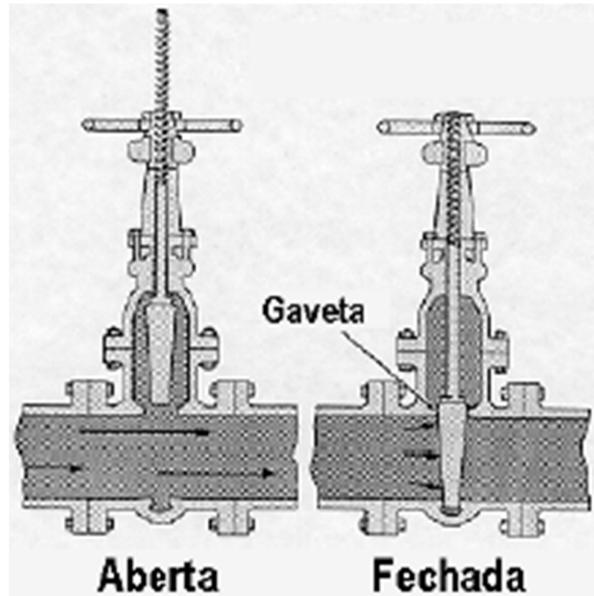
## VÁLVULAS - CATEGORIAS

15

- **BLOQUEIO** - Destinam-se a interromper o fluxo, ou seja, só devem trabalhar completamente abertas ou fechadas.  
– *Válvulas de gaveta;*



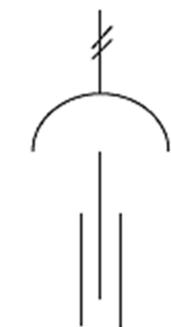
Simbologia



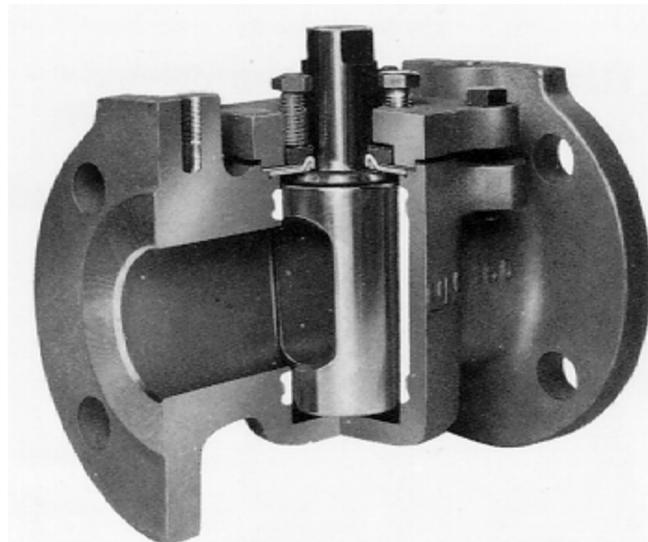
## VÁLVULAS - CATEGORIAS

16

- **BLOQUEIO** - Destinam-se a interromper o fluxo, ou seja, só devem trabalhar completamente abertas ou fechadas.  
– *Válvulas macho (Plug Furado).*



Simbologia

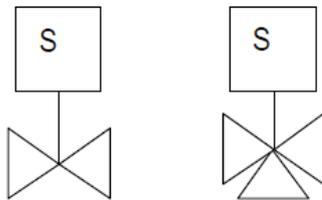


## VÁLVULAS - CATEGORIAS

17

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

– *Válvulas Solenóide;*



Simbologia



bobina (solenóide)

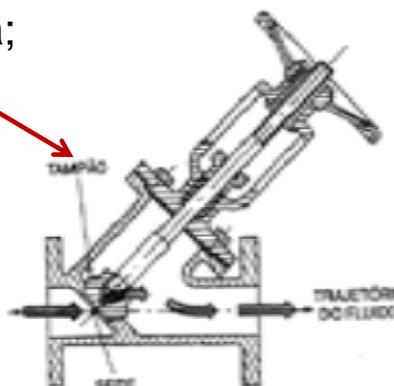
núcleo ferromagnético

corpo da válvula.

## VÁLVULAS - CATEGORIAS

18

- **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.



## Válvula Choke

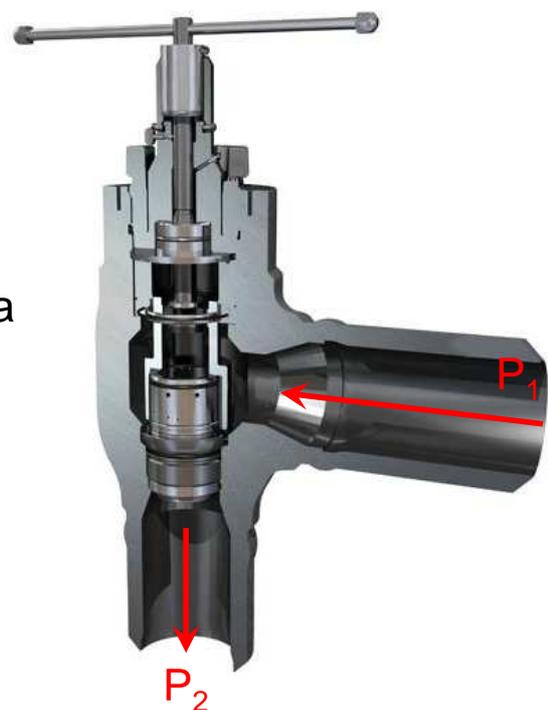
19

- A válvula choke consiste num estrangulamento que provoca uma restrição na linha de fluxo, a que provoca uma queda de pressão ou reduz a taxa de fluxo.
- Geralmente utiliza um orifício parcialmente bloqueado contra o trajeto do fluxo.

## Válvula Choke

20

- A válvula choke é muito utilizada para regular e limitar a vazão de produção em poços de petróleos.
- Cada poço possui sua válvula choke que se encontra instalada no topo do poço na unidade de produção.



# Válvula Choke

21

## Problemas operacionais:

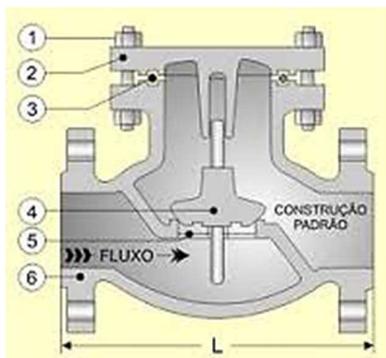
- Quanto maior for a diferença entre as pressões de entrada e de saída, maior é a possibilidade de danos para as partes internas do estrangulador.
- Quando a proporção  $\Delta P$  ( $= \Delta P / P_1$ ) se eleva acima 0,6, o dano é muito provável. Para evitar deve-se ver tipo de estrangulamento, materiais de construção, e métodos de implementação.

# VÁLVULAS - CATEGORIAS

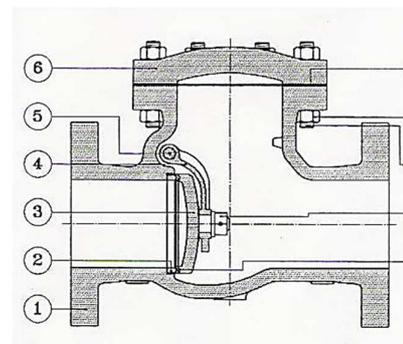
22

**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           |



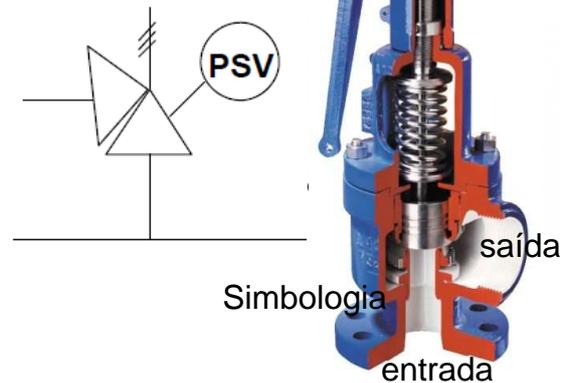
Simbologia :



## VÁLVULAS - CATEGORIAS

23

**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 - CATEGORIAS

24

**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.

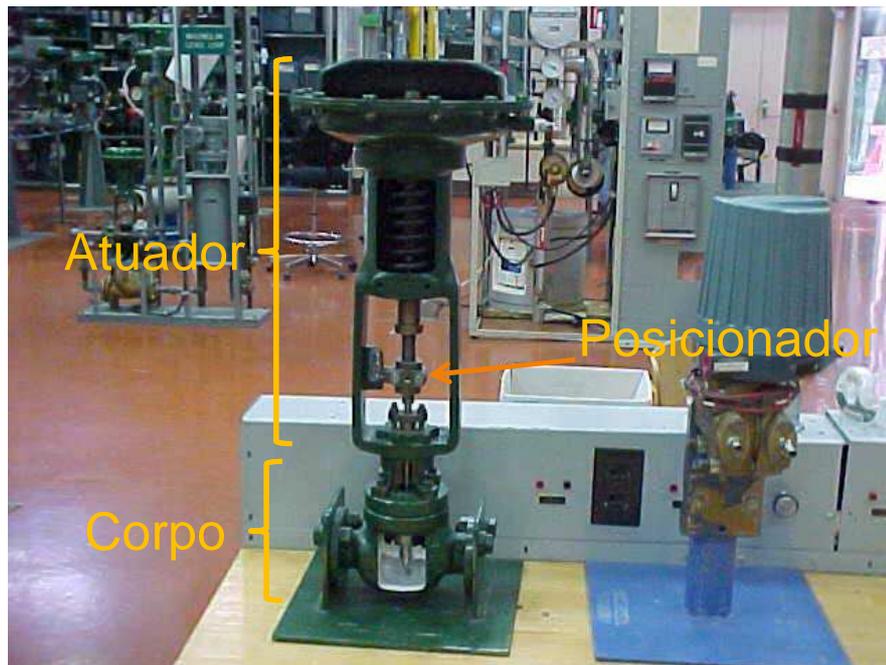
- **Válvulas de Alívio (PRV):**

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.



## PARTES PRINCIPAIS DE UMA VÁLVULA DE CONTROLE

25



## PARTES PRINCIPAIS DE UMA VÁLVULA DE CONTROLE

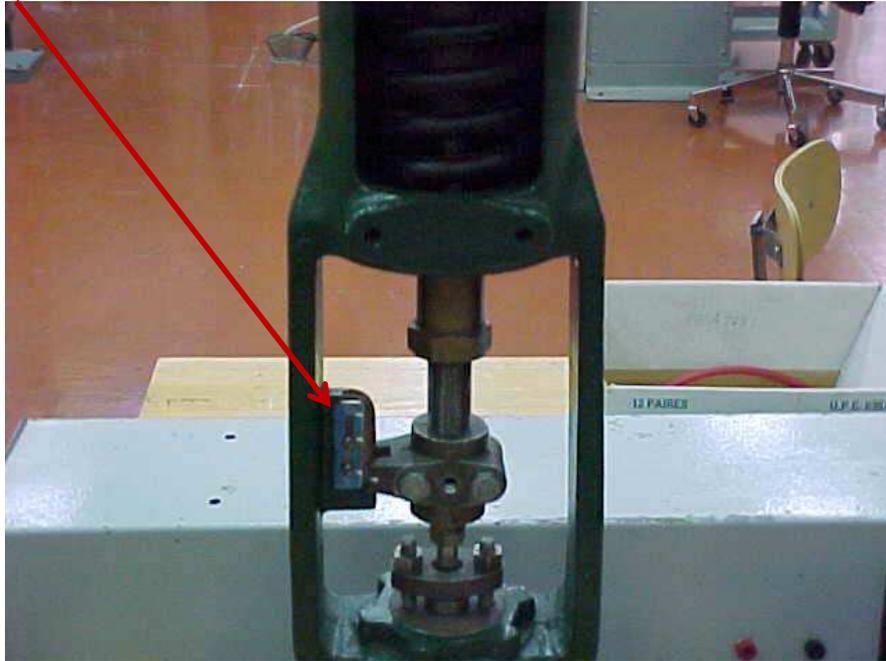
26

Diafragma da válvula



## PARTES PRINCIPAIS DE UMA VÁLVULA DE CONTROLE

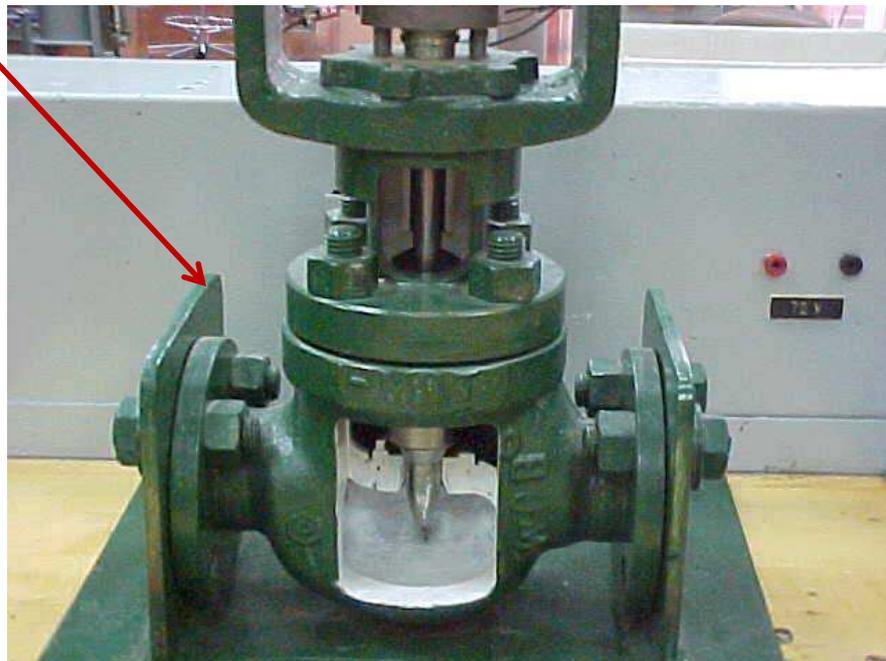
Indicador do Posicionador



27

## PARTES PRINCIPAIS DE UMA VÁLVULA DE CONTROLE

Corpo da válvula



28

# COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

29

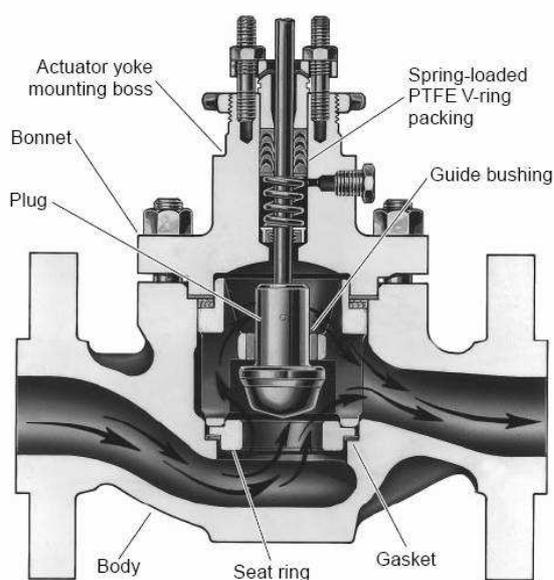
## 1 - CORPO DA VÁLVULA

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

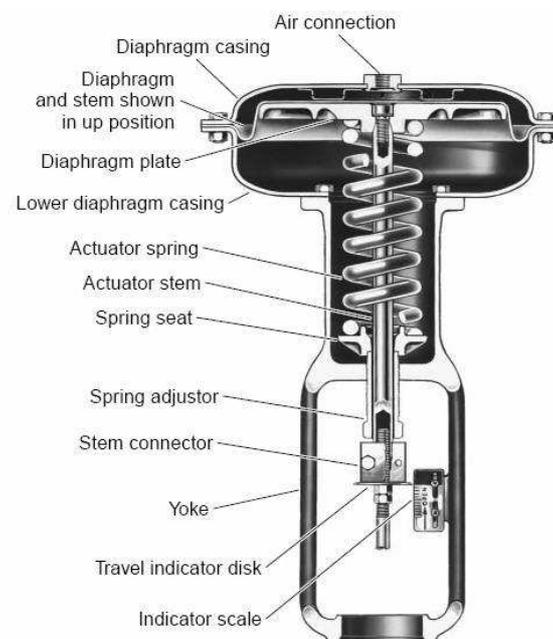
Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

# COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

30



Cross sectional view of a globe valve showing the basic structure



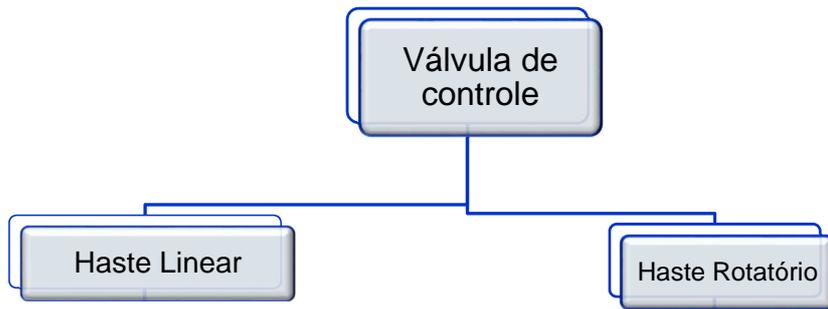
Typical arrangement of a spring and diaphragm type actuator

[www.enggcyclopedia.com](http://www.enggcyclopedia.com)

Profª Ninoska Bojorge - TEQ-UFF

## Classificação das válvulas

31

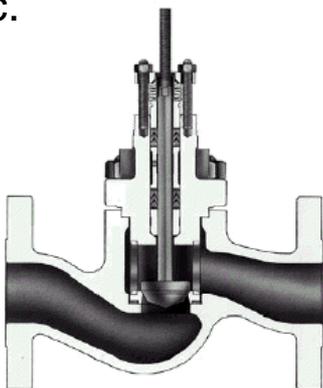


## Classificação das válvulas

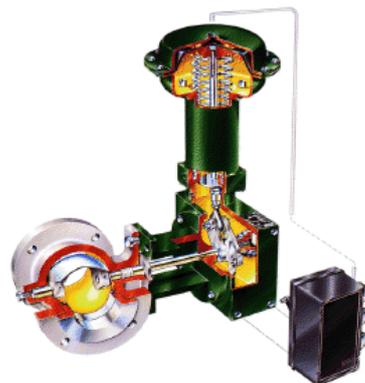
32

Válvula de controle:

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



Haste Deslizante



Haste de Rotação

## Deslocamento linear

33

### 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).

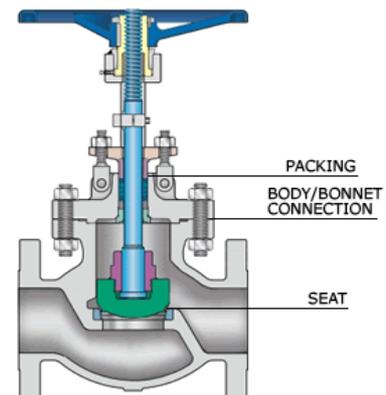
Sendo a tipo globo a mais utilizada em controle de processo.

## Deslocamento linear

34

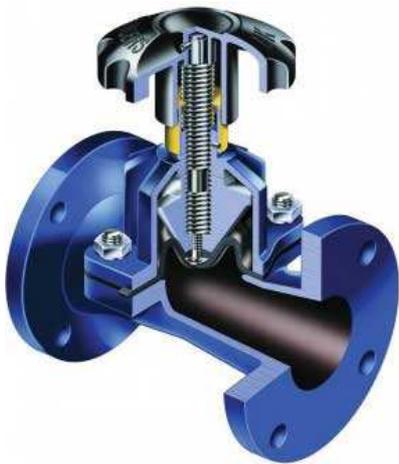
### VÁLVULA GLOBO

- 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.



## Deslocamento linear

35



Diafragma



Gaveta



Globo

## Deslocamento Rotativo

36



(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

40



*Válvula borboleta com atuador pneumático*



*Válvula borboleta com atuador manual*

# ALGUNS TIPOS DE VÁLVULAS

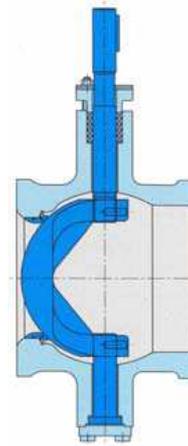
41



*V. macho esférica*



*Obturador de  
válvula  
macho esférico*



*Corte de válvula de  
segmento esférico*

# COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

42

## 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

43

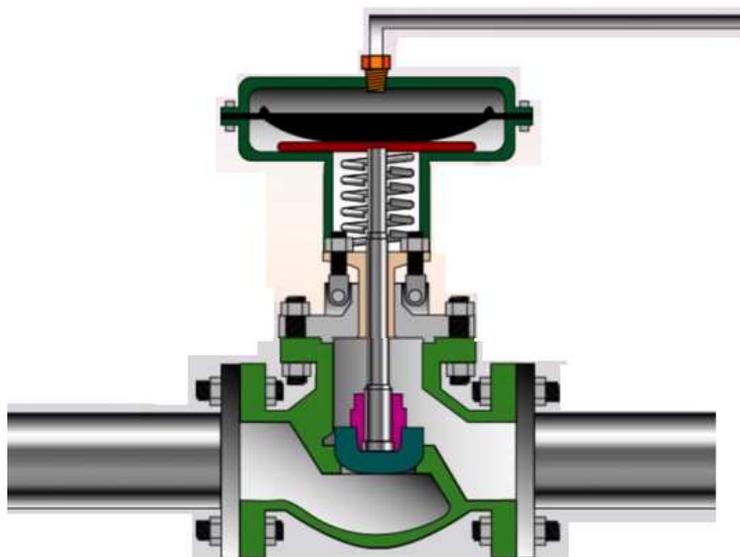
## 3 – ATUADOR

- 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

44

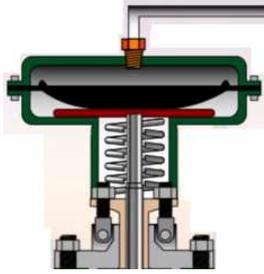
## 3 – ATUADOR



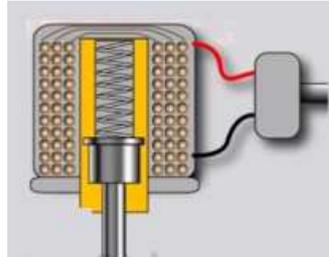
# COMPONENTES DA VÁLVULA DE CONTROLE

45

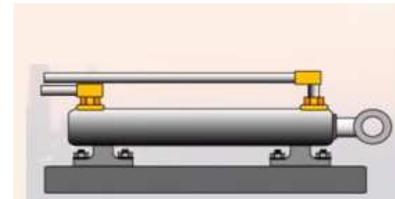
- Outra classificação útil do atuador é quanto à fonte de potência, que pode ser



1. PNEUMÁTICA



2. ELÉTRICA



3. HIDRÁULICA

## ATUADOR PNEUMÁTICO

46

- 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

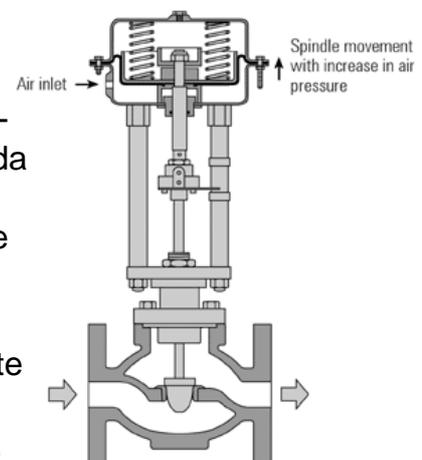
47

- 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-abre (fail open), que equivale a ar-para- fechar  
falha-fecha (fail close), que equivale a ar-para-abrir.

# Critério de seleção

48

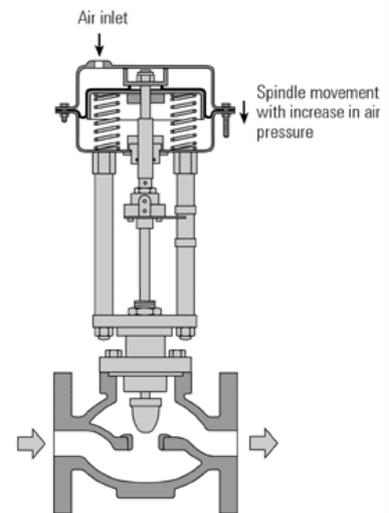
- A operação de uma válvula **ar-para-abrir** é a seguinte:
  - Quando não há nenhuma pressão chegando ao atuador, a válvula está desligada e na posição fechada.
  - Quando a pressão de controle (20 -100 kPa ou de 3-15 psi) começa a crescer, a válvula tende a abrir cada vez mais, assumindo as infinitas 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.



## Critério de seleção

49

- 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.



## Critério de seleção

50

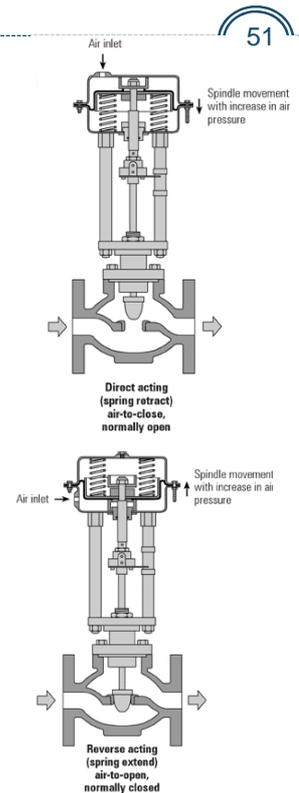
- A ação **vazão-para-fechar** é fornecida pela válvula globo;
- A ação **vazão-para-abrir** é fornecida pela válvula borboleta, globo e esfera convencional.
- As válvulas com plug rotatório e esfera flutuante são típicas para ficar na última posição.

## Critério de seleção

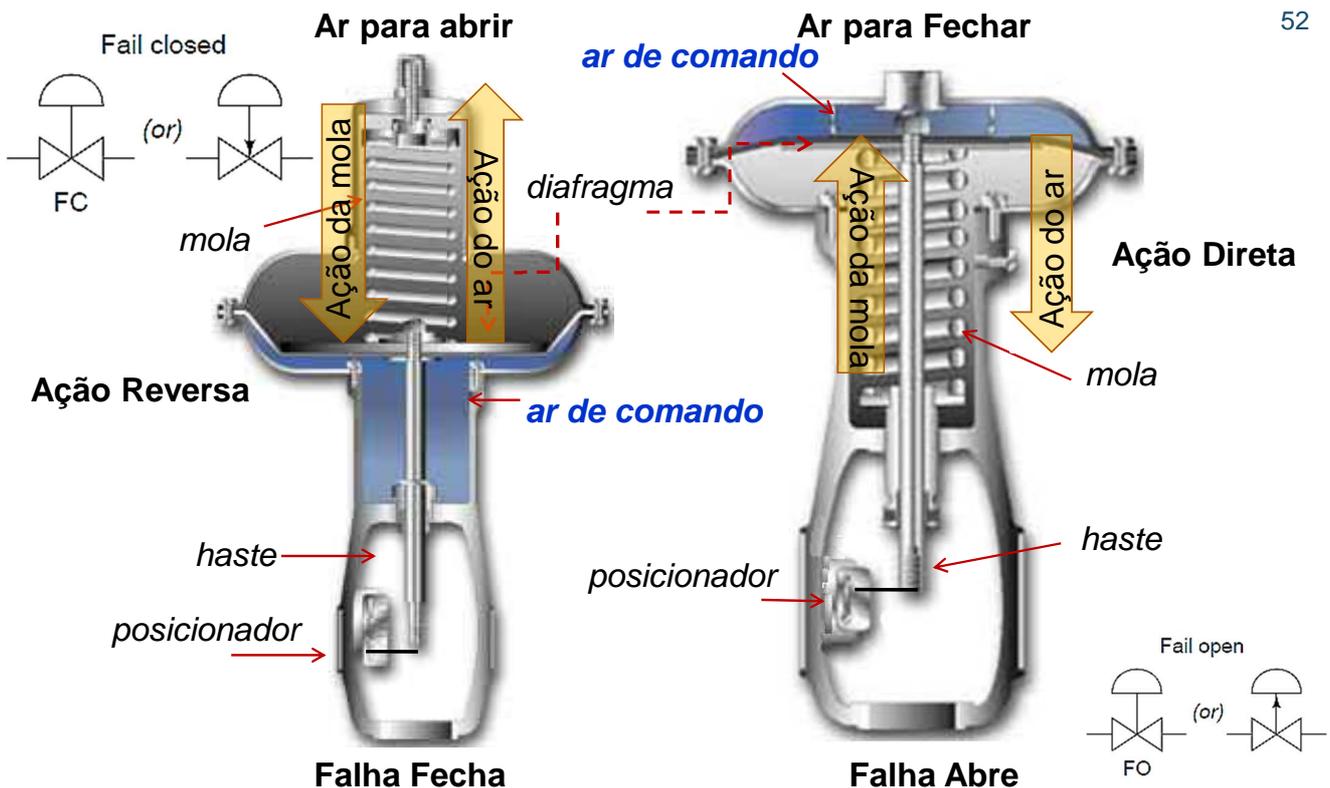
- Pode ter dois modos de ação:

**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

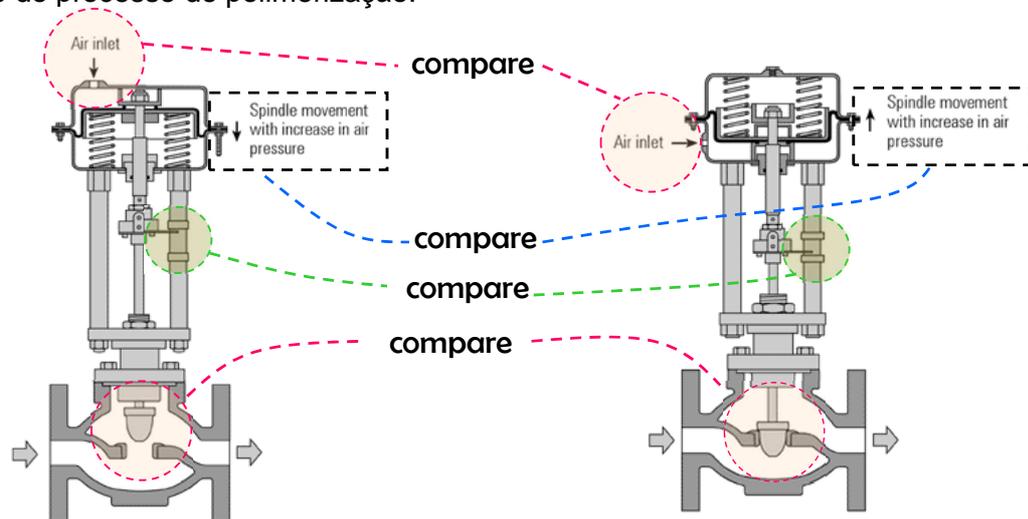


# Critério de seleção

## Ação da Valvula: ATO vs. ATC

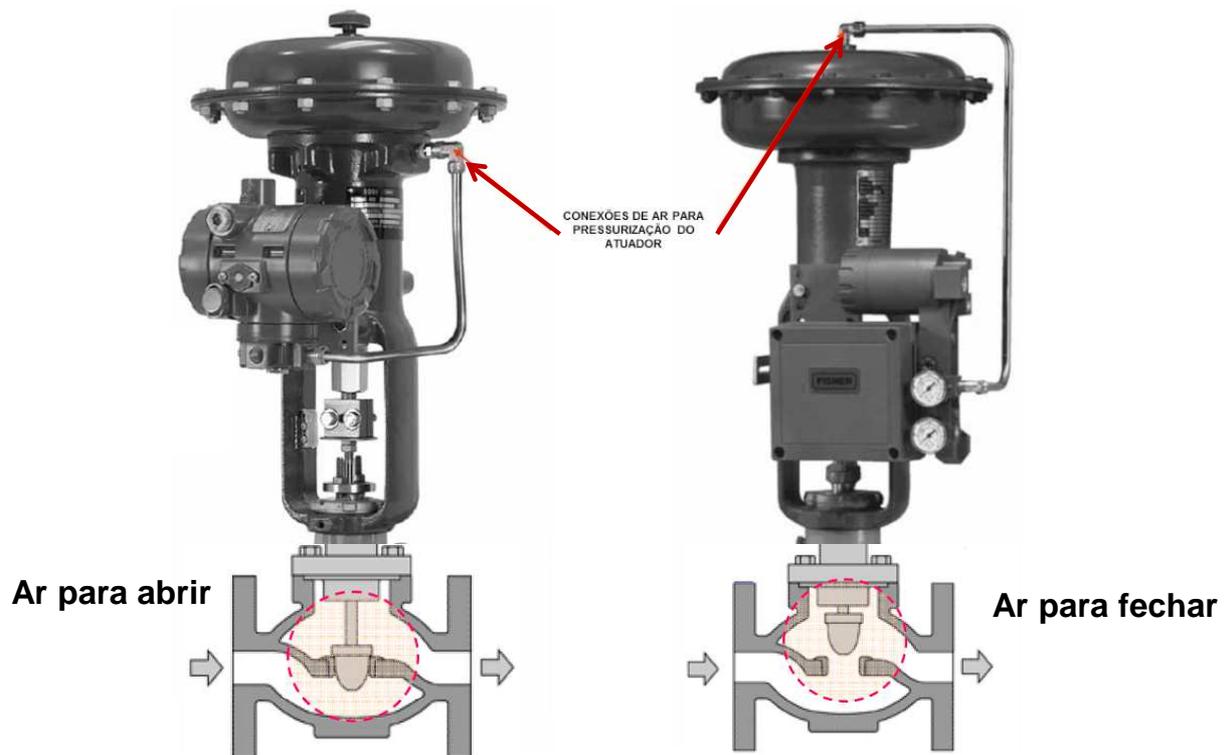
⊕ **Ar-para fechar (AF)** ou falha aberta (FA). Use para permitir o fluxo de fluido durante a perda de suprimento de ar pneumático. Esta ação pode salvar o superaquecimento dos processos de temperatura relacionados, tais como o aquecimento do catalisador ou aquecimento do processo de polimerização.

⊕ **Ar-para-abrir(AA)** ou falha fechado (FF). Use para evitar qualquer suprimento de ar pneumático quando há falha. Essa ação pode evitar prod químico perigoso ou líquido inflamável pôr em perigo as vidas.



## ATUADOR PNEUMÁTICO

54

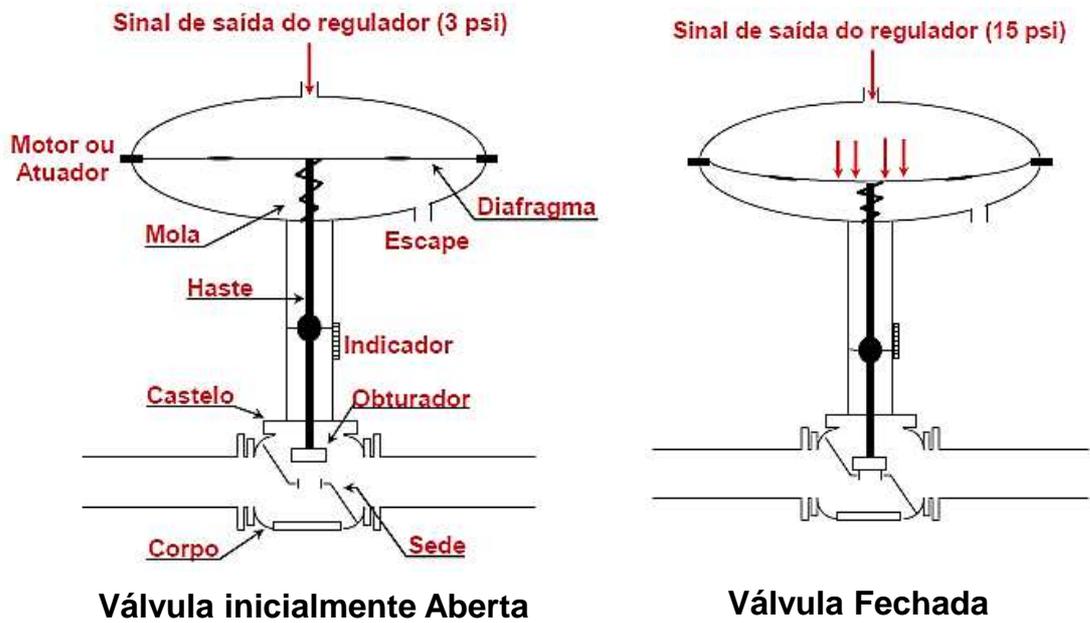


Válvulas de Controle (fonte: FISHER Control Valves Handbook)

# ATUADOR PNEUMÁTICO

55

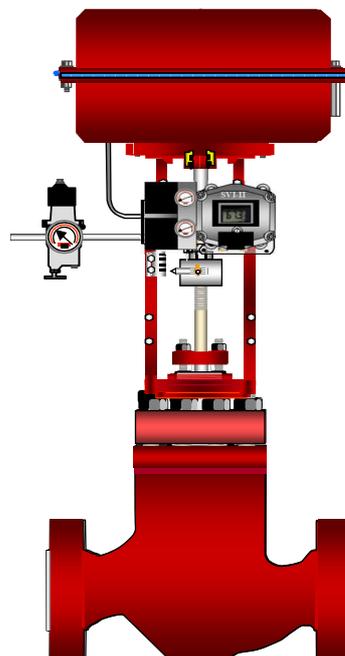
## Ar para fechar



# ATUADOR PNEUMÁTICO

56

## Ar para abrir



## OUTRAS CLASSIFICAÇÕES

57

### 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

58

- **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.

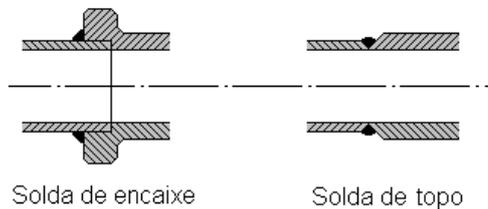


## VÁLVULAS - CONEXÕES

59

- **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

60

- **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

61

- 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

62

### CURVAS DE VAZÃO CARACTERÍSTICAS:

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

## CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

63

- 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

64

- 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

65

### 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

66

### 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

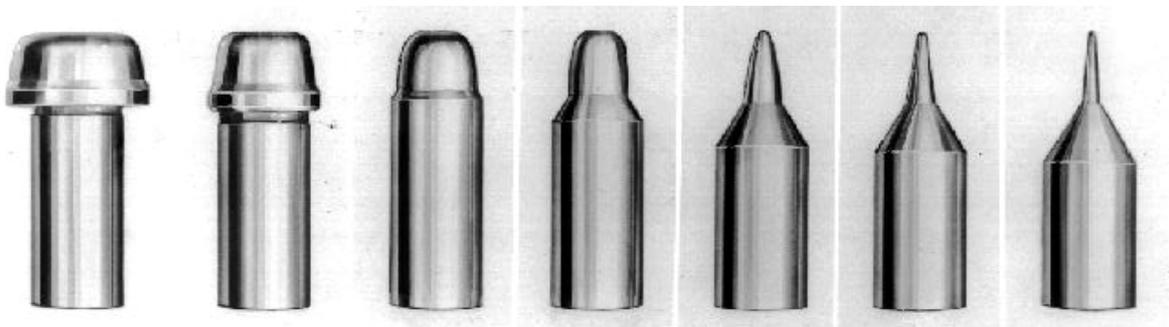
67

- 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

68

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



# CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

69

## • 3 TIPOS DE CARACTERÍSTICAS

A seleção das características é específica para cada processo:

- **Válvulas com características de fluxo linear**  $\Rightarrow$  Processo Linear e  $\Delta P$  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

70

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



# CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

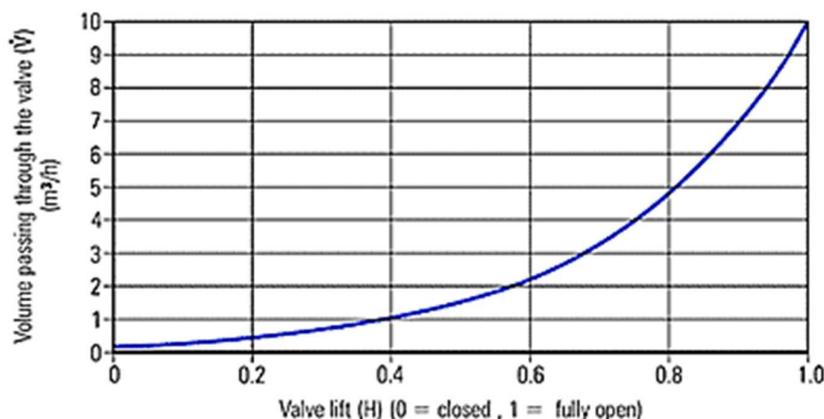
71

- 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

72

- 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  $\Delta P$  constante

## I – IGUAL PORCENTAGEM

73

- A fórmula matemática para a característica igual porcentagem é:

$$Q = Q_{\max} \cdot e^{nx}$$
$$Q = k_1 R^{x-1} \longrightarrow \frac{dQ}{dx} = nQ \quad \text{ou} \quad \frac{dCv}{dx} = (\ln R)Cv$$

onde: Q = vazão da válvula  
x = abertura ou curso da válvula  
Q<sub>0</sub> = vazão mínima controlável  
R = rangeabilidade: Q<sub>max</sub>/Q<sub>min</sub>  
normalmente = 50, para uma  
válvula de controle tipo globo  
n = constante:

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

## II – LINEAR

74

- 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:

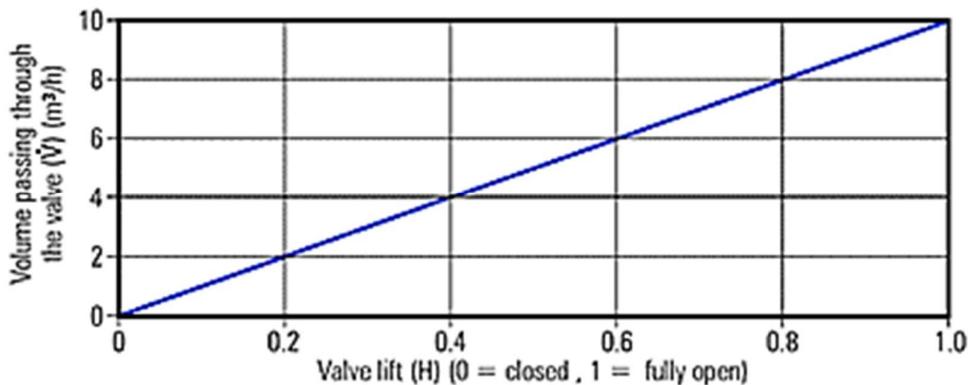
$$Q = K \cdot x \longrightarrow \frac{dQ}{dx} = K$$

onde:  
Q = vazão da válvula  
x = abertura da válvula  
K = constante

## II – LINEAR

75

- 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.

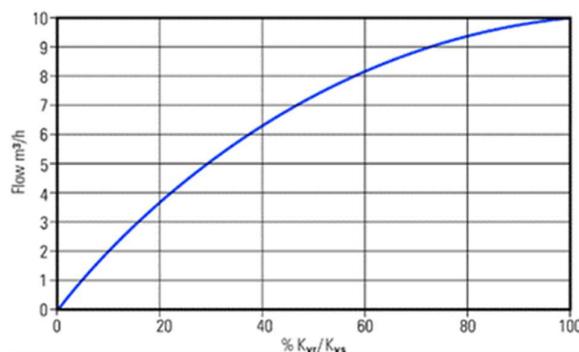


Curva da Vazão / posição de uma válvula linear com  $\Delta P$  constante

## III – ABERTURA RÁPIDA

76

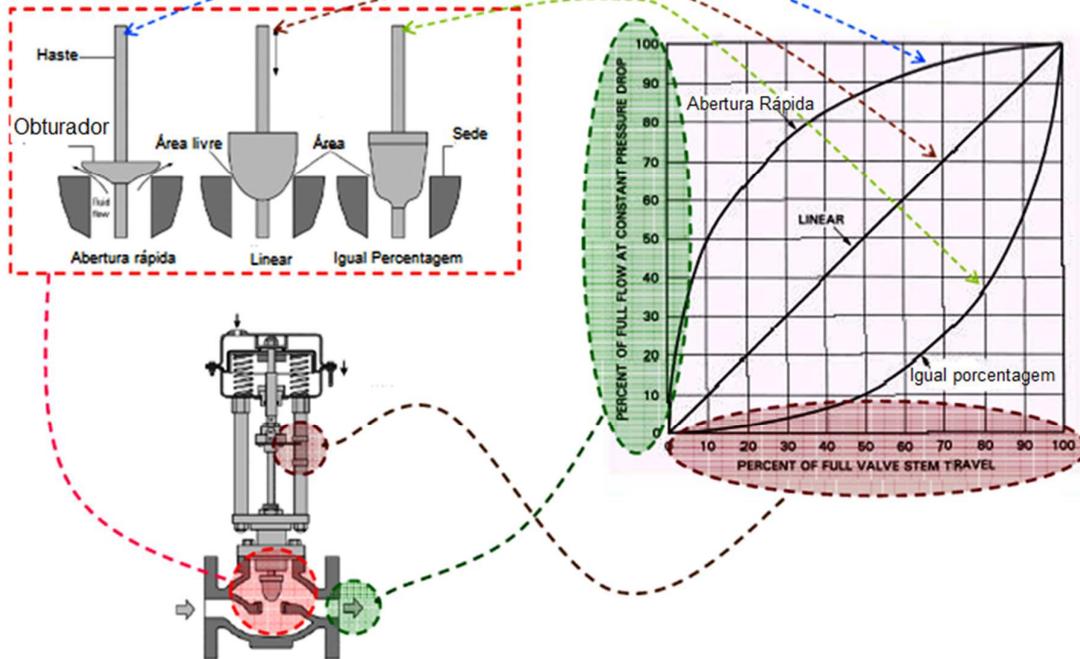
- Produz uma máxima variação da vazão através da válvula com o mínimo variação do curso.
- Possibilita a passagem de quase que a totalidade da vazão nominal com apenas uma abertura de 25% do curso total e possui um ganho muito baixo em abertura acima de 80%.
- É utilizada aonde se requer que a válvula 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

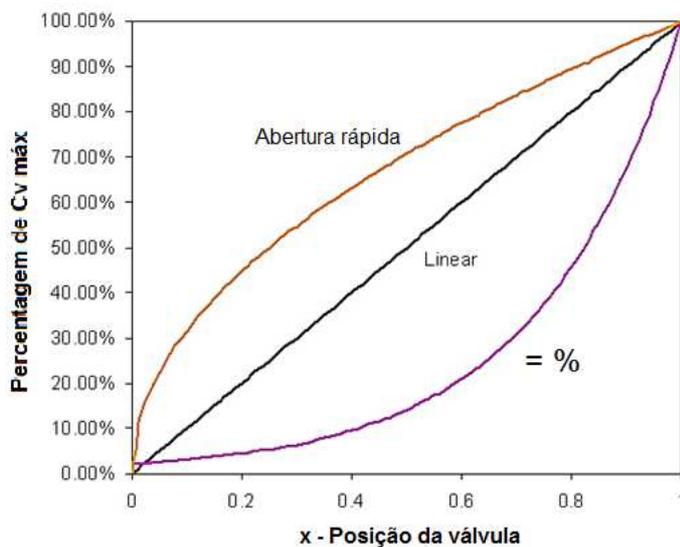
77



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 $\Delta P$ .   | Linear                          |
| Liquid Level                     | Decreasing $\Delta P$ with increasing flow; $\Delta P_{min} > 20\% \Delta P_{max}$ .  | Linear                          |
| Liquid Level                     | Decreasing $\Delta P$ with increasing flow; $\Delta P_{min} < 20\% \Delta P_{max}$ .  | Equal Percentage                |
| Liquid Level                     | Increasing $\Delta P$ with increasing flow; $\Delta P_{max} < 200\% \Delta P_{min}$ .   | Linear                          |
| Liquid Level                     | Increasing $\Delta P$ 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 $\Delta P$ 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 $\Delta P$ 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 $\Delta P$ 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 $\Delta P$ change for increasing flow. | Equal Percentage                |
| Pressure                         | All.  | Equal Percentage                |

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

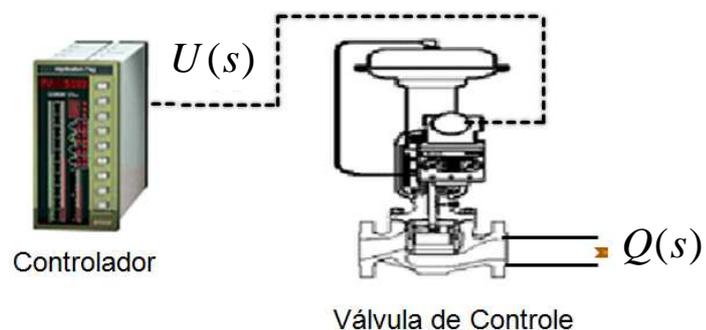
79

## Função de Transferencia da Dinâmica da Válvula

80

- Assume-se uma Dinâmica de Primeira Ordem:

$$\frac{Q(s)}{U(s)} = \frac{K_v}{\tau_v s + 1}$$



onde:

- $s$ : variável de Laplace
- $K_v$ : Ganho da válvula [vazão/sinal de controle]
- $\tau_v$ : 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

81

## 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

82

- 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

85

- **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

86

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

87

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.tycoflowcontrol-pc.com/products_results.asp?Selection=Double+Flanged+Butterfly+Valve&m=1)
  - <http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/29-tipos-de-valvulas-industriais/>

## SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

88

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

## SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

89

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

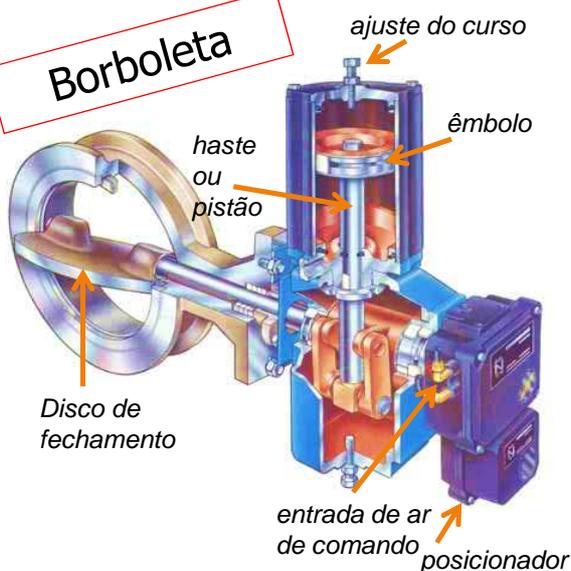
### Desvantagens

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

## SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

90

Borboleta

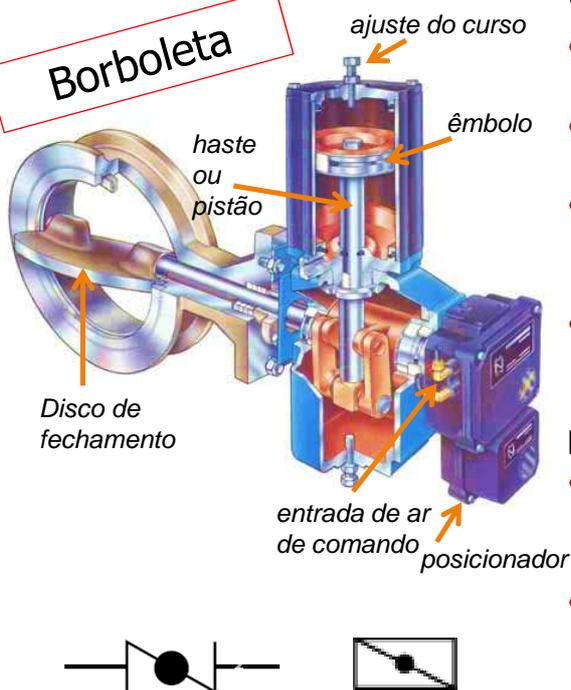


- É válvula mais econômica em termo de custo base a capacidade de fluxo,
- Seu orifício totalmente alinhado pode proporcionar boa vedação,
- material do corpo de baixo custo para o líquido corrosivo,
- Indicadas p/manipulação de alta pressão na entrada e de alta queda de pressão,
- Esta válvula proporciona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

## SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

91

### Borboleta



#### 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

92

### Esfera

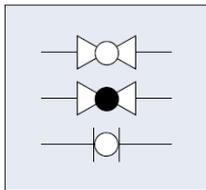


- A restrição para este corpo é caracterizada pela forma esférica do elemento de vedação, que movimentada para proporcionar uma área de fluxo ajustável.
- A esfera é rodada para influenciar a quantidade de fluxo.
- A válvula do exemplo mostra ao lado tem uma abertura através da esfera, e a esfera é rodada 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

93

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.

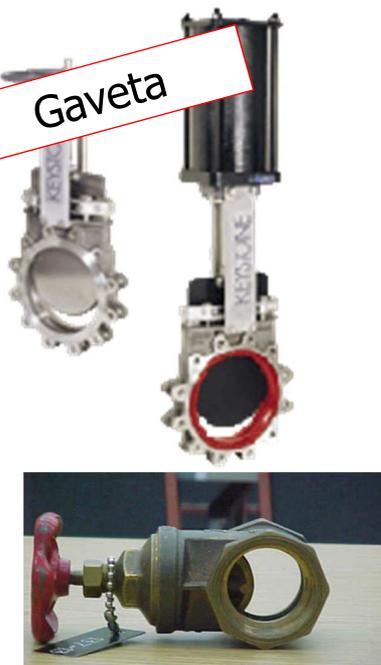
- **Desvantagens**

- 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.

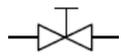
## SELEÇÃO DO TIPO DA VÁLVULA

94

Gaveta



- 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.



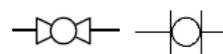
Valv. manual

→ Tipo não especificado



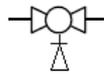
Valv. Angular

→ On/off, confiável, barata

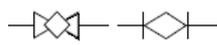


Valv. esfera

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



válv. esférica purga

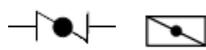


válv. macho (plug)

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



Válv. macho Bleed



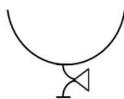
Válv. Borboleta

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



Válv. Diafragma

→ Fluido abrasivo, sanitário, & ambientes corrosivos



Válv. inferior embutida

→ drene 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

97

- 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://ltodi.est.ips.pt/gsilva/instrumentacao2/conteudo-2.htm>
- <https://controls.engin.umich.edu/wiki/index.php/ValveTypesSelection>
- <http://www.flowcontrol.no/technical/valve-terminology/>