

PTC3421 – Instrumentação Industrial

# Válvulas – Parte II

---

V2020A

PROF. R. P. MARQUES

# Válvulas & Vazão

---

A partir de simplificações da equação de Bernoulli, pode-se modelar uma válvula com a seguinte equação:

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta p}{\mu}}$$

onde

$Q$	é a vazão volumétrica;
$\Delta p$	é a diferença de pressão a montante e a jusante;
$\mu$	é o peso específico do fluido e
$C_v$	é o chamado <b>coeficiente de vazão</b> da válvula.

# Válvulas & Vazão

---

O tipo, geometria e abertura da válvula se refletem no coeficiente de vazão.

Além disso, a fórmula da lâmina anterior assume uma série de restrições. As principais são:

- O escoamento é turbulento;
- A tubulação é reta e de diâmetro uniforme imediatamente antes e depois da válvula.

# Válvulas & Vazão

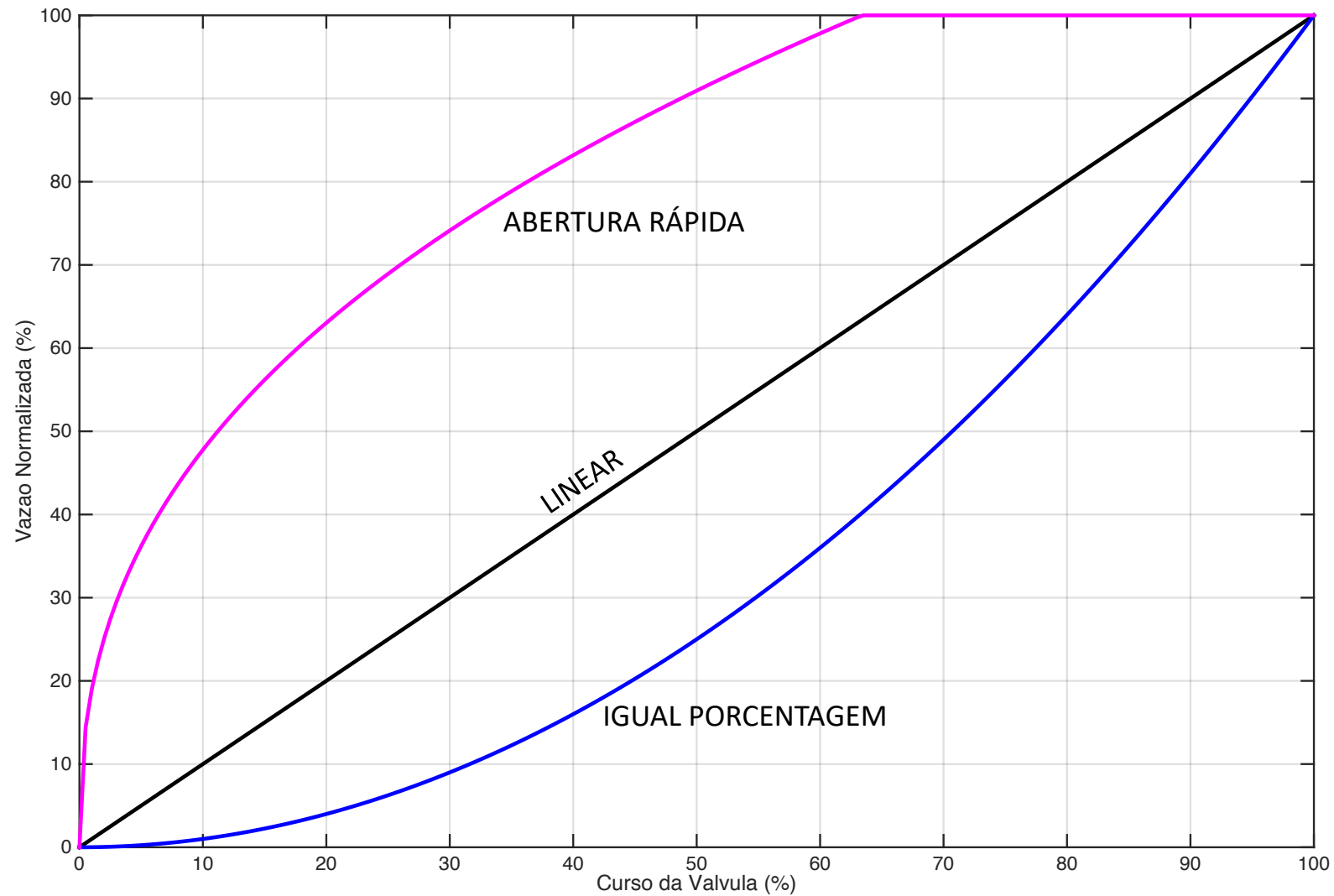
---

Se além disso assumirmos que

- A variação de pressão  $\Delta_p$  não é afetada pela abertura da válvula ou por alterações na vazão;
- Não ocorrem fenômenos complexos como cavitação, escoamento sônico, ondas de choque, etc. no corpo da válvula.

Podemos descrever a relação abertura da válvula contra vazão através de uma curva característica.

# Válvulas & Vazão



# Válvulas & Vazão

---

As curvas características dependem do tipo, tamanho e do projeto da válvula. As curvas típicas são:

**ABERTURA RÁPIDA**, que é utilizada usualmente em válvulas de bloqueio, pois garante liberação rápida do fluxo quando se abre a válvula e pouca interferência sobre o fluxo quando ela se encontra totalmente aberta.

**LINEAR**, que a princípio seria desejável para sistemas de controle, mas que é de implementação difícil.

**IGUAL PORCENTAGEM**, que é o tipo mais comum e mais conveniente em aplicações reais. Essa característica também está usualmente associada a robustez na construção e na atuação.

# Válvulas & Vazão

---

Ter uma característica linear é conveniente, porém não estritamente necessária, pois

- Uma das premissas para se ter uma curva característica determinada (no caso a linear) é que a abertura da válvula não afeta a pressão diferencial, o que frequentemente não se verifica em processos reais. Nesse caso, mesmo que uma válvula linear seja utilizada, a característica será não linear;
- Sendo utilizado um controlador do tipo PI ou PID, o integrador é usualmente capaz de compensar a variação de ganho causada pela curva da válvula (assim como variações de pressão), de modo que uma característica linear não é estritamente necessária. Controladores digitais modernos inclusive permitem que se inclua a curva da válvula no algoritmo.

# Válvulas & Vazão

---

Outro fator é que as válvulas, assim como outros equipamentos, são normalmente superdimensionados para os processos, por

- Segurança;
- Incertezas no dimensionamento do projeto;
- Folga para ampliações futuras;

De modo que numa instalação real, válvulas usualmente trabalham apenas numa fração de sua vazão nominal. Nesse caso válvulas de igual porcentagem têm excursão maior do que suas equivalentes lineares para uma mesma vazão (especialmente para vazões pequenas), o que resulta em melhores características operacionais e menor influência de zonas mortas, histerese, etc.

Exemplo: Para uma vazão normalizada máxima de 50% temos (do gráfico):

Linear:	excursão de 0% a 50%
Igual %:	excursão de 0% a 70%

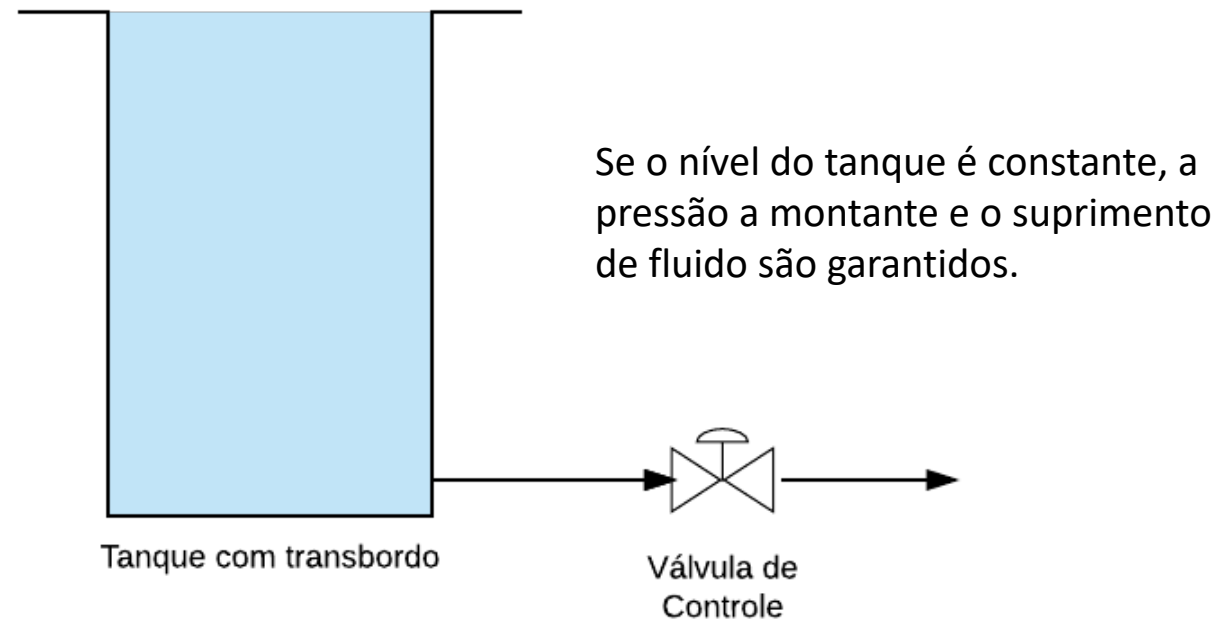


# Válvulas & Bombas

---

Os dois principais métodos em processos industriais para garantir condições operacionais que permitam às válvulas operar efetivamente sobre a vazão são

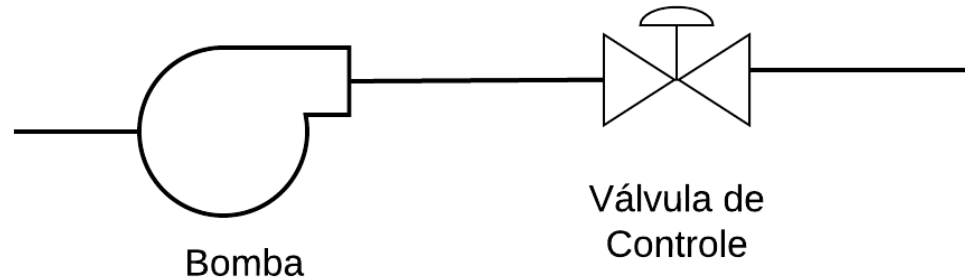
## 1. Tanques a montante



# Válvulas & Bombas

---

## 2. Bombas



Usualmente bombas recalcam o fluido (mais do que o necessário) e as válvulas modulam o escoamento.

Obviamente energia é desperdiçada nesse processo, especialmente se a bomba for superdimensionada para as condições de vazão.

# Bombas de Velocidade Variável

---

Uma alternativa ao uso de válvulas para controle de vazão é o uso de bombas de velocidade controlada.

A ideia é modular a velocidade de rotação de uma bomba para se controlar a vazão.

Usualmente isso é feito através de inversores de frequência e bombas acionadas por motores CA.

Apesar do uso desse tipo de esquema estar aumentando, o uso de válvulas de controle ainda é (e deverá continuar por algum tempo) predominante, por uma série de motivos.

# Bombas de Velocidade Variável

---

## DESVANTAGENS:

Maior custo dos equipamentos quando comparados com válvulas;

Maior custo e complexidade de manutenção;

Pior desempenho dinâmico.

A economia de energia deveria compensar essas desvantagens, porém o rendimento do conjunto (bomba + inversor) no atual estágio tecnológico ainda não é suficientemente elevado, especialmente em baixas rotações, fazendo o ganho efetivo ser relativamente pequeno.

# Dimensionamento de Válvulas

---

O dimensionamento de válvulas está fora do escopo deste curso, porém a norma

*ANSI/ISA-75.01.01 (IEC 60534-2-1)*  
*Flow Equations for Sizing Control Valves*

contém instruções detalhadas para o dimensionamento de válvulas.

Há pacotes de software que implementam a norma e auxiliam no dimensionamento.