

# Controladores hidráulicos



---

Sistemas neumáticos

x

Sistemas hidráulicos



# Sistemas hidráulicos

---

- Aplicações
  - Máquinas ferramentas
  - Controle de aviões
- Características
  - Positividade
  - Precisão
  - Flexibilidade
  - Alta relação peso-potência
  - Parada e reversão com suavidade e precisão
  - Simplicidade de operação

- Pressão de operação em sistemas hidráulicos = 1 a 35 Mpa, em aplicações especiais pode ir até 70 Mpa
- Com sistemas hidráulicos de alta pressão podem ser obtidos valores muito grandes de força
- Permitem posicionamento preciso de cargas pesadas, com atuação rápida
- Uma combinação dos sistemas eletrônico e hidráulico é amplamente usada porque ela combina as vantagens tanto do controle eletrônico quanto da potência hidráulica



# Vantagens dos sistemas hidráulicos

---

- O fluido hidráulico atua como lubrificante
- Atua também como fluido de resfriamento
- Atuadores hidráulicos de tamanho pequeno podem desenvolver grandes forças ou torques
- Atuadores hidráulicos possuem velocidade de resposta mais alta com partidas e paradas rápidas e inversões de velocidade



# Vantagens dos sistemas hidráulicos

---

- Atuadores hidráulicos podem ser operados sob condições contínuas, intermitentes, de reversão e de parada repentina, sem dano
- A disponibilidade de atuadores lineares ou rotativos dá flexibilidade ao projeto
- Em virtude das baixas fugas nos atuadores a queda de velocidade é pequena quando as cargas são aplicadas



# Desvantagens dos sistemas hidráulicos

---

- A energia hidráulica não está prontamente disponível se comparada à energia elétrica
- O custo de um sistema hidráulico pode ser mais alto que o de um sistema elétrico para a mesma função
- Há risco de incêndio e explosões, a menos que sejam usados fluidos à prova de fogo



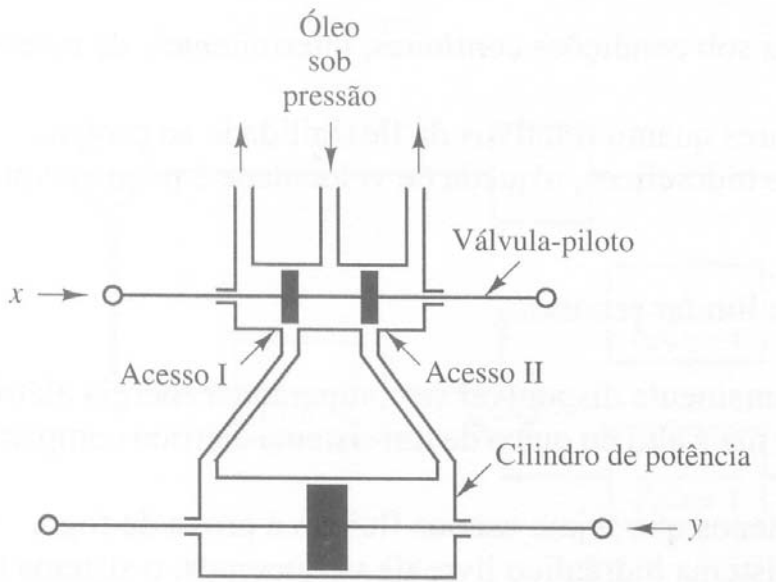
# Desvantagens dos sistemas hidráulicos

---

- O sistema tende a ser sujo, devido à dificuldade de manter o sistema livre de vazamentos
- Óleo contaminado pode causar falhas no sistema
- Em virtude das não linearidades e outras características complexas, o projeto de sistemas hidráulicos sofisticados é bastante elaborado
- Circuitos hidráulicos tem características de amortecimento deficientes. Se o sistema não for adequadamente projetado, alguns fenômenos instáveis podem ocorrer ou desaparecer

# Controladores hidráulicos integrais

## Servomotor hidráulico



$$A\rho dy = q dt \quad q \text{ em kg/s}$$

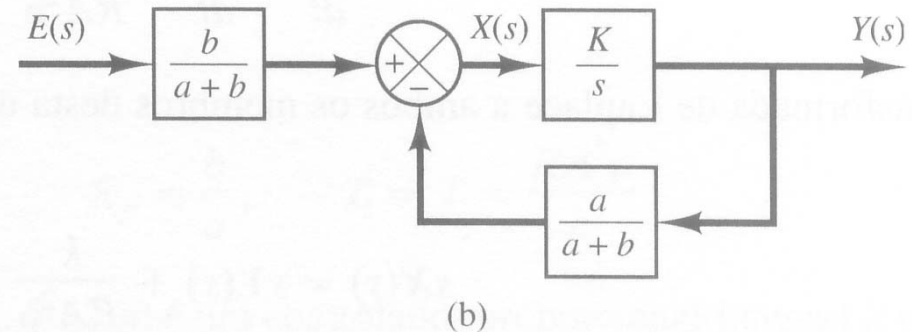
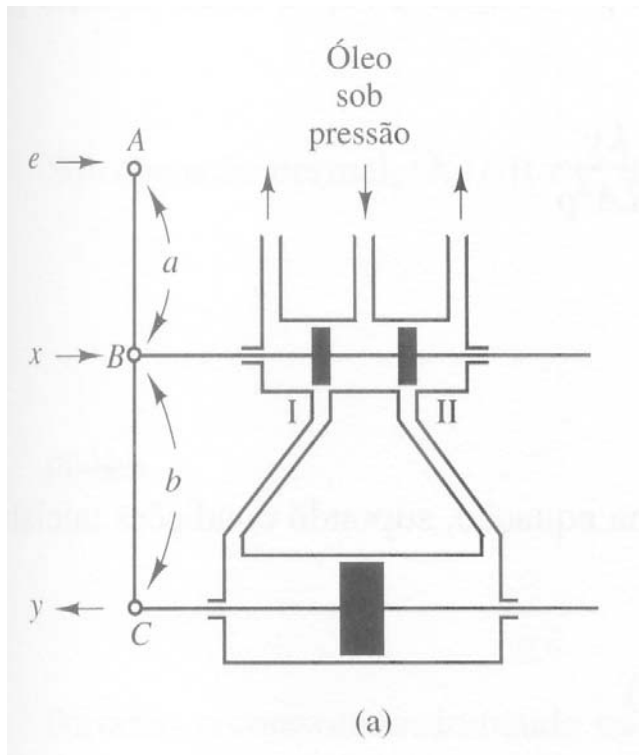
$$q = K_1 x$$

$$A\rho \frac{dy}{dt} = K_1 x$$

$$A\rho s Y(s) = K_1 X(s)$$

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K_1}{A\rho s} = \frac{K}{s}$$

# Controladores proporcionais hidráulicos

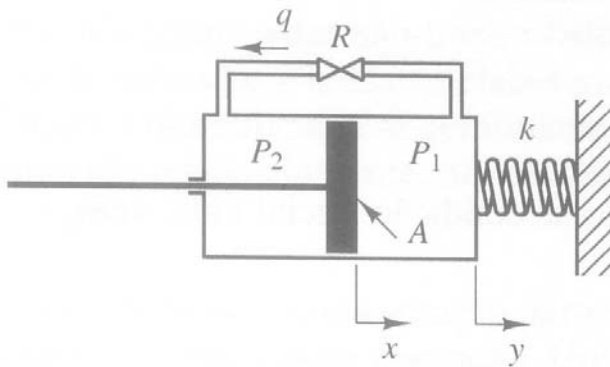


$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{\frac{b}{a+b} \frac{K}{s}}{1 + \frac{K}{s} \frac{a}{a+b}} = \frac{bK}{s(a+b) + Ka}$$

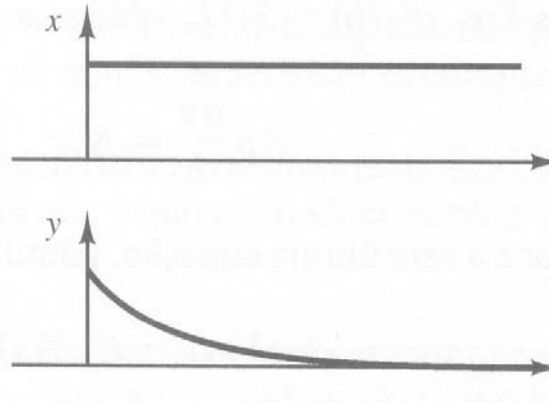
se  $\frac{Ka}{s(a+b)} \gg 1$

então  $\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{b}{a} = K_p$

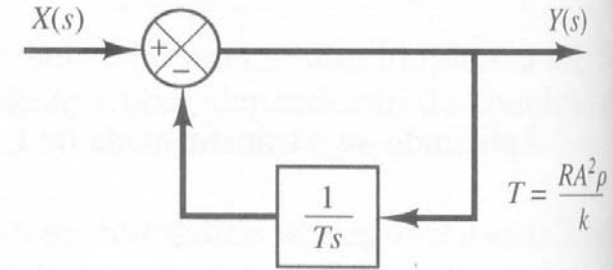
# Amortecedores viscosos



(a)



(b)



(c)

Na restrição

$$A(p_1 - p_2) = ky$$

$$q = \frac{(p_1 - p_2)}{R}$$

$$q dt = A\rho(dx - dy)$$

$$\frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} = \frac{q}{A\rho} = \frac{p_1 - p_2}{RA\rho} = \frac{ky}{RA^2\rho}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} + \frac{ky}{RA^2\rho}$$

Aplicando a transformada de Laplace

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} + \frac{ky}{RA^2 \rho}$$

$$sX(s) = sY(s) + \frac{k}{RA^2 \rho} Y(s)$$

A função de transferência resulta

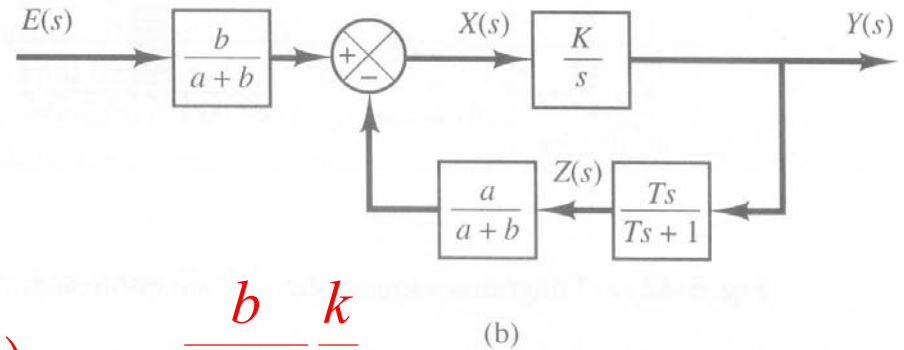
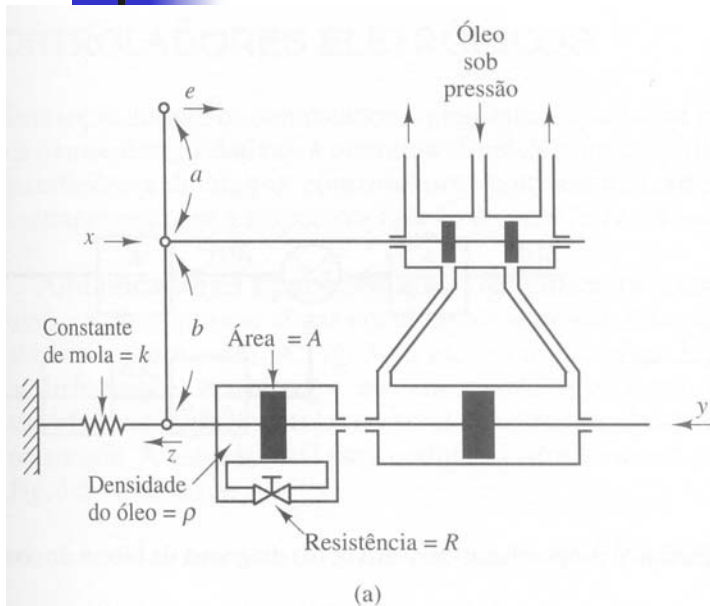
$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{s}{s + \frac{k}{RA^2 \rho}}$$

Se

$$\frac{RA^2 \rho}{k} = T$$

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{Ts}{Ts + 1} = \frac{1}{1 + \frac{1}{Ts}}$$

# Controle proporcional + integral hidráulico



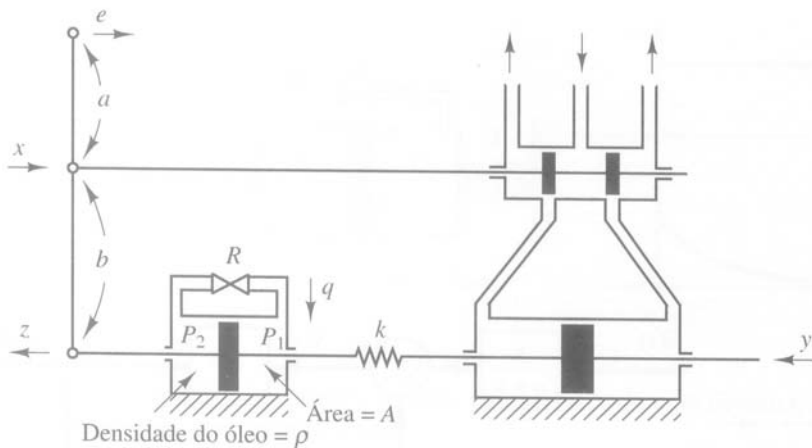
$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{\frac{b}{a+b} \frac{k}{s}}{1 + \frac{ka}{a+b} \frac{T}{Ts+1}}$$

Se  $\frac{ka}{a+b} \frac{T}{Ts+1} \gg 1$

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

$$K_p = \frac{b}{a} \quad T_i = T = \frac{RA^2 \rho}{K}$$

# Controle proporcional + derivativo hidráulico

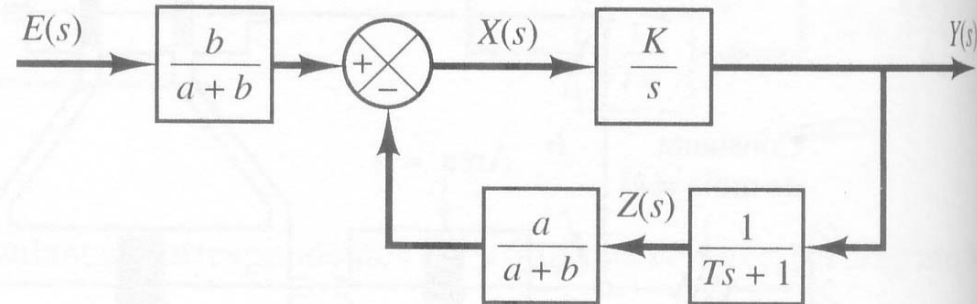


(a)

$$k(y - z) = A(p_2 - p_1)$$

$$q = \frac{p_2 - p_1}{R}$$

$$q dt = \rho A dz$$



(b)

$$y = z + \frac{A}{k} q R = z + \frac{R A^2 \rho}{k} \frac{dz}{dt}$$

$$y = z + \frac{RA^2 \rho}{k} \frac{dz}{dt} \quad \frac{Z(s)}{Y(s)} = \frac{1}{Ts + 1} \quad \text{onde } T = \frac{RA^2 \rho}{k}$$

No diagrama de blocos

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{\frac{a}{a+b} \frac{K}{s}}{1 + \frac{a}{a+b} \frac{K}{s} \frac{1}{Ts + 1}}$$

Se  $\frac{aK}{(a+b)s(Ts+1)} \gg 1$

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s)$$

$$K_p = \frac{b}{a}$$

$$T_d = \frac{RA^2 \rho}{k}$$