

107484 – Controle de Processos

Aula: Introdução ao controle de processos

Prof. Eduardo Stockler Tognetti

Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade de Brasília – UnB



1º Semestre 2020

- 1 Introdução
- 2 Elementos de controle
- 3 Configurações de controle

Processo

Conversão de um material de entrada num produto por meio de operações químicas e físicas.

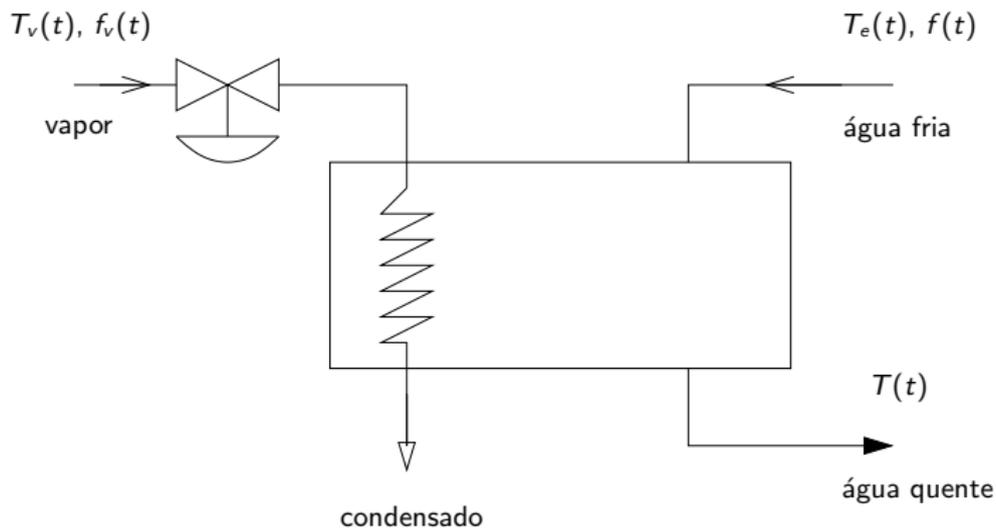
Controle de processos

Manutenção de variáveis de processo (pressão, temperatura, fluxo, pH, composição etc) em algum valor operacional desejado.



Trocador de Calor

- **Problema:** Considere o problema de controle de temperatura de um trocador de calor tendo como fonte de energia o calor latente da condensação do vapor
- **Objetivo:** Aquecer fluido que entra a uma temperatura $T_e(t)$ até uma temperatura desejada $T_r(t)$

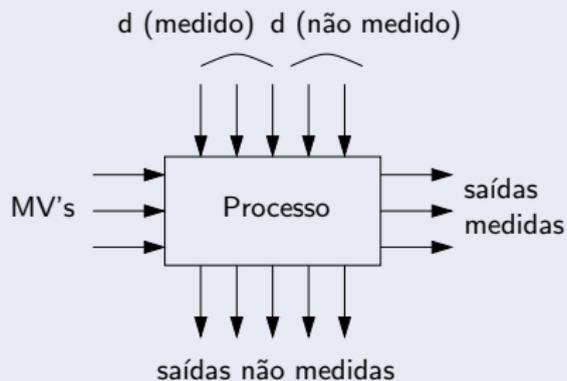


- 1 Introdução
- 2 Elementos de controle
- 3 Configurações de controle

Elementos do controle automático

Classificação de variáveis de processo

- **Variáveis de entrada** (efeito da vizinhança no processo):
 - Variáveis manipuladas (MV)
 - Distúrbios (d)
- **Variáveis de saída** (efeito do processo na vizinhança):
 - Variáveis medidas ou não medidas
 - Variáveis controladas (CV) ou não controladas



- **Variável controlada (CV, do inglês *controlled variable*):** variável que deve ser mantida ou controlada em determinado valor desejado. Pode ser medida ou calculada (inferência). O termo variável de processo (PV, do inglês *process variable*) também pode ser empregado.
- **Referência ou ponto fixo (SP, do inglês *set-point*):** valor desejado da CV.
- **Variável manipulada (MV, do inglês *manipulated variable*):** variável cujo valor é ajustado por um operador humano ou controlador automático para manter a CV em seu SP.
- **Variável de distúrbio (d):** Qualquer variável cujo valor não é resultado de um ajuste de um operador ou controlador que faça com que a CV se desvie de seu SP. Não são influenciáveis e podem ou não ser medidas. Também chamadas de **perturbação de carga ou de alimentação** (variável de entrada). Variações nas variáveis de saída não controladas que podem provocar perturbações no processo são chamadas de **distúrbios de demanda**.

Identifique as variáveis do trocador de calor

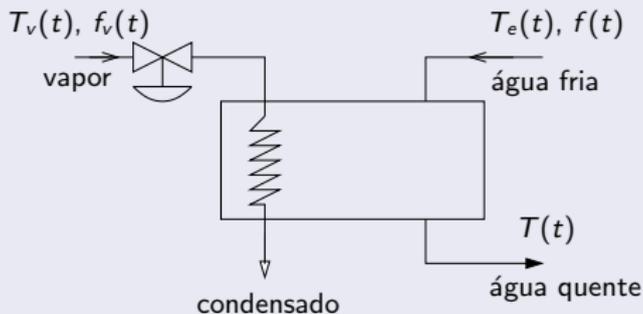
- **Variáveis de entrada:**

- Variáveis manipuladas
- Distúrbios

- **Variáveis de saída:**

- Variáveis controladas
- Variáveis não controladas

● **Variáveis medidas** \rightsquigarrow definem estratégia de controle



Elementos de medição (simbologia de medição de temperatura)

- **Sensor (elemento primário):** TE converte a variável de processo em uma forma mensurável; montado diretamente junto ao processo. Exemplo: termopar, termístores etc.
- **Transmissor (elemento secundário):** TT converte o valor da variável medida em um sinal eletrônico ou pneumático padrão adequado à transmissão ao controlador ou indicador.
- **Conversor:** TY dispositivo que converte um sinal em outro tipo de sinal; normalmente instalado entre o sensor/ transmissor e o controlador/ indicador ou entre o controlador e o elemento final de controle. Exemplo: conversor de corrente (4 – 20mA) para tensão (0 – 10V), conversor elétrico-pneumático P/I ou I/P (4 – 20mA para 3 – 15psi)
- **Transdutor:** transforma uma forma de energia em outra; muitos são classificados como sensores. Exemplo: termopar (converte temperatura em tensão)

Elementos de controle e atuação (simbologia de controle de temperatura)

- **Controlador:** (TC) ou (TIC) instrumento cuja saída é modificada para regular uma **variável controlada**. Pode ser elétrico ou pneumático, analógico ou digital
- **Elemento final de controle:** (TV) instrumento que atua diretamente no processo manipulando uma variável conveniente (**variável manipulada**) em função do sinal de comando recebido. Em processos contínuos, normalmente é uma válvula de controle mas pode ser bombas de velocidade variável, motores elétricos, aquecedores elétricos etc
- **Atuador:** Parte do elemento final de controle que recebe o sinal de acionamento; pode ser elétricos, pneumáticos ou hidráulicos.

Objetivo do controle de processo

Propor algoritmos para ajustar a variável manipulada para manter a variável controlada em seu ponto fixo independentemente da ocorrência de distúrbios.

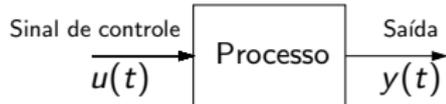
Controle Regulador

Objetiva manter a variável controlada fixa independentemente da presença de distúrbios. Sistema de controle projetado para compensar distúrbios.

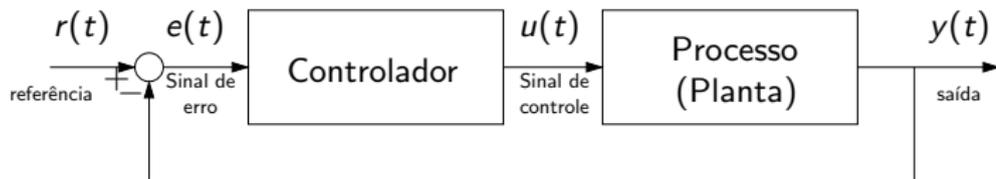
Controle Servo

Objetiva que a variável controlada acompanhe uma referência variável. O distúrbio mais importante a ser compensado é a própria referência.

Malha Aberta e Malha Fechada



Controle em malha aberta.



Realimentação

Controle em malha fechada.

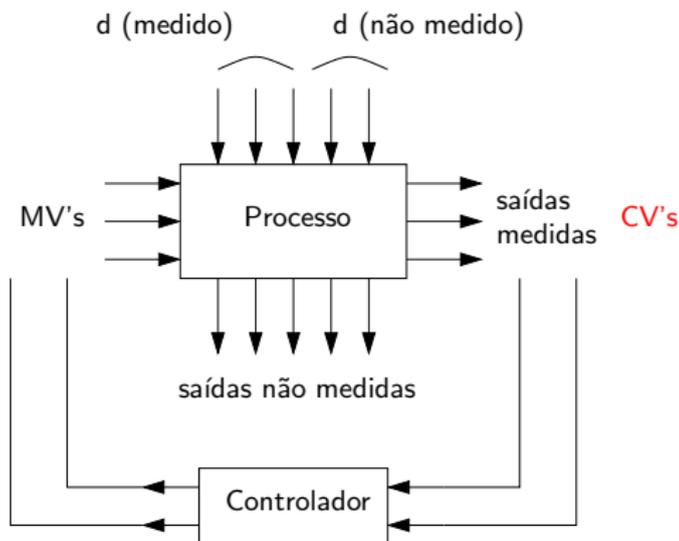
Vantagens do controle em malha fechada

- rejeitar o efeito de perturbações externas;
- melhorar a resposta dinâmica do sistema (estabilizar um sistema instável em malha aberta);
- precisão no controle;
- diminuir a sensibilidade do sistema a variações dos parâmetros do processo (robustez).

- 1 Introdução
- 2 Elementos de controle
- 3 Configurações de controle**

Realimentação

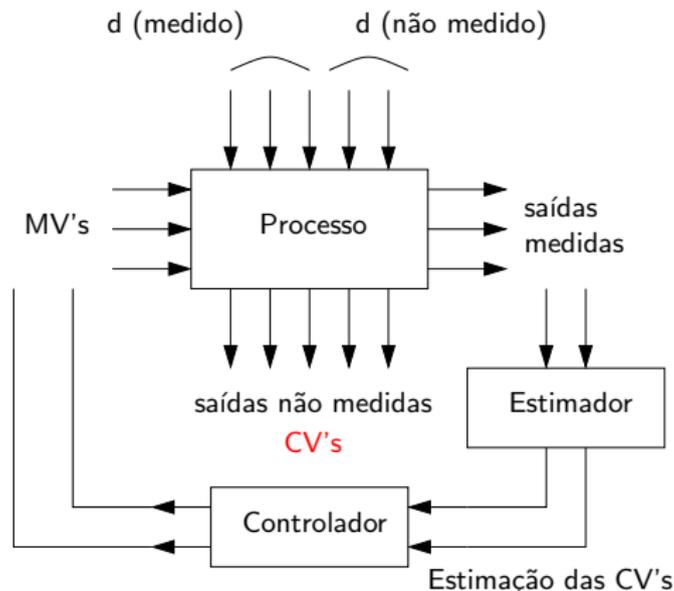
Usa as medidas diretas das variáveis de controle para ajustar as variáveis manipuladas.



Inferencial

Usa medidas secundárias para ajustar as variáveis manipuladas pois as variáveis de controle não podem ser medidas.

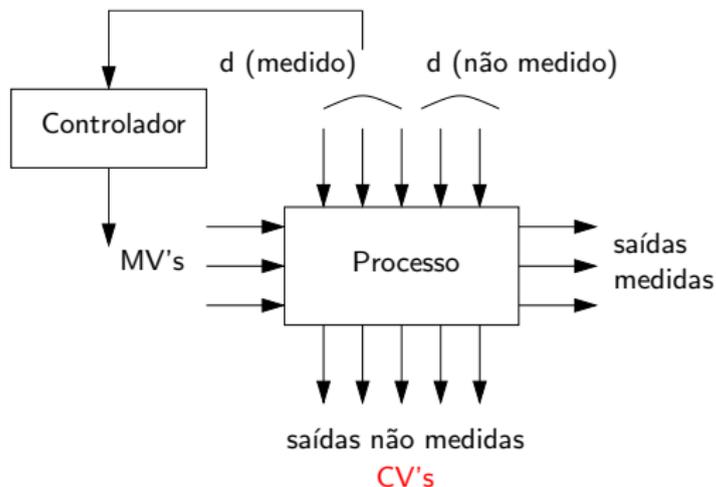
O estimador usa as variáveis medidas e as informações do modelo do processo para computar matematicamente (estimar) os valores das variáveis de controle.



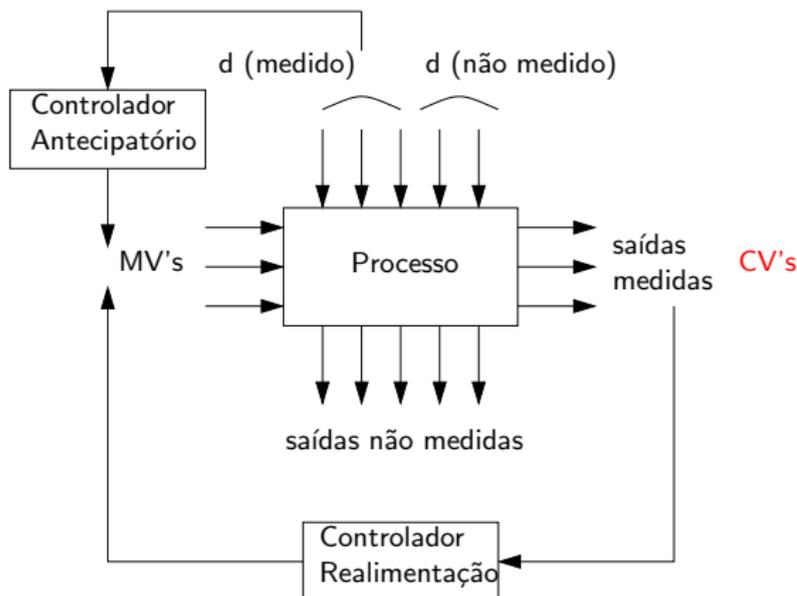
Antecipatório

Usa as medidas dos distúrbios para ajustar as variáveis manipuladas de forma a antecipar o efeito das primeiras sobre as variáveis controladas por meio da informação do modelo matemático do processo.

Raramente esta estratégia é utilizada isoladamente devido aos erros de modelagem.



Antecipatório e Realimentação



Configurações de controle

- Configurações de controle para o trocador de calor:

- Modo 1 ▶ FB

- medir $T(t)$
- comparar com valor desejado
- manipular válvula de vapor para corrigir desvio \rightsquigarrow ação?

- Modo 2 ▶ FF

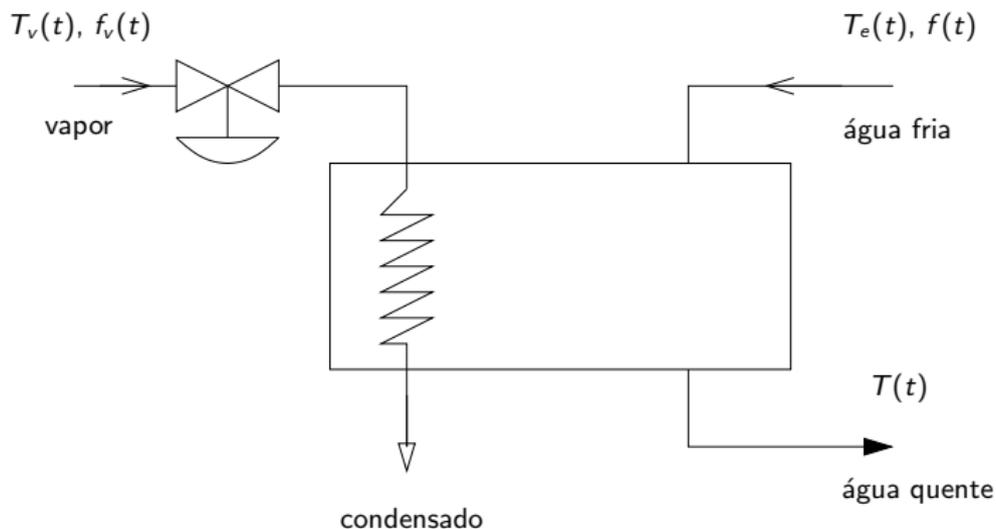
- medir $T_e(t)$
- avaliar efeito na mudança de $T(t)$
- manipular válvula de vapor para antecipar desvio \rightsquigarrow ação?

- Modo 3 ▶ FB-FF

Exemplo - Trocador de Calor

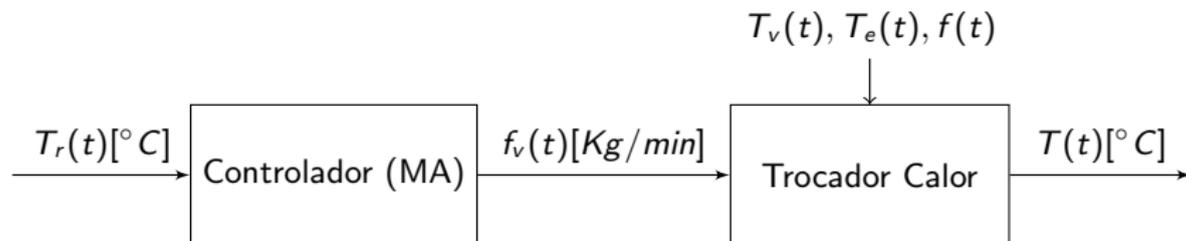
● **Objetivo:** Aquecer fluido que entra a uma temperatura $T_e(t)$ até uma temperatura desejada $T_r(t)$

⇒ Solução em **malha aberta**



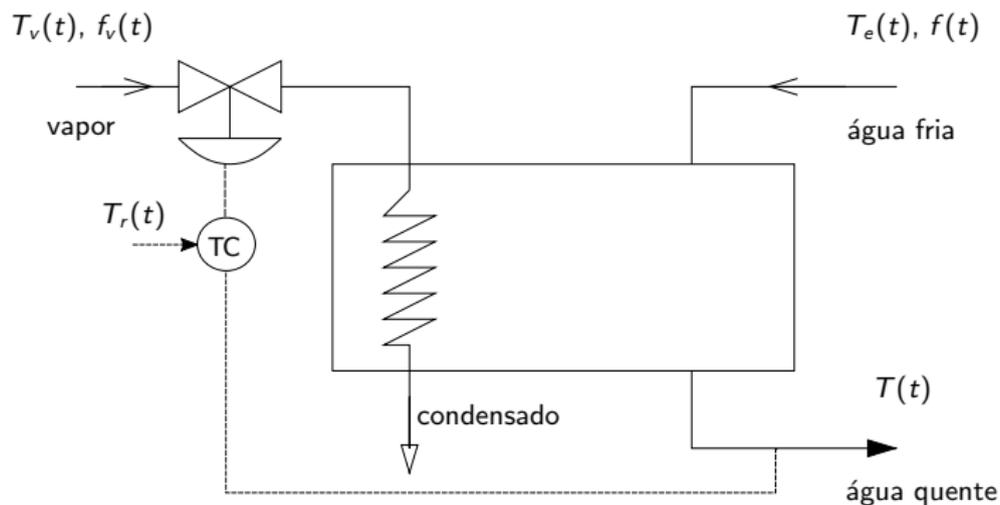
Exemplo - Trocador de Calor

↪ Solução em **malha aberta**



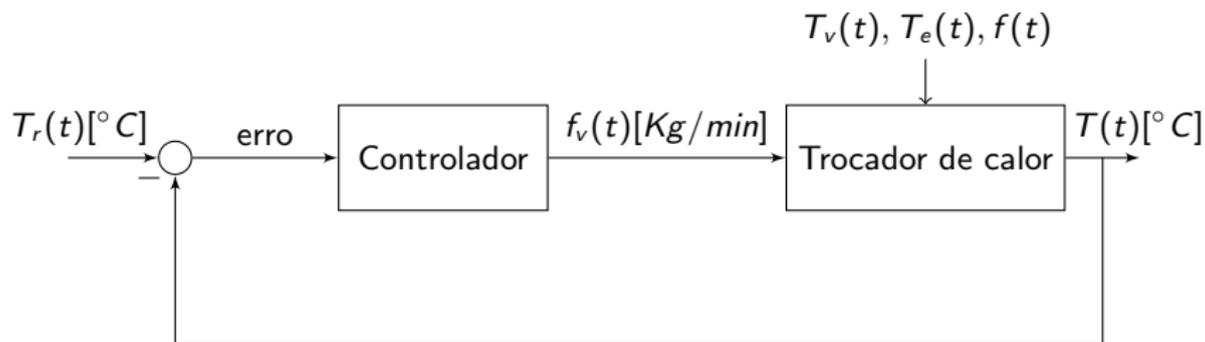
Exemplo - Trocador de Calor

↪ Solução em **malha fechada**



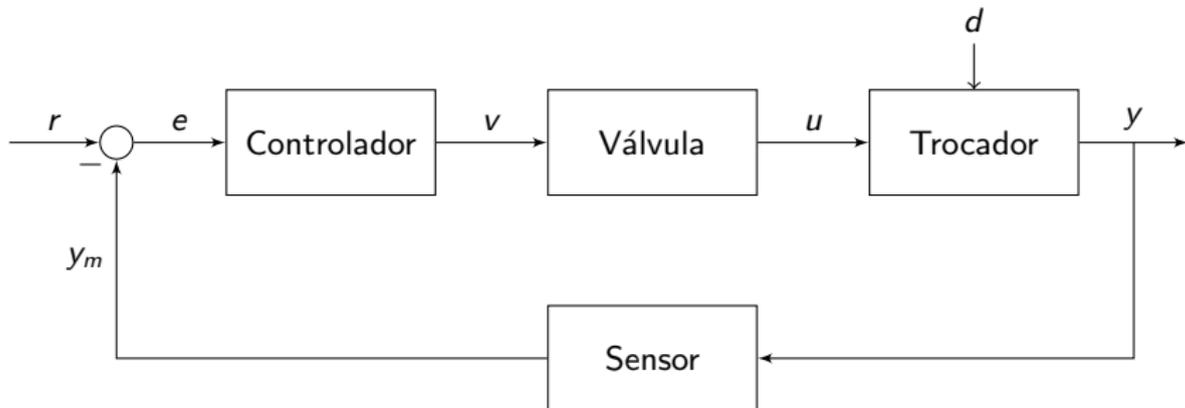
Exemplo - Trocador de Calor

↪ Solução em **malha fechada**

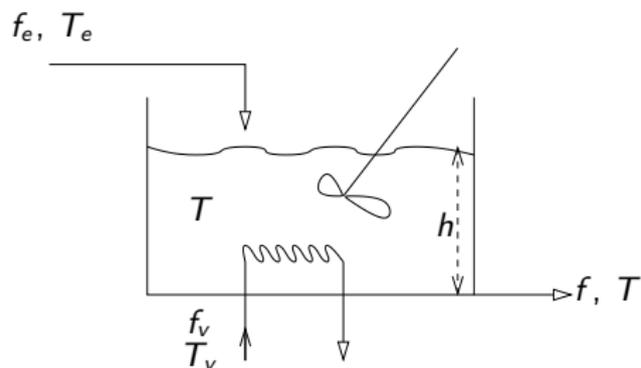


Exemplo - Trocador de Calor

- Malha fechada com elementos de campo



Exercício - Tanque aquecido com agitação



Objetivos

- 1 Manter a temperatura do fluido de saída (efluente) T no valor desejado T_r
- 2 Manter o nível do tanque h no valor desejado h_r

(TT), (TIC), (LT), (LIC)

Classificação de variáveis

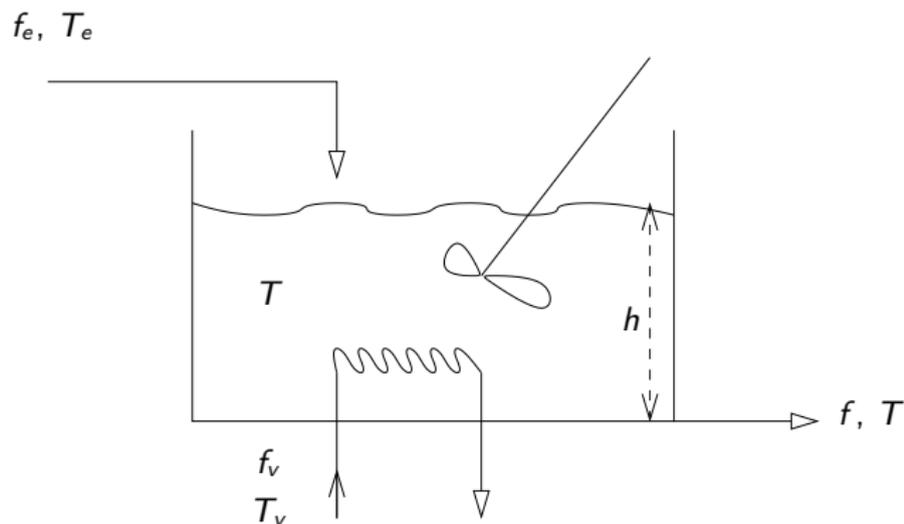
- Variáveis de entrada \rightsquigarrow distúrbios, MV's ?
- Variáveis de saída \rightsquigarrow CV's ?
- Variáveis medidas e não medidas?

Estratégias de controle

\rightsquigarrow Propor possíveis estratégias para o controle de nível e de temperatura

Exercício - Tanque aquecido com agitação

↪ Solução em **malha fechada**: propor uma solução.



Exercício - Tanque aquecido com agitação

- Malha fechada

