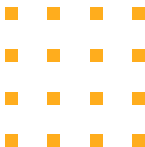


Aula 01 - A Introdução a Sistemas de Controle



Disciplina: Laboratório de Engenharia de Controle
Professor: Rafael Cavalcanti Neto



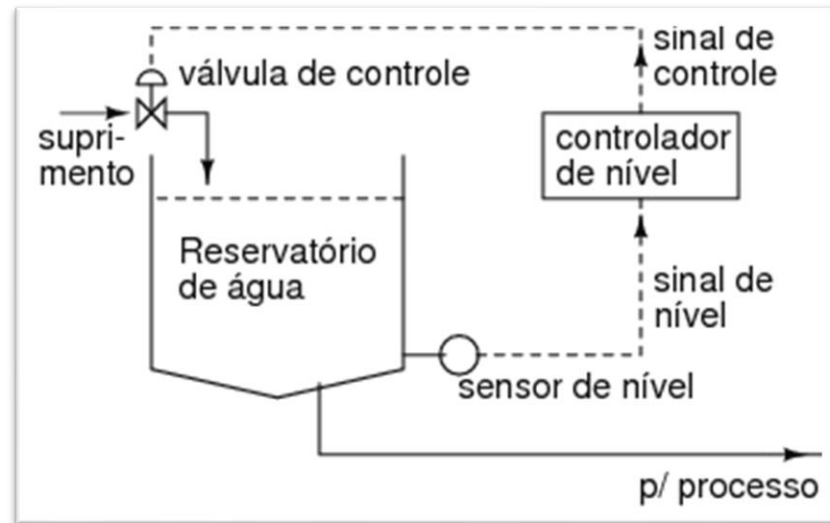
Motivação

- **Cenário:** As variáveis de um processo precisam ser medidas e controladas na grande maioria dos processos industriais.
- **Solução:** Os instrumentos de medição e controle permitem manter e controlar estas variáveis em condições mais adequadas/precisas do que se elas fossem controladas manualmente por um operador.



Motivação

- **Solução:** Os sistemas de controle, responsáveis por manter a variável controlada no valor especificado.

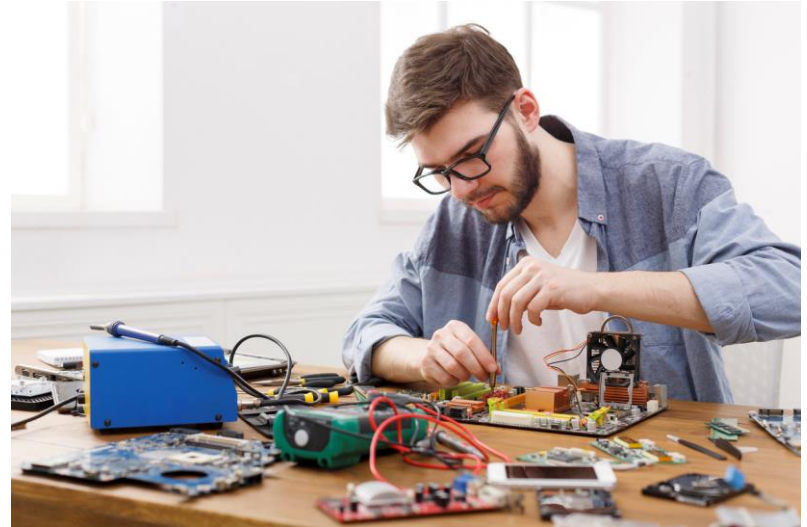




Discussão Inicial

Introdução

- A engenharia preocupa-se com o entendimento e o controle de materiais e forças da natureza para o benefício da humanidade.
- Os engenheiros de sistemas de controle preocupam-se com o entendimento e o controle de segmentos de seu ambiente, frequentemente chamados de **sistemas**, para fornecer produtos economicamente úteis para a sociedade.



Introdução

- O desafio atual dos engenheiros de controle é a modelagem e o controle de sistemas modernos, complexos e inter-relacionados, como sistemas de controle de tráfego, processos químicos e sistemas robóticos.



Introdução

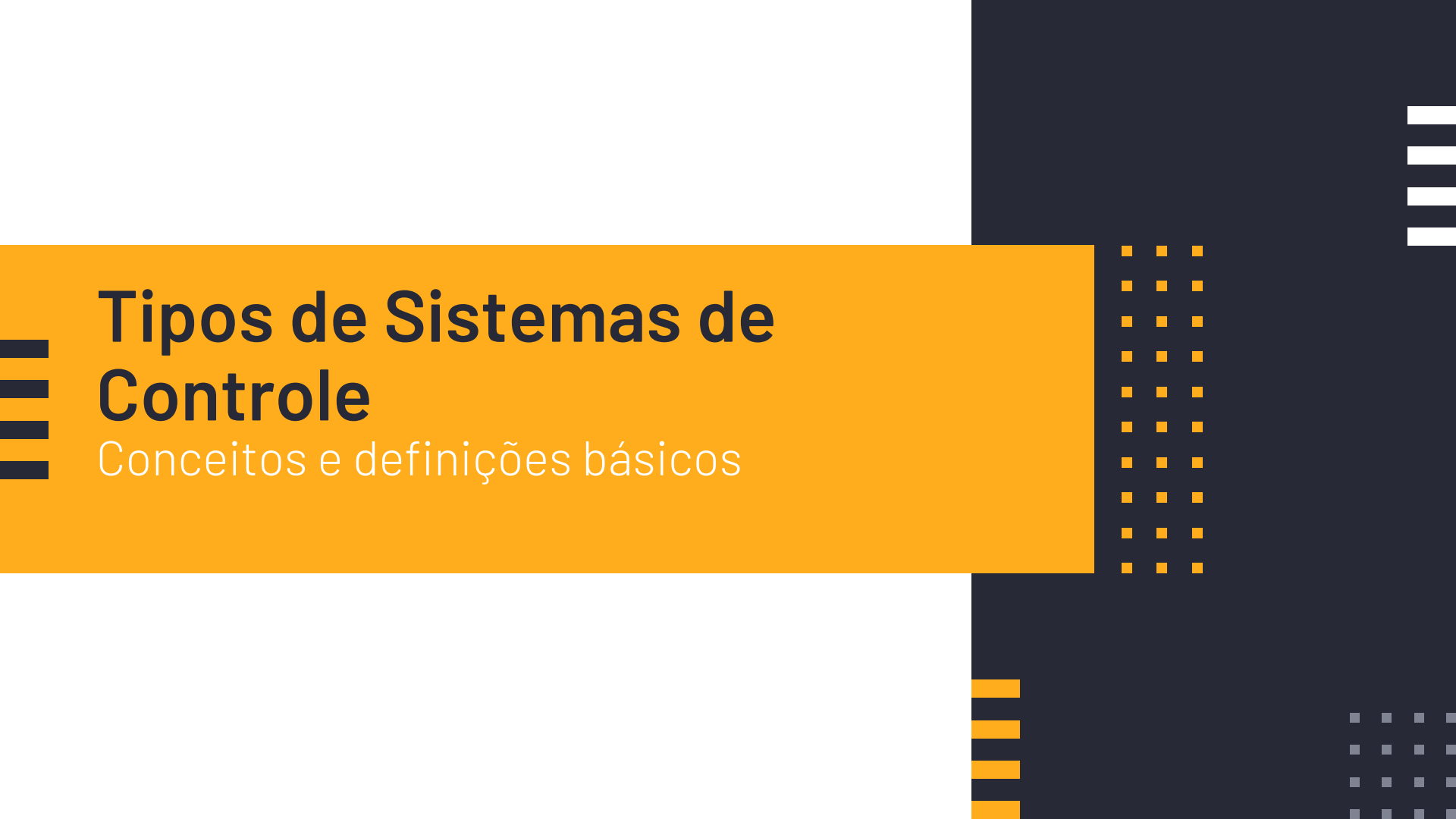
- A engenharia de controle é baseada nos princípios da teoria da realimentação e da análise de sistemas lineares.
- Portanto, a engenharia de controle não está limitada a nenhum dos ramos da engenharia, mas é igualmente aplicável às engenharias aeronáutica, química, mecânica, ambiental, civil e elétrica.



Definições

- Um **sistema de controle** é uma interconexão de componentes formando uma configuração de sistema que proporcionará uma resposta desejada do sistema.
- Um componente ou **processo** a ser controlado pode ser representado por um bloco, conforme estudado na disciplina de **Engenharia de Controle 1**.
O modelo matemático do processo é normalmente indicado no bloco.





Tipos de Sistemas de Controle

Conceitos e definições básicos

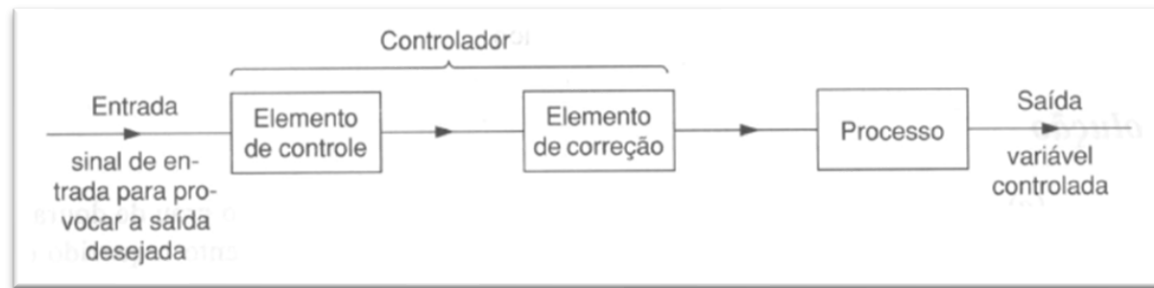
Definições

- Conforme estudado na disciplina de **Engenharia de Controle 1**, um sistema de controle pode ser implementado em malha aberta ou em malha fechada:
 - **Sistema de controle em malha aberta:** Um sistema de controle em malha aberta usa um dispositivo de atuação para controlar o processo diretamente, sem usar realimentação.
 - **Sistema de controle em malha fechada:** Um sistema de controle em malha fechada usa uma medida da saída e a realimentação desse sinal para compará-lo com a saída desejada (referência ou comando).

Sistemas em Malha Aberta e Fechada

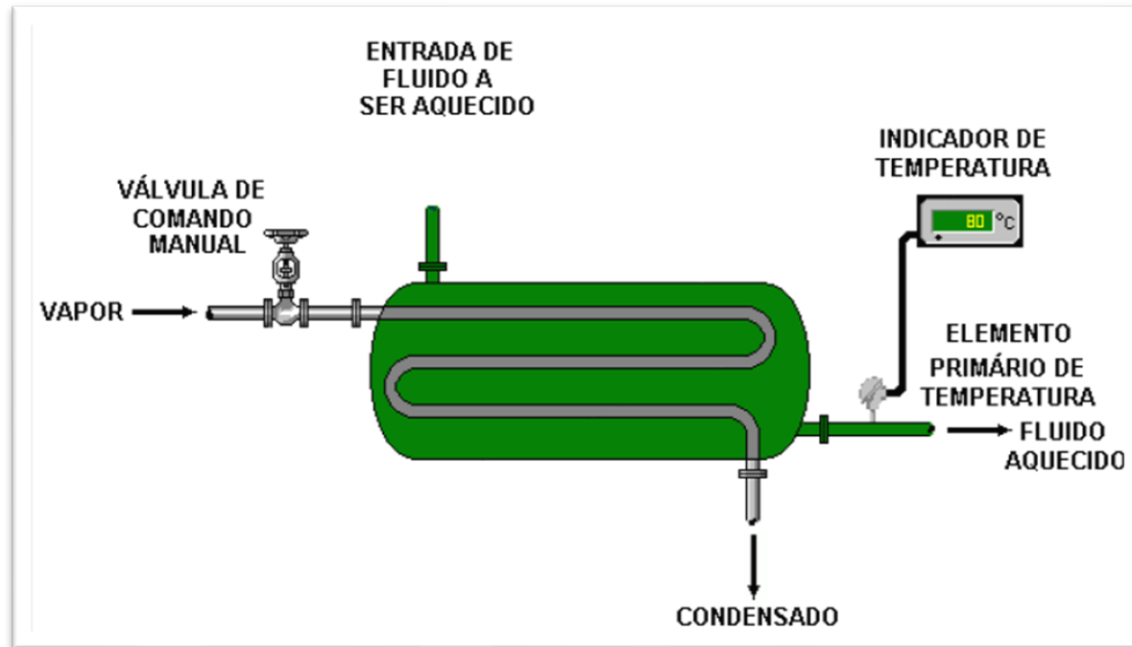
■ Sistema em Malha Aberta

- Em um sistema em malha aberta, as informações sobre a variável controlada não é utilizada para ajustar quaisquer entradas para compensar as variações que ocorrem nas variáveis do processo.



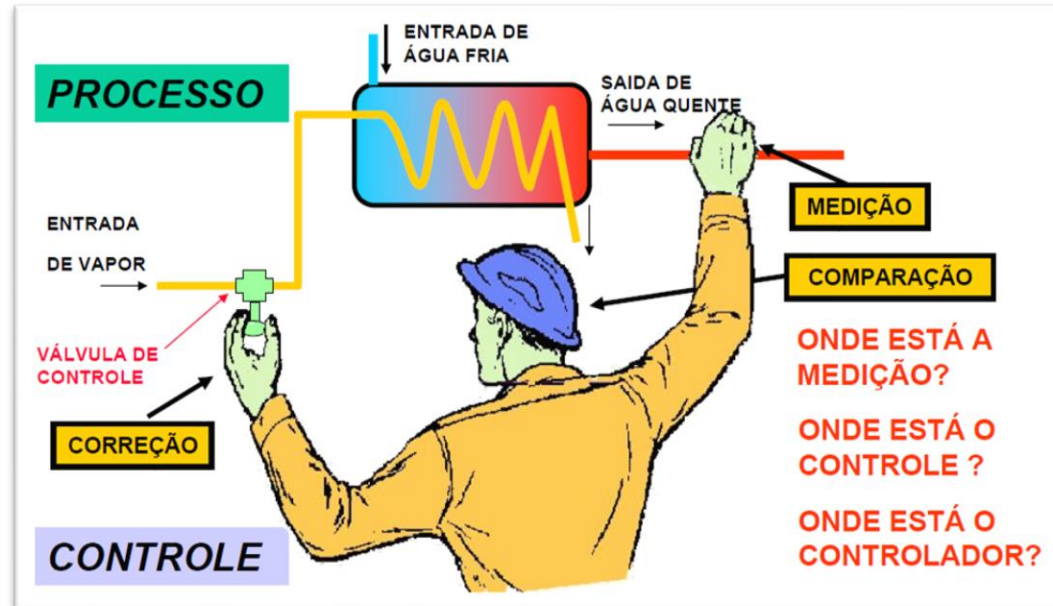
Sistemas em Malha Aberta e Fechada

- **Sistema em Malha Aberta:** Exemplo



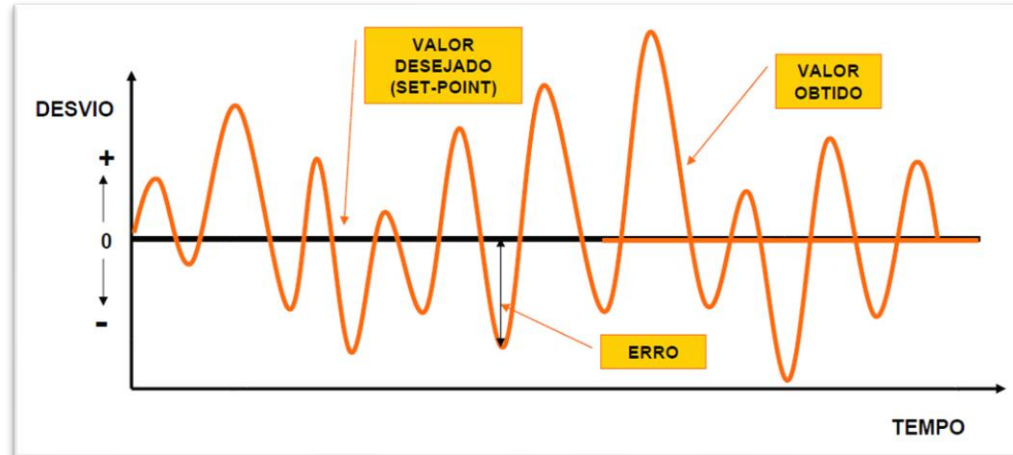
Sistemas em Malha Aberta e Fechada

- Sistema em Malha Fechada – Manual:



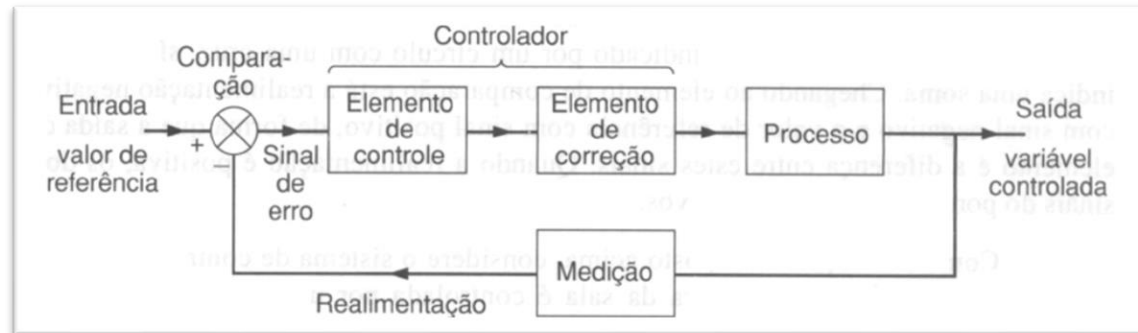
Sistemas em Malha Aberta e Fechada

- **Sistema em Malha Fechada – Manual:**
 - O controle manual não permite a eliminação do erro, resultando em uma amplitude de variação excessiva do valor da variável que se deseja controlar.



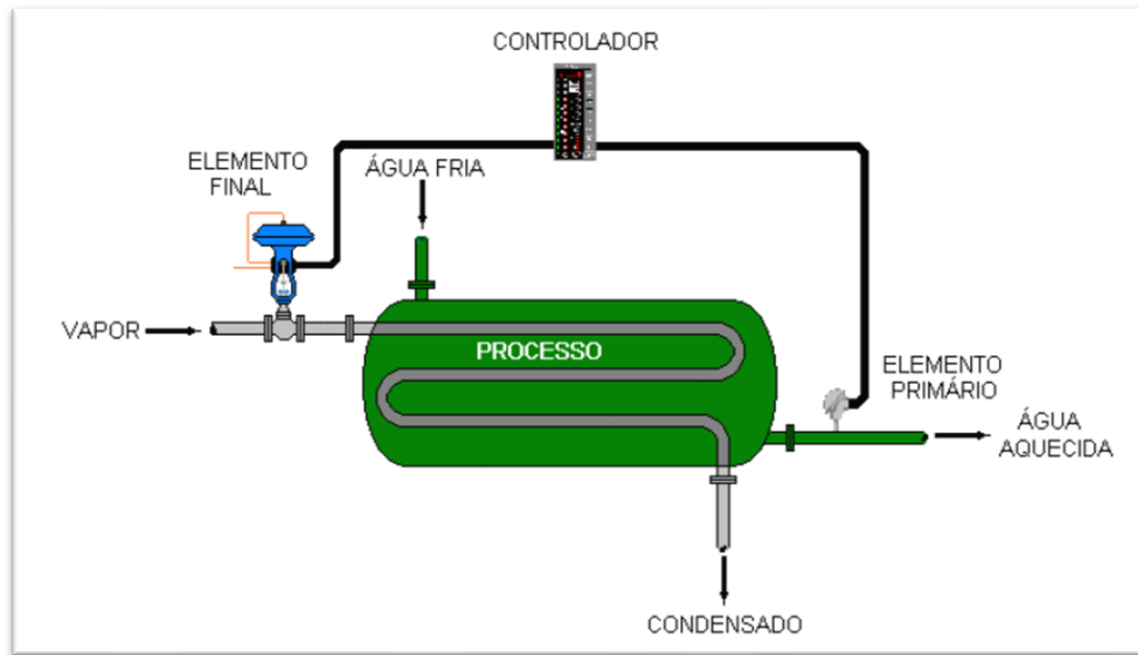
Sistemas em Malha Aberta e Fechada

- **Sistema em Malha Fechada – Automático**
 - Na malha fechada, a informação sobre a variável controlada é comparada com o valor de referência (set-point), sendo utilizada para manipular uma ou mais variáveis do processo.



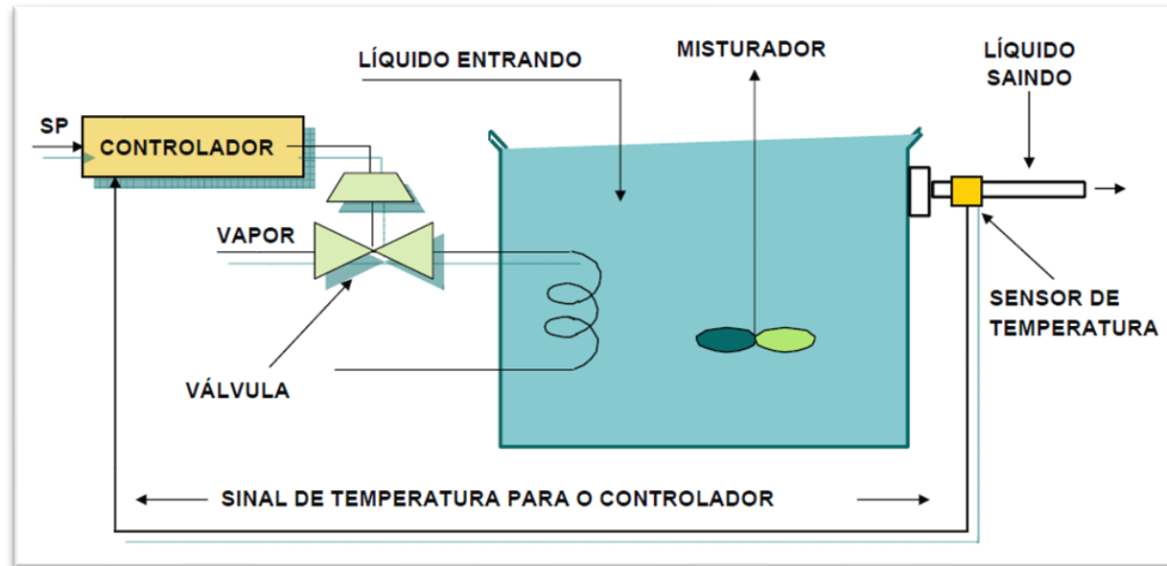
Sistemas em Malha Aberta e Fechada

- **Sistema em Malha Fechada – Automático:** Exemplo



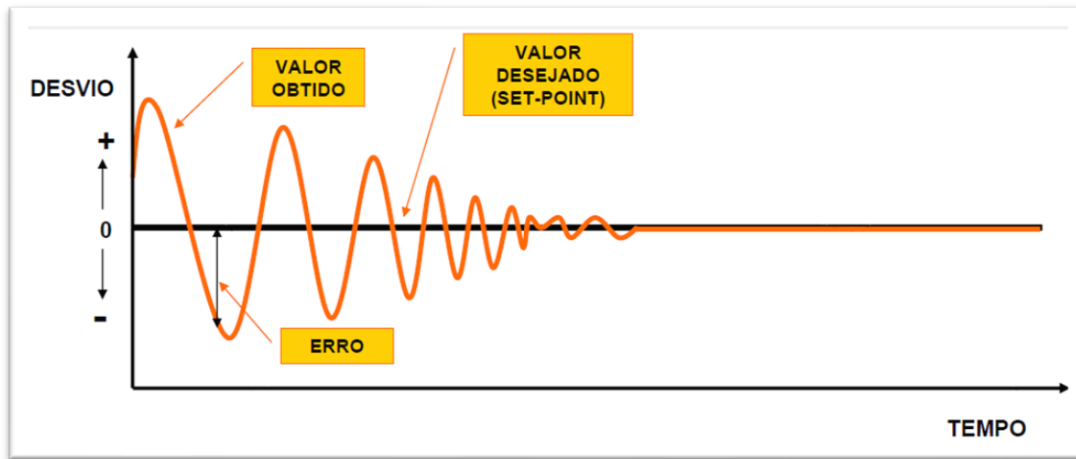
Sistemas em Malha Aberta e Fechada

- **Sistema em Malha Fechada – Automático:** Exemplo



Sistemas em Malha Aberta e Fechada

- **Sistema em Malha Fechada – Automático:**
 - O controle automático permite através de sua ação a redução do erro, com um tempo de atuação e precisão impossível de se obter no controle manual.



Sistemas em Malha Aberta e Fechada

- **Sistema em Malha Fechada – Automático:**
 - As tarefas de controle, antes executadas pelo homem, foram substituídas por instrumentos com funções pré-determinadas.
 - Melhor desempenho que o manual.
 - Motivos que fazem essa solução ser amplamente utilizada:
 - Conseguir uniformidade na qualidade do produto final;
 - Reduzir as perdas;
 - Diminuir os custos de energia gasta e matéria-prima

Exemplos

- Segue abaixo alguns exemplos de sistemas de controle que podemos encontrar no dia-dia:
 - Controle do consumo de veículos de combustível híbrido – **Sistema mecatrônico**;
 - Controle do despacho de potência de fontes de energia eólica ou solar – **Sistema elétrico**;
 - Controle de variáveis feito por computadores embarcados em veículos;
 - Controle de velocidade de um disco giratório – **Blu-ray ou disco magnético**;
 - Sistema de controle de aplicação de insulina.



Disciplina de Laboratório de Engenharia de Controle

O Que Vamos Fazer?

- Para fazer o projeto de sistemas de controle adequadamente, idealmente um Engenheiro de Controle precisa ter experiência prática em quatro atividades distintas. São elas:
 - Processamento de dados (MATLAB);
 - Identificação de sistemas;
 - Identificação de não-linearidades;
 - Projeto de circuitos de condicionamento;
 - Projeto de controladores.

Suporte ao Aluno

e-mails:

- rafaelcneto@gmail.com
- rafael.cavalcantinetto@ufpe.br

Códigos MATLAB

Aula 01 - material complementar

Os dois scripts completos estão nas próximas páginas e anexados a este PDF.

Clique em um título para abrir o código dentro do documento.

Circuito com AmpOps - modelo de referência

Trocador de calor - identificação e controle

Selecione o texto nas páginas para copiar, ou salve os arquivos .m pelo painel de anexos.

Abrir botões "Copiar tudo" no navegador

Código MATLAB - AmpOps

ampops_modelo_referencia.m | parte 1 de 2

```
%% Encontrando Função Transferência
```

```
R1 = 25e3;
```

```
R2 = 50e3;
```

```
R3 = 25e3;
```

```
R4 = 25e3;
```

```
R5 = 50e3;
```

```
C1 = 3.3e-7;
```

```
C2 = 3.3e-7;
```

```
C3 = 3.3e-7;
```

```
s = tf("s");
```

```
H1 = zpk((1)/(s^2*(R1*R2*C1*C2)+s*C1*(R1+R2)+1));
```

```
H2 = zpk((s*C3*R4*R5)/(s*C3*R4*(R3+R5)+(R3+R4)));
```

```
Htot = H1*H2
```

```
%Note que o sistema possui 3 polos e 1 zero
```

```
%portanto possui grau relativo 2, o modelo de referência deve possuir grau
```

```
%relativo >=2, um modelo de 2ª ordem já é suficiente
```

```
%% Modelo de Referência 2ª ordem
```

Código MATLAB - AmpOps

ampops_modelo_referencia.m | parte 2 de 2

```
zeta = 1; %Sem sobressinal
wn = 15; %quanto maior mais rápido
k = 2; %Ganho = 2
Gmr = (k*wn^2)/(s^2+2*zeta*wn*s+wn^2)
step(Gmr)

%%
Gc = Gmr/(Htot*(1-Gmr));
Gc = minreal(Gc)

% O controlador não é um PID
```

Código MATLAB - Trocador de calor

trocador_identificacao_controle.m | parte 1 de 3

```
load("Ensaio_2.mat")

plot(Tempo,XV02);
figure
plot(Tempo,TT03);

%% Tratamento dos dados para ToolBox
EntradaTratada = XV02 - 0.5;
SaidaTratada = TT03 - 40.75;
TempoTratado = Tempo - 260;
Amostragem = Tempo(2) - Tempo(1)

%% Função Obtida no ToolBox
s = tf("s");
Gp = 9.375 / (s^2 + 5.05*s+0.25);

%% Comparação
step(0.2*Gp)
hold on
plot(TempoTratado,SaidaTratada,"--r")
hold off

%% Metodo Ziegler Nichols
```

Código MATLAB - Trocador de calor

trocador_identificacao_controle.m | parte 2 de 3

```
Kcr = 1645;  
Pcr = 0.78;  
  
Kp = 0.6*Kcr;  
Ti = Pcr/2;  
Td = Pcr/8;  
  
Ki = Kp/Ti;  
Kd = Kp*Td;  
  
%Utilizei PID porém para satisfazer os requisitos foi necessário bastante  
%refinamento  
  
%% Metodo de Alocação de Polos e Zeros  
%Elementos do Processo  
Gt = 10/175;  
Ga = 0.1/(0.08*s+1);  
  
Gtotal = zpk(Gt*Ga*Gp)  
%%  
% Note que o sistema possui apenas 1 polo dominante em -0.05  
% Portanto o sistema pode ser aproximado a um sistema de 1ª ordem
```

Código MATLAB - Trocador de calor

trocador_identificacao_controle.m | parte 3 de 3

```
Gk = 0.66964/(12.5*5*0.05);  
Gtau = 1/0.05;  
  
Gtotal = Gk/(Gtau*s+1)  
  
%% Modelo de Referência 1ª ordem  
tau = 80/3;  
k = 1;  
  
Gmr = k/(tau*s+1)  
  
%% Controlador Encontrado  
Gc = Gmr/(Gtotal*(1-Gmr));  
Gc = minreal(Gc)  
  
%%  
step(Gmr)
```