



Universidade Federal de Uberlândia  
Campus Patos de Minas  
Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações

Capítulo 1:

# **Introdução aos Sistemas de Controle** **- Sinais e Sistemas 1 -**

**Prof. Alan Petrônio Pinheiro**



# Objetivos

## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1: Introdução

- **Objetivos**
- Sistemas de Controle
- O que é um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

- Entender principais aspectos de um sistema de controle
- O que é um sinal
- Princípios básicos de modelagem



# Sistemas de Controle

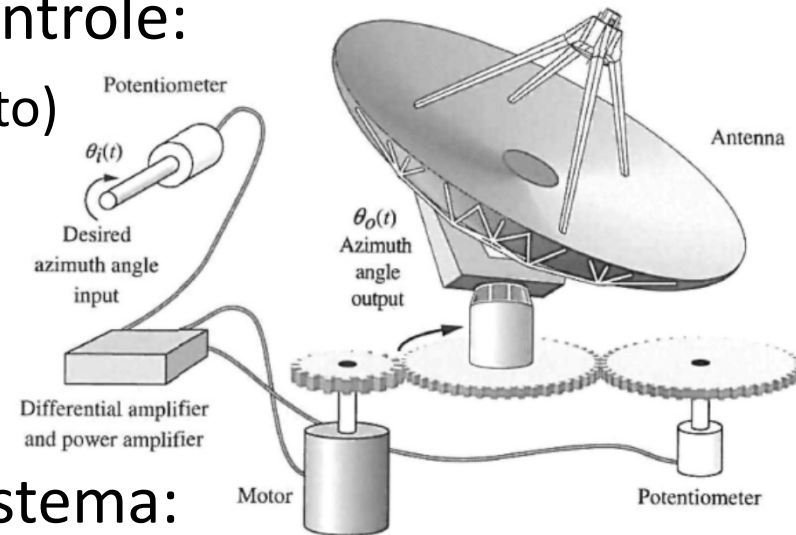
## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1: Introdução

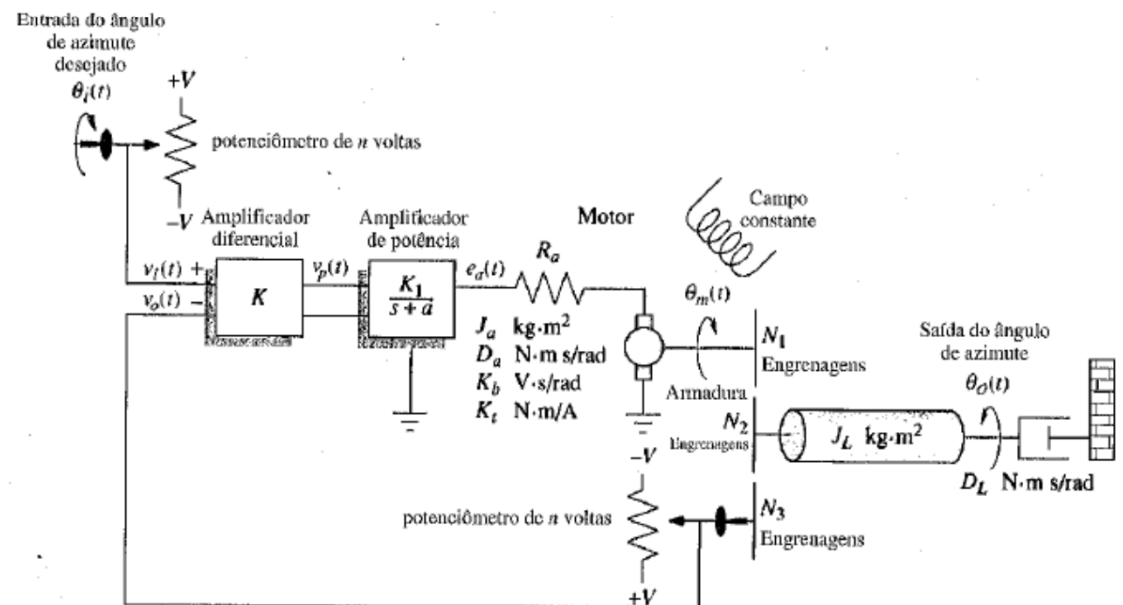
- Objetivos
- **Sistemas de Controle**
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

## • Um sistema de controle:

- Distúrbios (vento)



## • Modelagem do sistema:



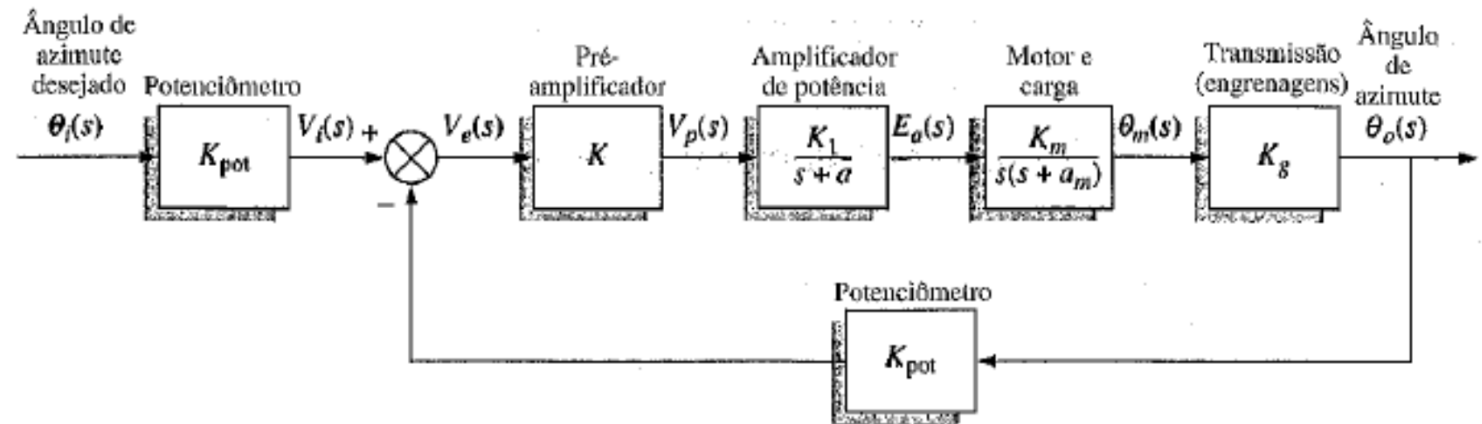


## Sinais Sistemas 1

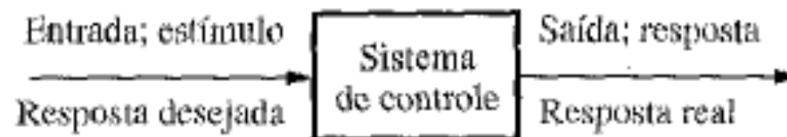
### Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- **Sistemas de Controle**
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

## • Diagrama de bloco:



## • Visão geral:



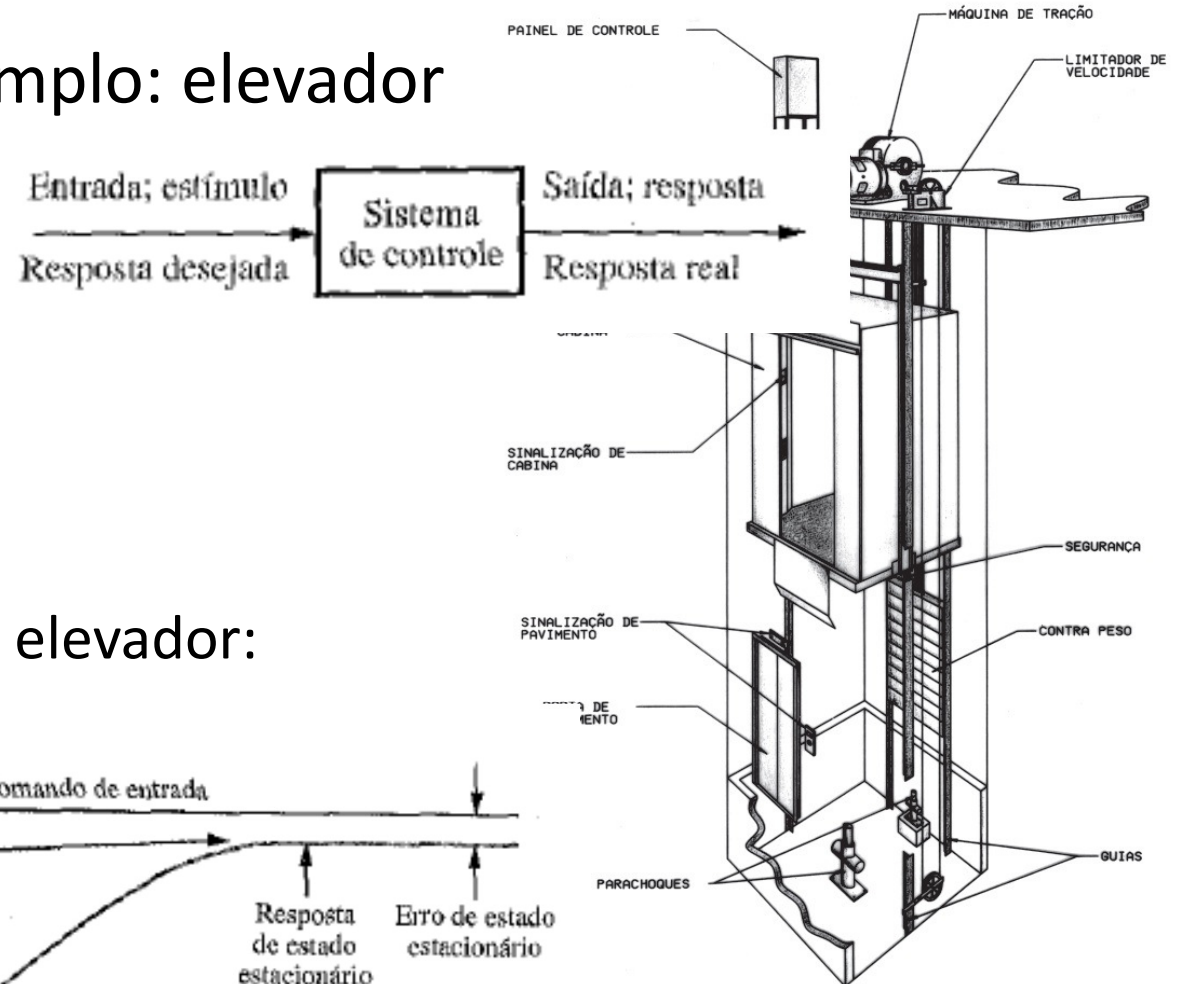


## Sinais Sistemas 1

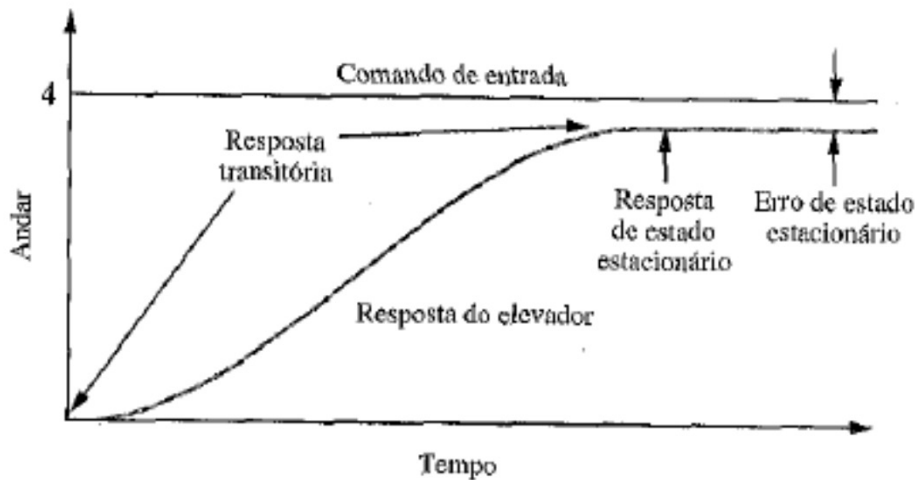
### Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- **Sistemas de Controle**
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

## • Outro exemplo: elevador



### – Resposta elevador:





# O que é um sinal?

## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1:

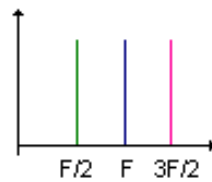
#### Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- **O que um sinal?**
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

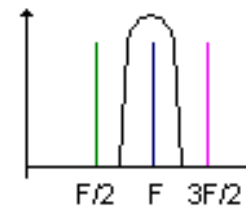
## • Análise de sinais

Representação em frequência

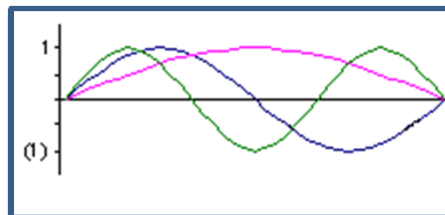
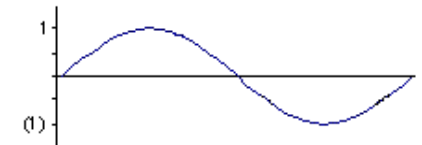
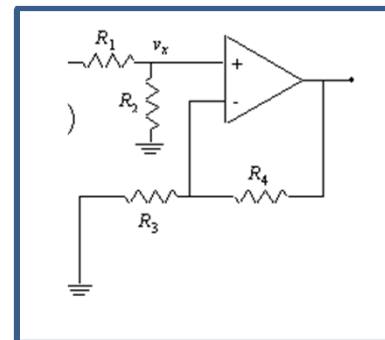
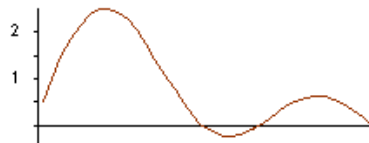
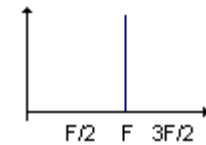
Espectro entrada  
(excitação)



Função transferência



Resposta em frequência



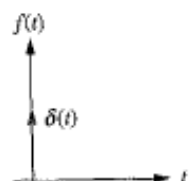
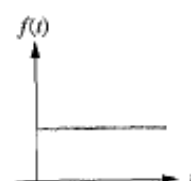
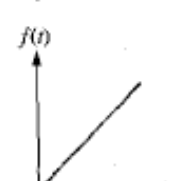
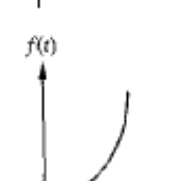
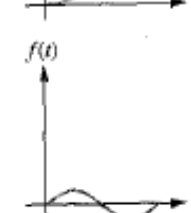


## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- **O que um sinal?**
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

## • Sinais entrada usuais:

Entrada	Função	Descrição	Esboço	Uso
Impulso	$\delta(t)$	$\delta(t) = \infty$ para $0- < t < 0+$ $= 0$ nos demais casos $\int_{0-}^{0+} \delta(t) dt = 1$		Modelagem de Resposta Transitória
Degradau	$u(t)$	$u(t) = 1$ para $t > 0$ $= 0$ para $t < 0$		Resposta Transitória; Erro de estado estacionário
Rampa	$tu(t)$	$tu(t) = t$ para $t \geq 0$ $= 0$ nos demais casos		Erro de estado estacionário
Parábola	$\frac{1}{2}t^2u(t)$	$\frac{1}{2}t^2u(t) = \frac{1}{2}t^2$ para $t \geq 0$ $= 0$ nos demais casos		Erro de estado estacionário
Senóide	$\sin \omega t$			Modelagem de Resposta Transitória; Erro de estado estacionário



# Configurações de sistemas

## Sinais Sistemas 1

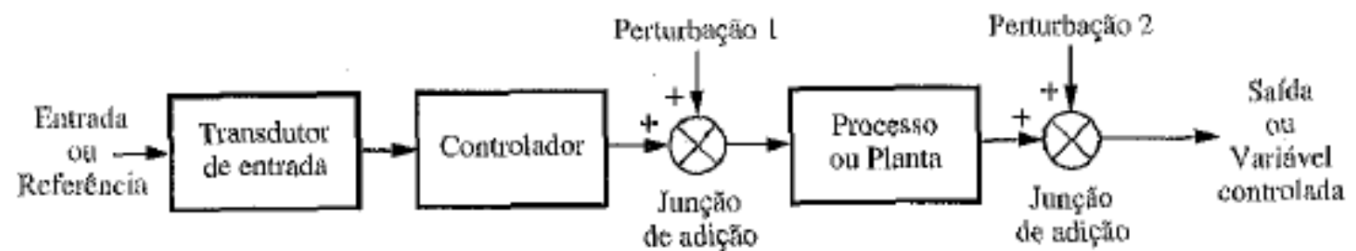
### Capítulo 1:

#### Introdução

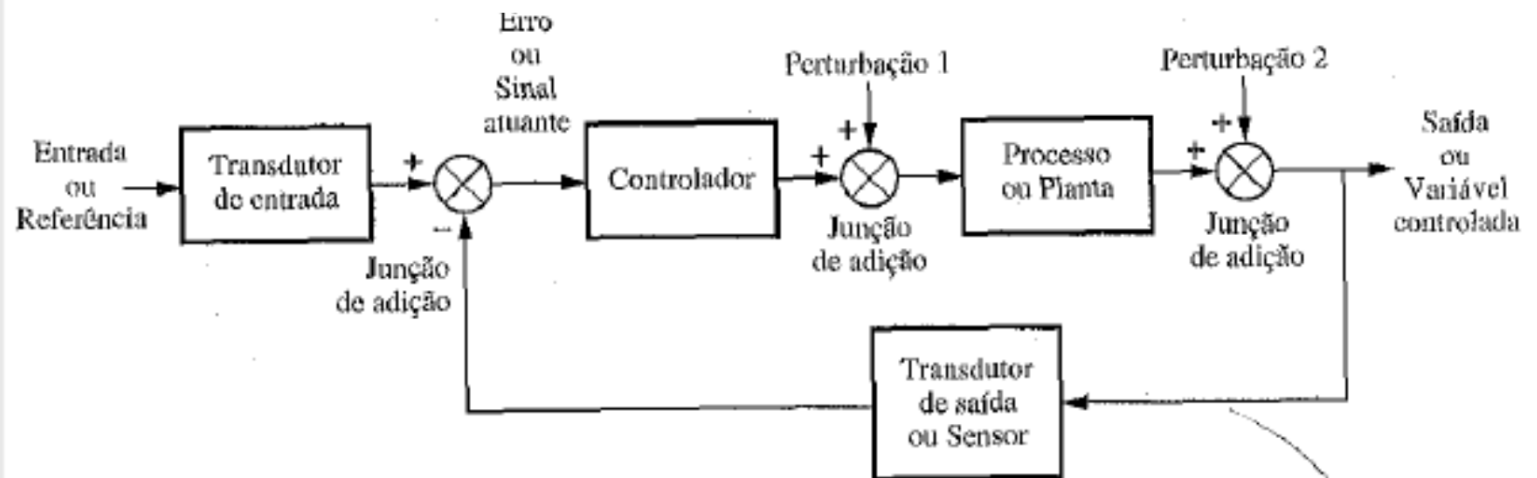
- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- **Configurações de sistemas**
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

## • Malha aberta

- Alta sensibilidade a distúrbios
- Dificuldade em corrigir distúrbios



## • Malha fechada



# Análise de sistemas

## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- **Análise de sistemas**
- Projeto de sistemas
- Exercícios

## • Análise

- Avaliação do comportamento de um sistema em diferentes condições

## • Estabilidade

Resp. sistema = Resp. **Natural (homogênea)** + Resp. **Forçada (particular)**

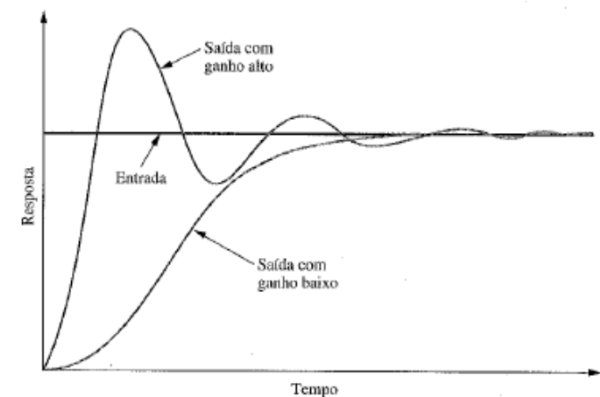
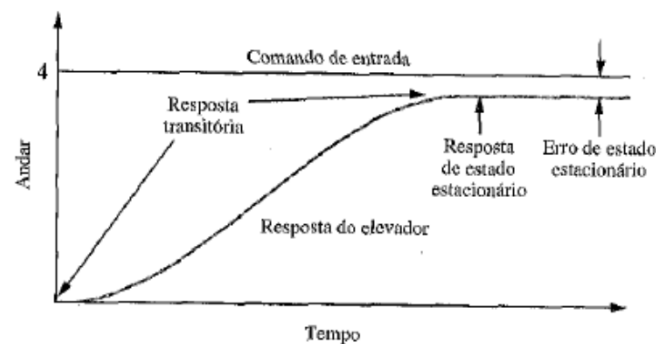
- Depende da entrada
- deve tender a zero (deixando somente forçada) ou oscilar
- Descreve se o sistema dissipa ou adquire energia
- Forma depende somente do sistema e não da entrada

## • Resposta transitória

- Transitório = resp. natural (**grande**) + forçada (**pequena**)

## • Resposta de estado estacionário (permanente)

- Transitório = resp. natural (**pequena**) + forçada (**grande**)





# Projeto de sistemas

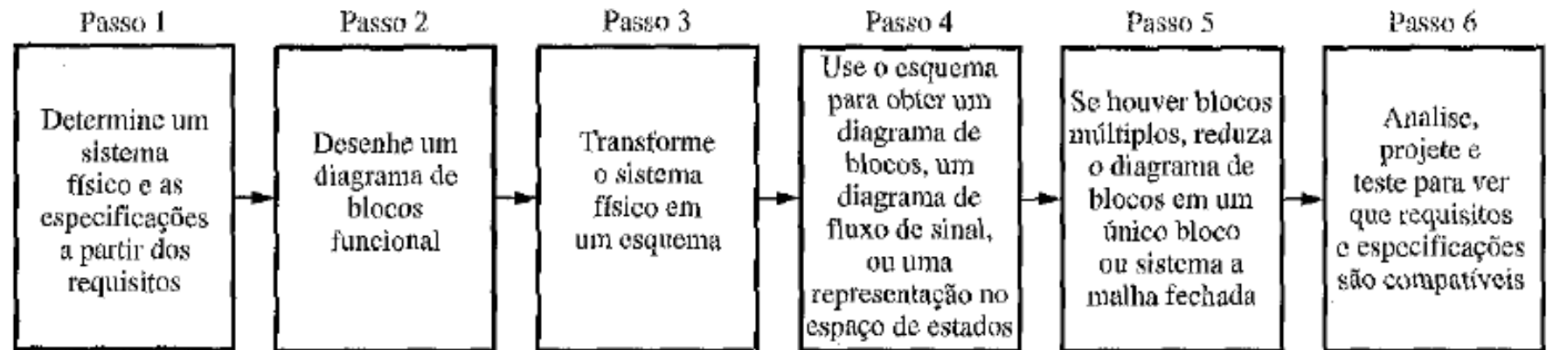
## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1:

#### Introdução

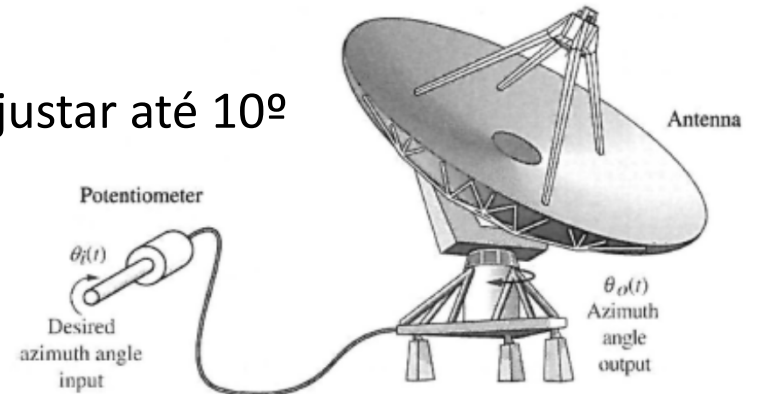
- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- **Projeto de sistemas**
- Exercícios

## • Passos:



## — Passo 1: especificações e requisitos

- Controle ângulo azimuth
- Correção automática
- Erro  $< 2^\circ$
- Máximo de 5s para ajustar até  $10^\circ$





## Sinais Sistemas 1

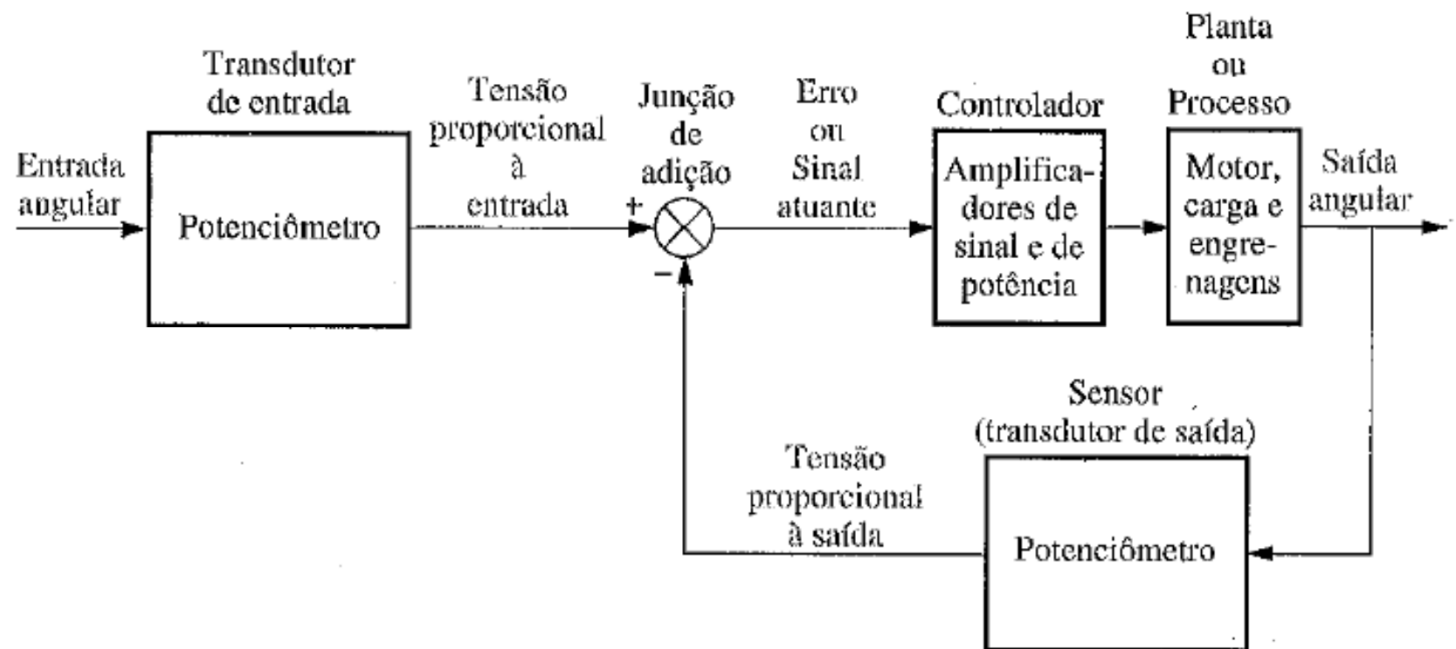
### Capítulo 1:

#### Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- **Projeto de sistemas**
- Exercícios

## — Passo 2: diagrama de bloco

- Partes do sistema
- Interconexão e fluxo da informação (ou sinais)





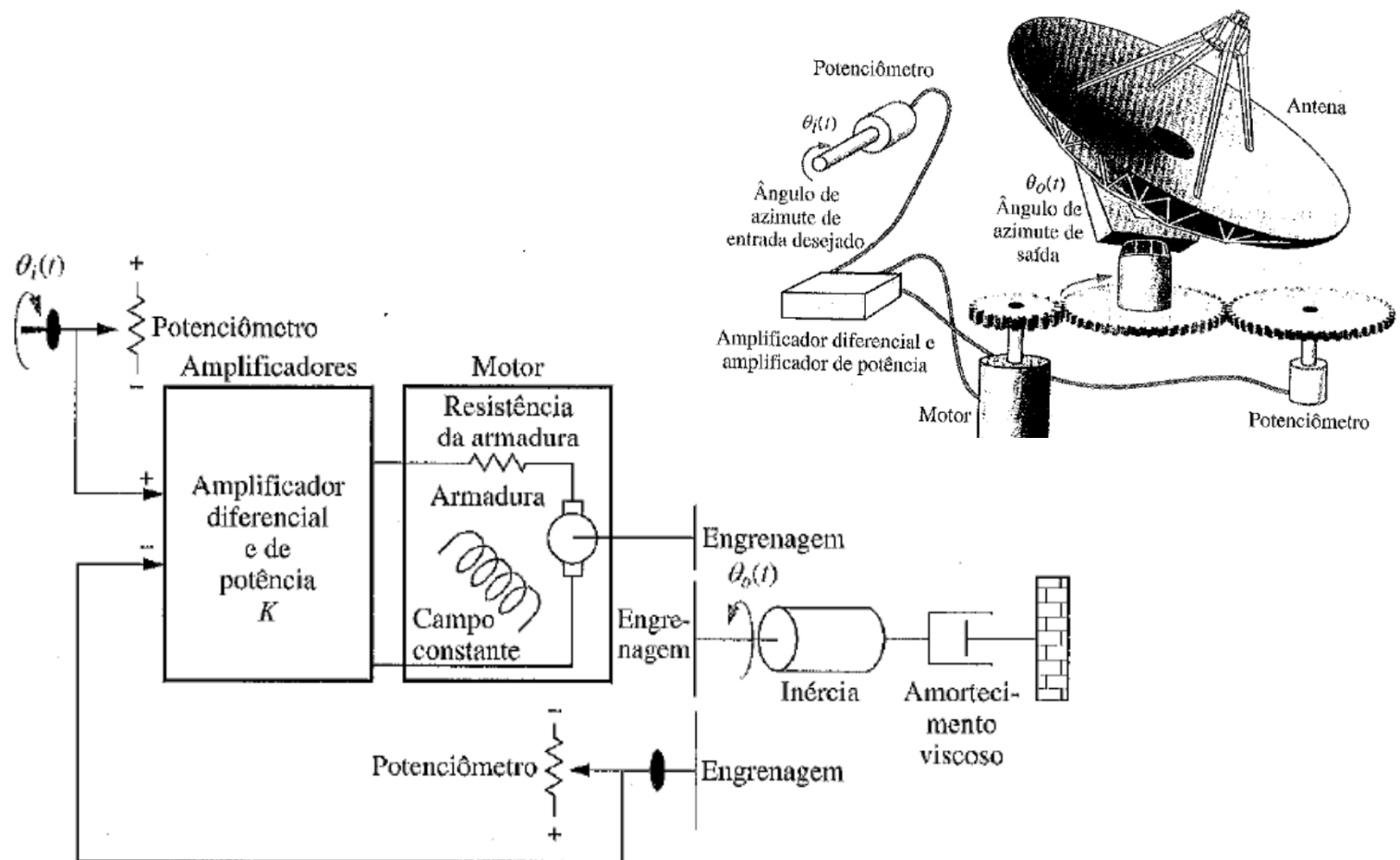
## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- **Projeto de sistemas**
- Exercícios

## — Passo 3: esquemático do sistema

- Usa elementos mecânicos, elétricos, eletrônicos ou eletromecânicos para modelar o sistema





## Sinais Sistemas 1

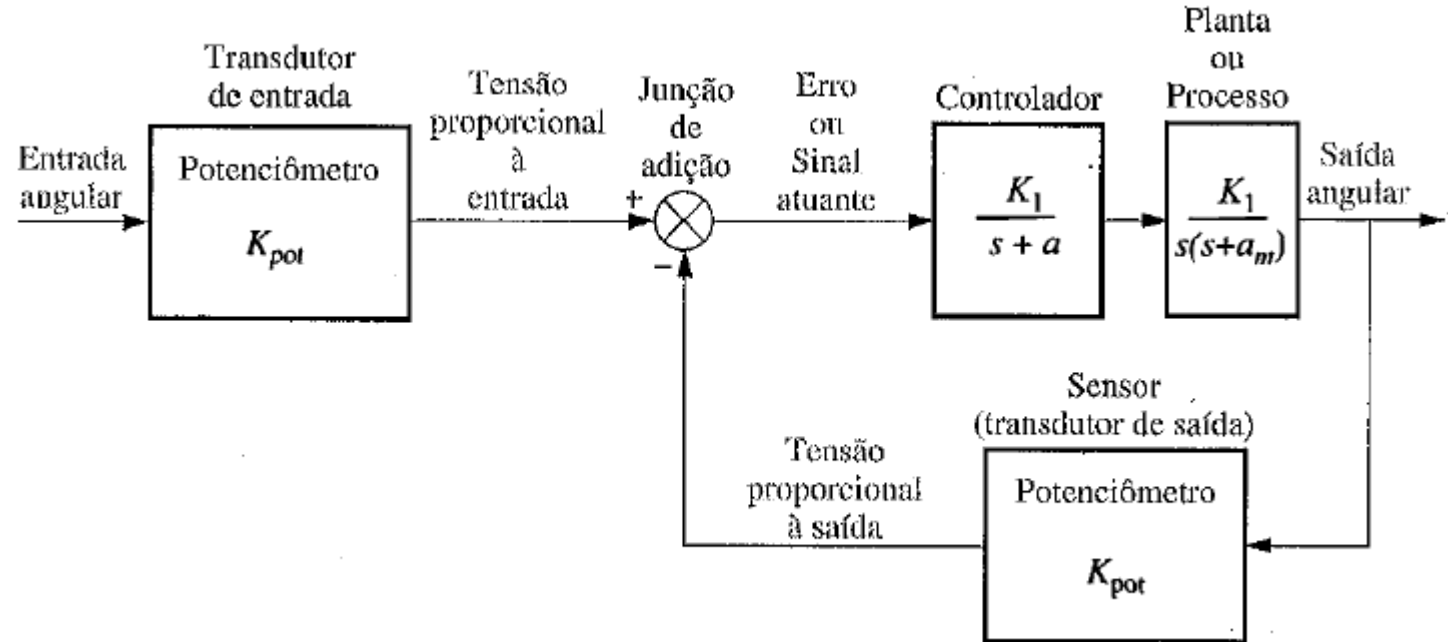
### Capítulo 1:

#### Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- **Projeto de sistemas**
- Exercícios

## — Passo 4: modelo matemático do sistema

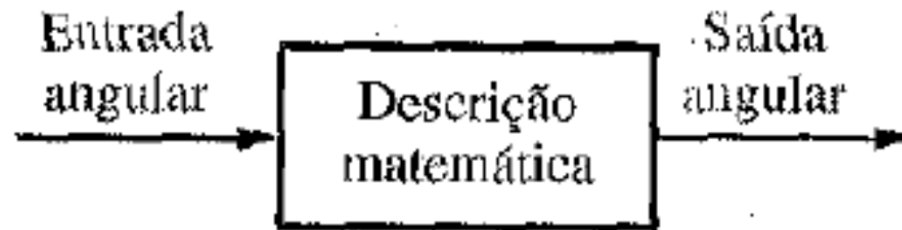
- Leis físicas (Kirchhoff, Norton, Newton ...) para fazer simplificações do sistema e entender seu comportamento em diversos cenários.
- Equações diferenciais
- Função de transferência (transformada de **Laplace**)





### — **Passo 5:** redução do diagrama de bloco

- Sistema como único bloco contendo a descrição matemática que representa aquele sistema.



### — **Passo 6:** análise e projeto

- Se responde aos requerimentos
- Ajustes
- Adicionar mais blocos para atender aos requerimentos



# Exercícios

## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

- Obs.: exercícios retirados do livro Engenharia de Sistemas de Controle, Nise (3ª edição)

**2.** Um sistema de controle de temperatura opera sentindo a diferença entre o ajuste do termostato e a temperatura real e em seguida abrindo uma válvula de combustível de uma quantidade proporcional a esta diferença. Desenhe um diagrama de blocos funcional a malha fechada semelhante ao da Fig. 1.9(d), identificando os transdutores de entrada e de saída, o controlador e a planta. Além disso, identifique os sinais de entrada e de saída para todos os subsistemas descritos anteriormente.

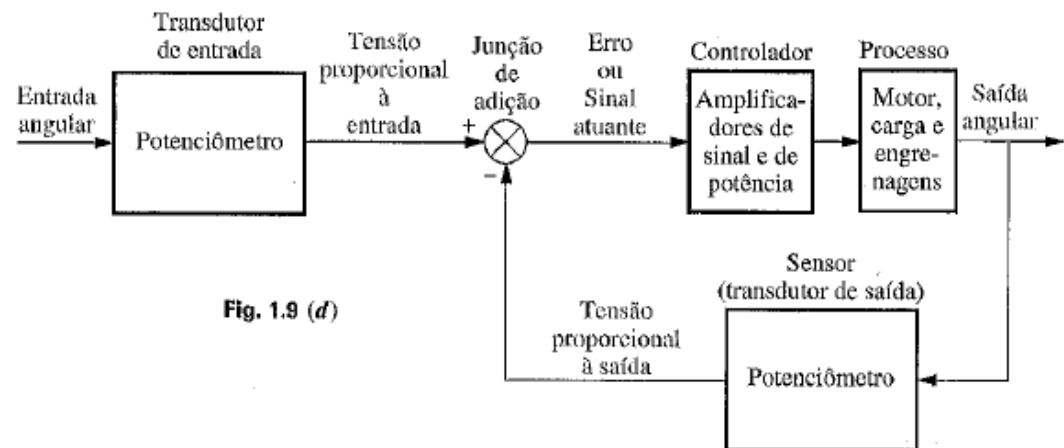


Fig. 1.9 (d)



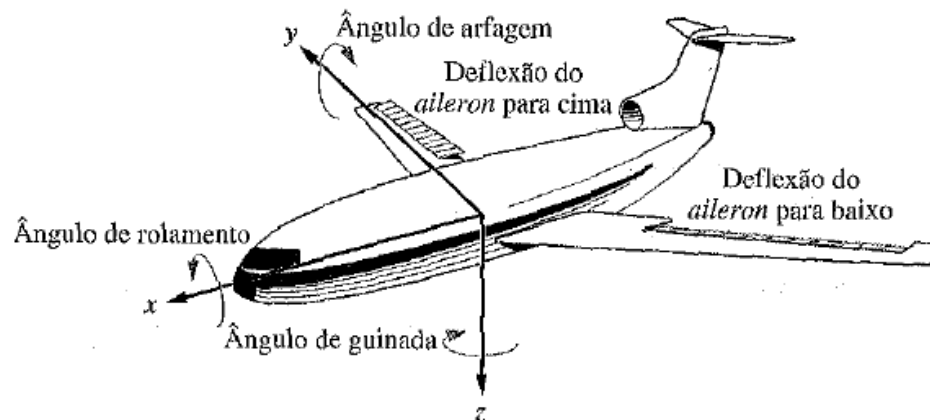
## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1:

#### Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

3. A atitude de uma aeronave varia em rolamento, arfagem e guinada conforme definido na Fig. P1.2. Desenhe um diagrama de blocos funcional para um sistema a malha fechada que estabilize o rolamento como a seguir: o sistema mede o ângulo de rolamento real com um dispositivo giroscópico e compara o ângulo de rolamento real com o ângulo de rolamento desejado. Os *aileron*s respondem ao erro de ângulo de rolamento efetuando uma deflexão angular. A aeronave responde a esta deflexão angular produzindo uma velocidade angular de rolamento. Identifique os transdutores de entrada e de saída, o controlador e a planta. Além disso, identifique a natureza de cada sinal.





UFU

Prof. Alan  
www.alan.eng.br

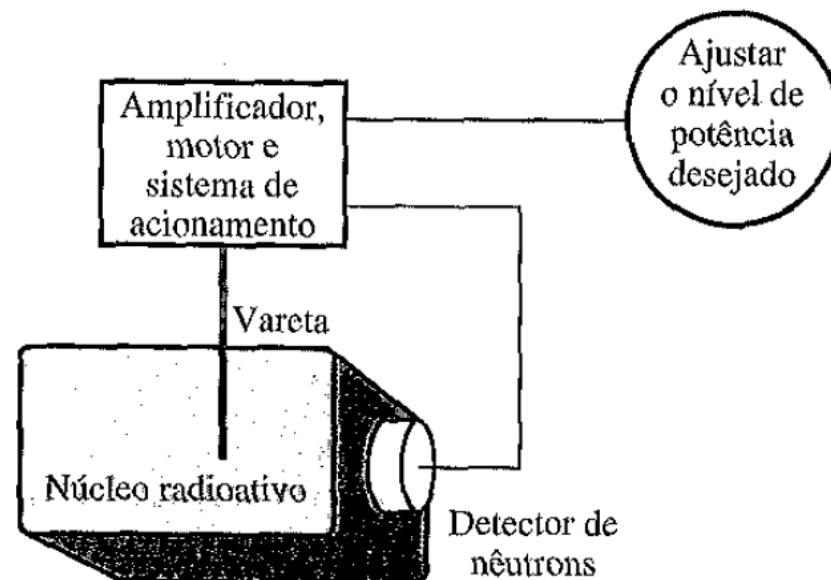
## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1:

#### Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

5. Em uma usina nuclear geradora de energia, o calor proveniente de um reator é usado para gerar vapor para as turbinas. A taxa da reação de fissão determina a quantidade de calor gerada, e esta taxa é controlada através de varetas inseridas dentro do núcleo radioativo. As varetas regulam o fluxo de nêutrons. Se as varetas forem baixadas dentro do núcleo, a taxa de fissão diminuirá; se as varetas forem elevadas, a taxa de fissão aumentará. Através do controle automático da posição das varetas, a quantidade de calor gerada pelo reator pode ser regulada. Desenhe um diagrama de blocos para o sistema de controle do reator nuclear mostrado na Fig. P1.4. Mostre todos os blocos e sinais.





UFU

Prof. Alan  
www.alan.eng.br

## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1:

#### Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

6. Uma universidade deseja estabelecer um modelo de sistema de controle que represente a população de estudantes como saída e tendo a população desejada de estudantes como entrada. A administração determina a taxa de admissões comparando as populações de estudantes atual e a desejada. O setor de admissões usa então esta taxa para admitir estudantes. Desenhe um diagrama de blocos mostrando a administração e o setor de admissões como blocos do sistema. Mostre também os seguintes sinais: a população de estudantes desejada, a população de estudantes real, a taxa de estudantes desejada determinada pela administração, a taxa de estudantes real gerada pelo setor de admissões, a taxa de evasão e a taxa líquida de entrada.



## Sinais Sistemas 1

### Capítulo 1:

#### Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

**8.** Sua banheira doméstica é um sistema de controle que mantém o nível de água constante. Uma vazão constante da torneira produz um nível constante de água, porque a vazão através do escoamento aumenta conforme o nível de água aumenta e diminui conforme o nível de água diminui. Após o equilíbrio ter sido alcançado, o nível pode ser controlado através da vazão de entrada. Uma vazão de entrada baixa produz um nível mais baixo, enquanto uma vazão de entrada maior produz um nível maior.

- a.** Esboce um sistema de controle que use este princípio para controlar precisamente o nível de fluido em um reservatório. Mostre as válvulas de entrada e de escoamento, o reservatório, alguns sensores e transdutores, e a interconexão de todos os componentes.
- b.** Desenhe um diagrama de blocos funcional do sistema identificando os sinais de entrada e de saída de cada bloco.