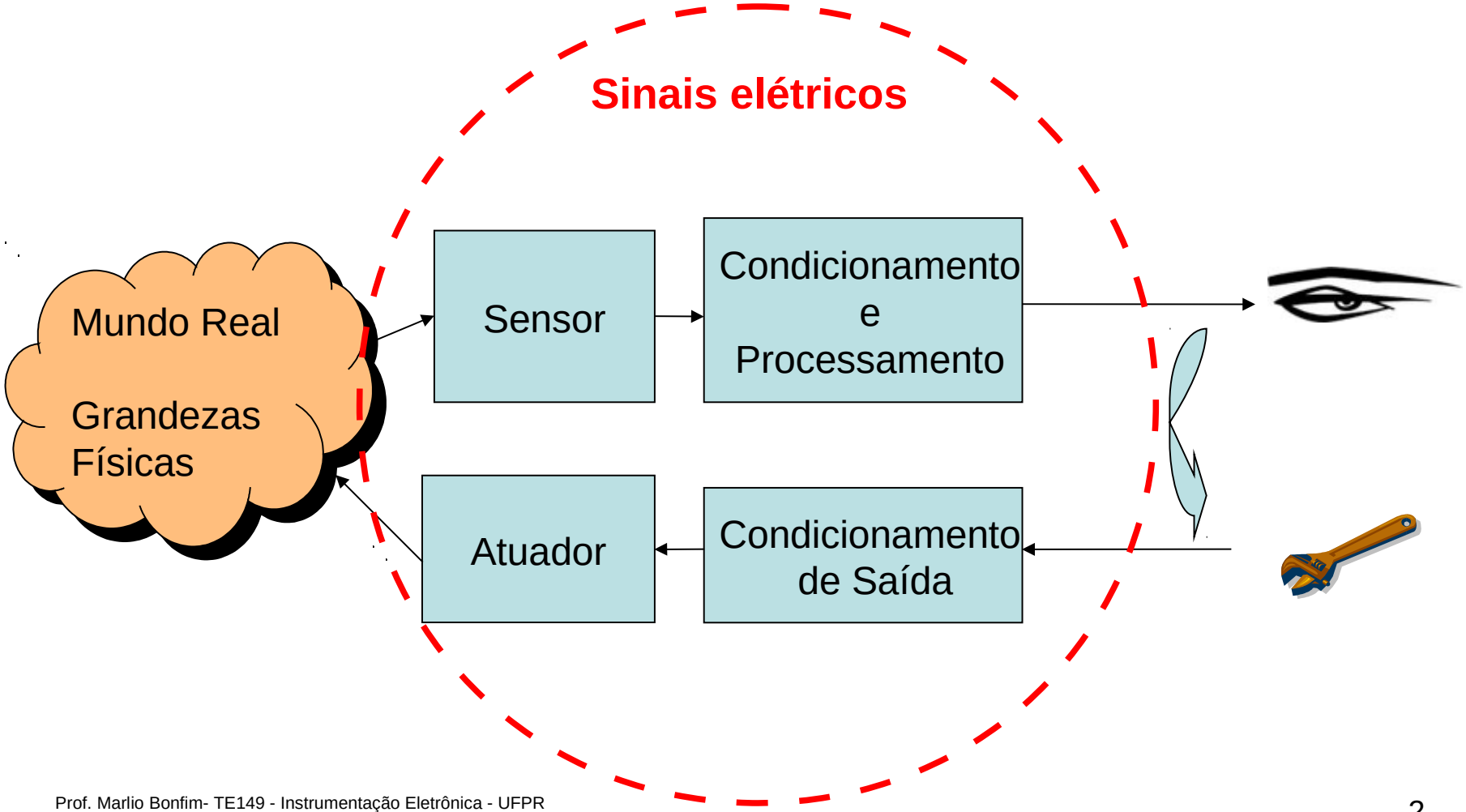
Instrumentação Eletrônica TE331

Prof. Marlio Bonfim

UFPR

2021

Instrumentação Eletrônica



Por que Eletrônica ?

- Facilidade de manipulação do sinal elétrico (amplificação, filtragem, processamento, transmissão)
- Existência de transdutores diversos e de baixo custo
- Baixo tempo de resposta: capacidade de processamento em “tempo real”.
- Controle de processos complexos com múltiplas variáveis

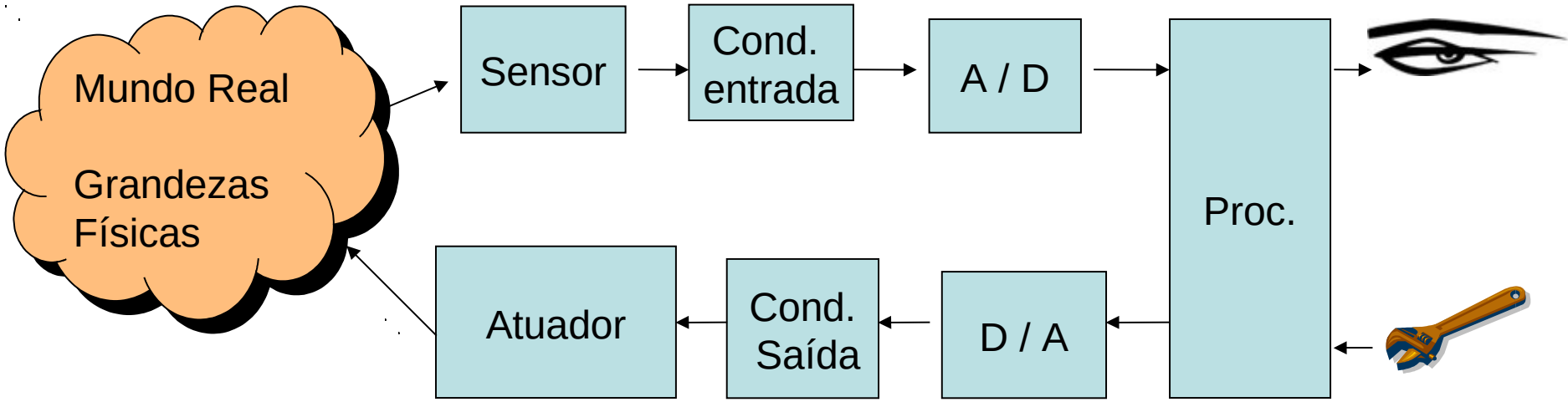
Vantagens do tratamento elétrico do sinal

- Amplificação: a medida é feita extraindo-se o mínimo de energia do sistema
- Facilidade de processamento: filtragem, conversão A/D e D/A, modulação/demodulação
- Transmissão a longas distâncias (telemetria): cabos elétricos, fibras ópticas, redes sem fio.

Instrumentação Digital

- Redução do ruído no processamento, transmissão, armazenamento
- Flexibilidade para alterações
- Possibilidade de efetuar processamentos complexos e com múltiplas variáveis
- Facilidade de manipulação de dados e aplicação de algorítmos

Instrumentação Digital



Transdutores/Sensores

dispositivos que convertem um sinal de uma grandeza qualquer em outra

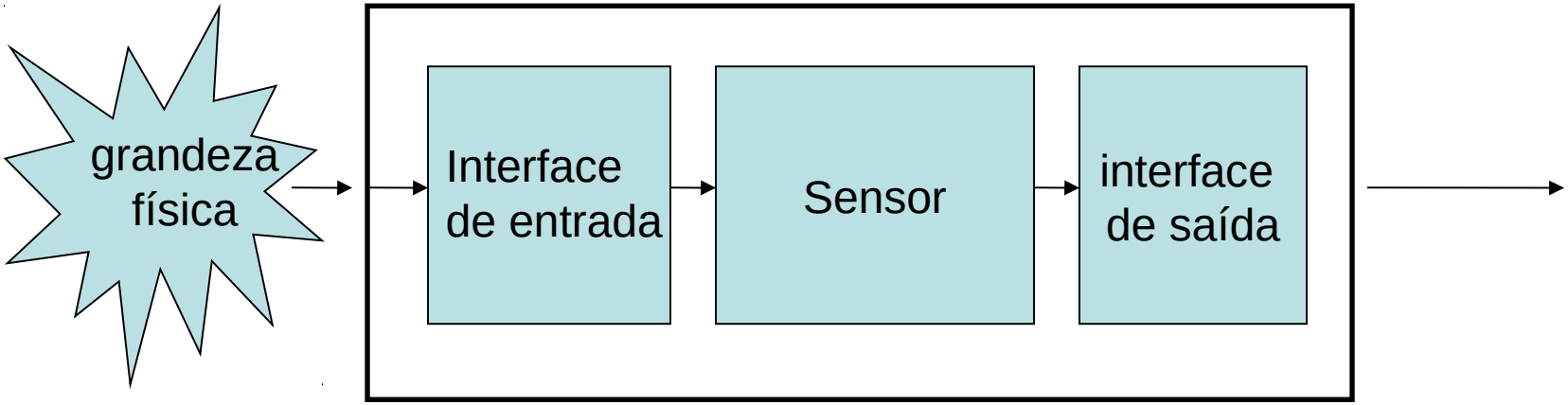
(temperatura, pressão, umidade, deslocamento, velocidade, aceleração, força, luminosidade, campo magnético, vazão de fluidos, nível de liquido,...)

Tambem são chamadas de variáveis de entrada ou simplesmente variáveis.

- Transdutores de entrada: Convertem uma determinada grandeza em sinal elétrico

- Transdutores de saída (ou atuadores): Convertem um sinal elétrico numa grandeza física

Transdutor x Sensor



Sensores e Transdutores

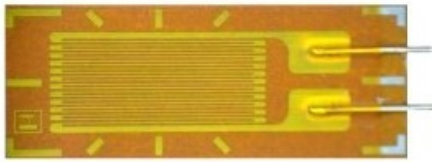
Sensores: são elementos que possibilitam a conversão de uma determinada grandeza em outra que seja passível de processamento (elétrica)

Transdutores: são sistemas compostos por sensores associados a outros dispositivos (elétricos, eletrônicos ou mecânicos), de modo a facilitar a leitura e processamento do sinal fornecido pelo sensor.

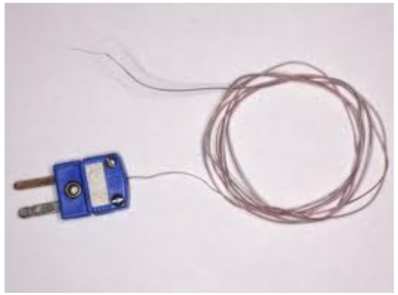
Sensores e Transdutores

Sensores:

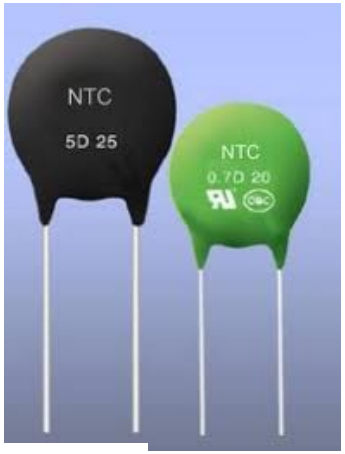
- extensômetro:



- termopar:



- termistores:



- magnetoresistor:

- Sensor de Luz:

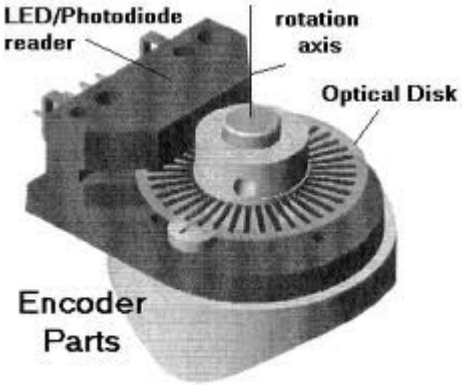
- Sensor de umidade:

Sensores e Transdutores

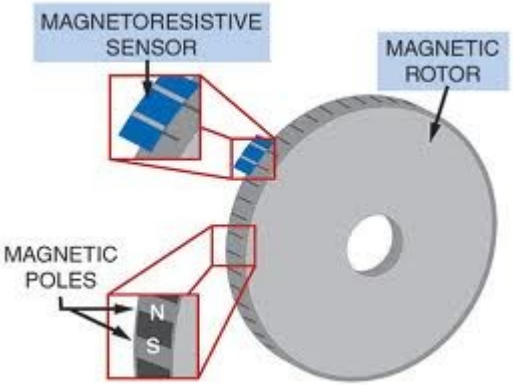
Transdutores:

- Célula de carga:

- Codificador de rotação óptico:



- Codificador de rotação magnético:



Transdutores: Classificação

Critério	Classificação	Exemplo
natureza da Entrada	mecânica	potenciômetro, extensômetro
	temperatura	RTD, termopar, termistor
	radiação	LDR, fototransistor
	magnética	MR, GMR, efeito hall
	elétrica	TP, TC
característica elétrica variável	tensão, corrente	termopar, efeito hall, efeito piezoelétrico
	resistência	transd. resistivos: termistor, potenciômetro
	capacitância	trans. capacitivos: nível de liquido, posição
	indutância	transd. indutivos: LVDT, posição, presença
tipo de transdução	direta	deslocamento
	indireta	velocidade
Sinal de Saída	digital	codificador ótico
	analógico	potenciômetro
Alimentação Externa	ativo	termopar, piezoelétrico, fotocélula
	passivo	termistor, entensômetro, fotoresistor

Transdutores: Critérios de Seleção

1. variável física (temperatura, luz,...)
2. faixa de medição (ex -20 a 140°C)
3. exatidão requerida
4. sensibilidade/resolução/precisão
5. cond. físicas: conexões, montagem
6. cond. ambientais: temperatura, vibração

Transdutores: Sensibilidade

- A sensibilidade de um sensor ou transdutor de entrada é a relação da grandeza elétrica de saída pela grandeza física (ou química) de entrada. A sensibilidade é também chamada de ganho.
- Em um transdutor de saída a sensibilidade é a relação da grandeza física (química) de saída pela grandeza elétrica de entrada.
- Matematicamente é representada pela derivada parcial da variável de saída (y) em relação à variável de entrada (x):

$$S = \frac{\partial y}{\partial x}$$

Transdutores: Sensibilidade

- Caso o transdutor não seja linear, a sensibilidade é dependente da faixa de operação
- A dimensional da sensibilidade é dependente das grandezas de entrada e saída.
  - Ex: Termopar: 40 [μV/ºC], fotodiodo: 1 [mA/cd]; extensômetro: 2 [Ω/μm]
- A sensibilidade também pode ser avaliada em termos percentuais e neste caso é adimensional
- A sensibilidade pode ser aumentada com amplificação
- A sensibilidade a outras variáveis ambientais (temperatura, pressão, umidade, tempo, etc) deve ser levada em conta na caracterização de um transdutor

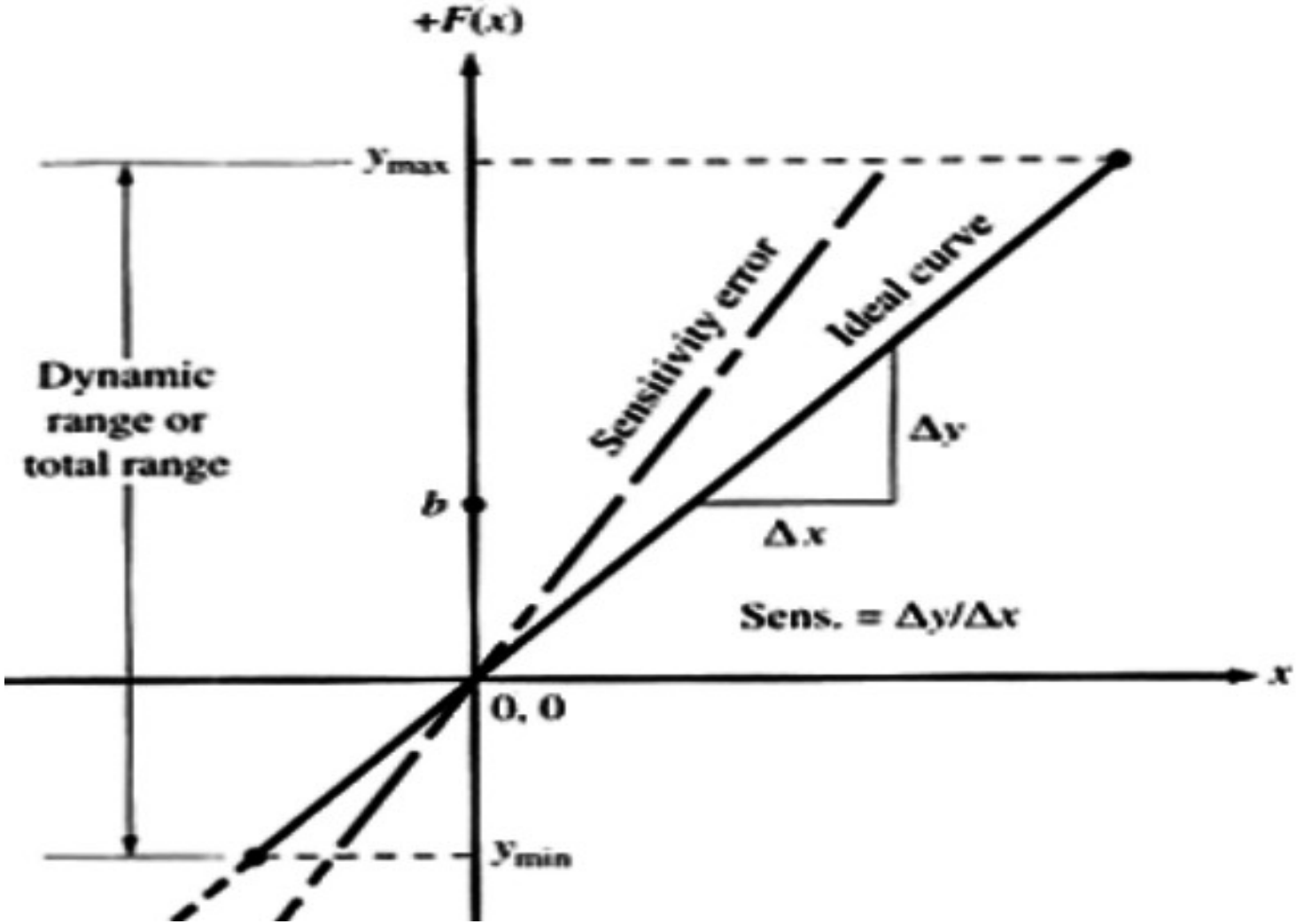
Transdutores: Faixa dinâmica

- É a faixa de operação do transdutor em relação à variável de entrada
- É representada pelos valores mínimos e máximos da grandeza de entrada que levam a um correto funcionamento do processo de transdução
- Tem a mesma dimensional da grandeza de entrada

Ex: Termopar: -200 a 1000 [ºC], fotodiodo: 0 a 1000 [cd]; acelerômetro: ±2 g

- Ultrapassar os limites da faixa dinâmica leva a erros de transdução (não linearidade, saturação) ou mesmo à destruição do transdutor

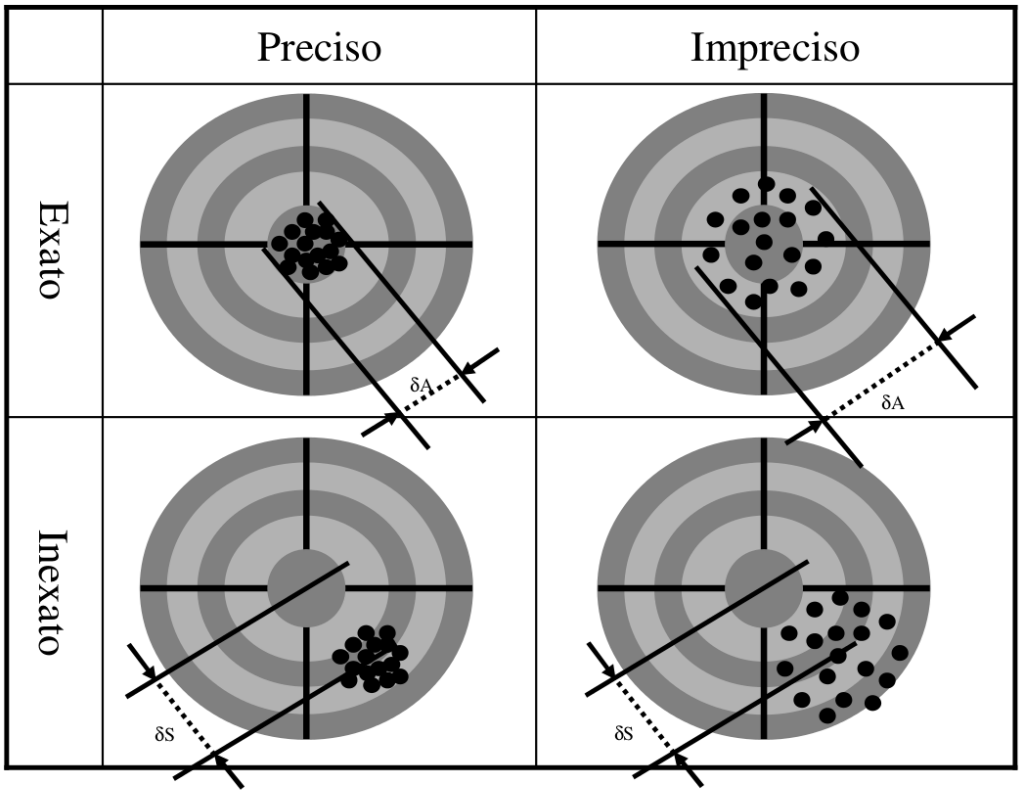
Transdutores: Sensibilidade e Faixa dinâmica



Noções de Exatidão, Precisão e Resolução

• ***Exatidão:*** está relacionada com o desvio do valor medido em relação ao valor **padrão** ou valor **exato**.
Ex : padrão = 1,000 Ω ; medida (a) = 1,010 Ω ; medida (b)= 1,100 Ω
⇒ (a) é mais exato que (b)

• ***Precisão:*** está relacionada com a repetibilidade, i. e., o grau de proximidade entre várias **medidas consecutivas** efetuadas ao longo do tempo.
Ex: instrumento (a) instrumento (b)
leitura 1 = 1,002 Ω leitura 1 = 1,101 Ω
leitura 2 = 1,050 Ω Δ=0,06 leitura 2 = 1,098 Ω Δ=0,003
leitura 3 = 0,990 Ω leitura 3 = 1,100 Ω
⇒ (b) é mais preciso que (a)



δA → Erro Aleatório

δS → Erro Sistemático

• ***Resolução:***

-**de um transdutor com saída analógica**: é a menor variação que ele pode detectar na quantidade que está medindo. Geralmente é limitada pelo ruído (SNR).

Ex : uma célula de carga juntamente com o circuito de condicionamento possui uma faixa dinâmica de 0 a 2 V e um ruído analógico de 1 mV_{RMS}. A relação sinal/ruído deste transdutor é: SNR= 2000 e a resolução é 1 parte em 2000.

-**de um conversor A/D ou D/A:** está relacionado com o número de bits do conversor.

Ex : (a) 41⁄2 dígitos: 0 – 19999 ⇒ 1 parte em 2.10^4
(b) 31⁄2 dígitos : 0 – 1999⇒ 1 parte em 2.10^3
⇒ **(a) tem maior resolução que (b)**

(c) 12 bits : 1 parte em 2^{12} (4096)
(d) 8 bits : 1 parte em 2^8 (256)
⇒ **(c) tem maior resolução que (d)**