

Noções Básicas de Medidas e Algarismos Significativos

Profs. Drs. Adilton Carneiro & Theo Pavan

Departamento de Física

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP

O Sistema Internacional de Unidades (SI)

GRANDEZA	NOME	SÍMBOLO	DEFINIÇÃO
Comprimento	Metro	m	Distância percorrida pela luz, no vácuo, num intervalo de tempo de $1/299792458$ s.
Massa	Quilograma	kg	Massa de um cilindro padrão de platina-irídio conservada no Bureau Internacional de Pesos e Medidas em Sèvres, na França.
Tempo	Segundo	s	Duração de $9.192.631.770$ períodos da radiação de transição de dois níveis do estado fundamental do átomo do céσιο 133.
<i>Observações</i> 1. Note que os símbolos não são abreviaturas, por isso não têm ponto final. 2. As definições serão discutidas mais adiante no curso, por isso, não é necessário decorá-las.			

Cada país deve ter laboratórios capazes de reproduzir os padrões ou cópias devidamente aferidas e cuidadosamente guardadas. No Brasil essa tarefa é desempenhada pelo INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, do Ministério da Indústria e do Comércio. Nos EUA-NIST, França-BPM, Alemanha-PTB,.....



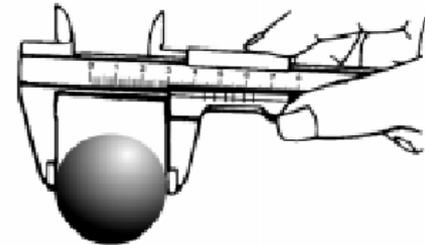
Unidades derivadas das fundamentais

QUADRO 2 – ALGUMAS UNIDADES DERIVADAS DO SI

GRANDEZA	NOME	SÍMBOLO
Área	Metro quadrado	m^2
Volume	Metro cúbico	m^3
Velocidade	Metro por segundo	m/s
Aceleração	Metro por segundo ao quadrado	m/s^2
Densidade	Quilograma por metro cúbico	kg/m^3

- Erros nas Medidas

- O ato de medir é, em essência, um ato de comparar, e essa comparação envolve erros de diversas origens (dos instrumentos, do operador, do processo de medida, etc.).





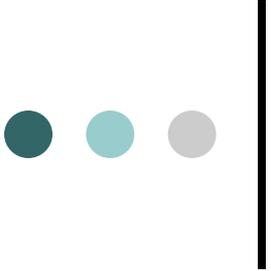
CLASSIFICAÇÃO DOS ERROS

- **Erros grosseiros:** são erros que resultam de uma desatenção do experimentador.
- **Erros sistemáticos:** são erros oriundos de causas constantes e que afetam as medidas de um modo uniforme.
- **Erros acidentais:** são erros que resultam de causas indeterminadas e afetam de modo imprevisível as medidas.



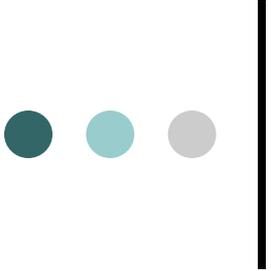
Erros, efeitos e correções

- Toda medida tem imperfeições que levam a erros. Tradicionalmente o erro é visto como tendo duas componentes: uma aleatória e outra sistemática.
- O erro aleatório tem origem em efeitos imprevisíveis e estocásticos. Embora esse erro não possa ser eliminado, pode ser reduzido por um grande número de medidas. ($X \pm SD$ --SD não é uma medida do erro aleatório !)
- **REF: Apostila sobre erros**



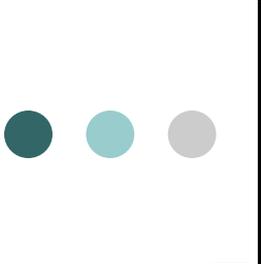
Erros, efeitos e correções

- O erro sistemático também não pode ser eliminado, mas pode ser reduzido. Se esse erro aparece devido a um efeito reconhecido. Pode ser quantificado e se de valor significativo para a precisão requerida na medida uma correção pode ser realizada.
- Exemplo: distorção na saída do transdutor devido ao efeito de casamento de impedância



Incerteza

- A incerteza de uma medida reflete a falta de conhecimento de seu valor exato. Mesmo após as correções de erros sistemáticos o valor encontrado é ainda uma estimativa do valor verdadeiro.
- Planejamento do experimento, condições ambientais, padrões, constantes, aproximações, etc..



Incertezas

- Tipo A: Método de cálculo envolve uma análise estatística de uma série de observações
 - Média
 - Variância
- Tipo B: Método de cálculo envolve todos os outros métodos que não sejam estatísticos
 - Dados anteriores
 - Experiência ou conhecimento sobre os materiais e instrumentos utilizados
 - Especificação do fabricante
 - Calibrações
 - Handbooks



VALOR MÉDIO DE UMA SÉRIE DE MEDIDAS (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$



**DESVIO ABSOLUTO PARA
CADA MEDIDA (Δx_i)**

$$\Delta x_i = |x_i - \bar{x}|$$



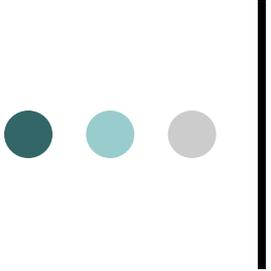
**DESVIO RELATIVO PARA
CADA MEDIDA (δx_i)**

$$\delta x_i = \frac{\Delta x_i}{\bar{x}}$$



DESVIO MÉDIO ABSOLUTO

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i$$



DESVIO MÉDIO RELATIVO

$$\delta \bar{x} = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}}$$



DESVIO-PADRÃO DE UMA AMOSTRA

$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n-1}}$$



DESVIO PADRÃO DO VALOR MÉDIO

$$\varepsilon = \frac{\sigma x}{\sqrt{n}}$$



DESVIO AVALIADO ABSOLUTO (Δ)

É definido como sendo a metade da menor divisão da escala do instrumento utilizado. Isto faz com que o desvio absoluto só deva ter um único algarismo significativo.

Ex: de uma régua = 0,5 mm ou 0,05 cm
de um paquímetro = 0,05 mm ou 0,005 cm



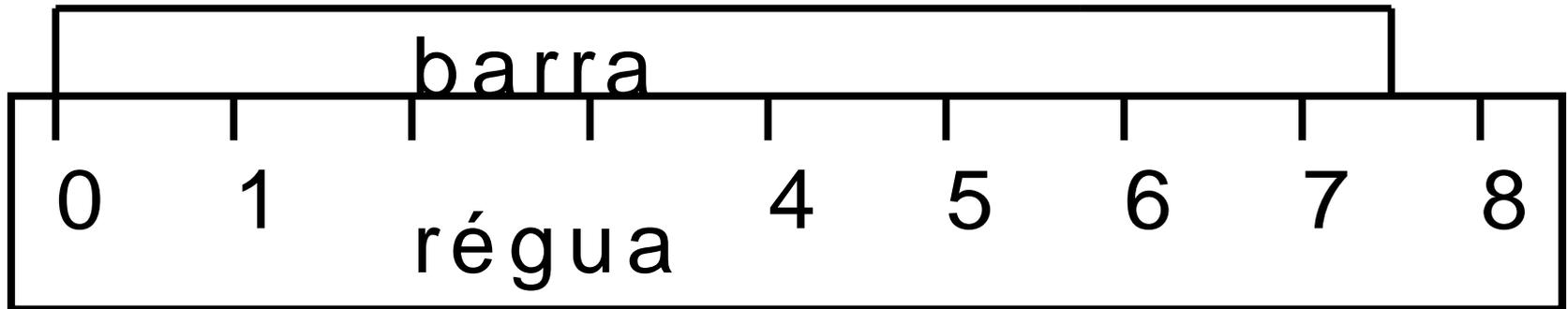
APRESENTAÇÃO DO RESULTADO

$$\bar{x} - \Delta\bar{x} \leq x \leq \bar{x} + \Delta\bar{x}$$

OU

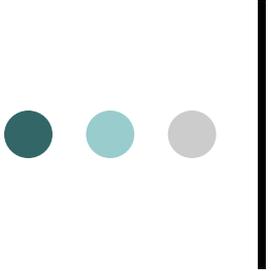
$$x = \bar{x} \pm \Delta\bar{x}$$

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS:



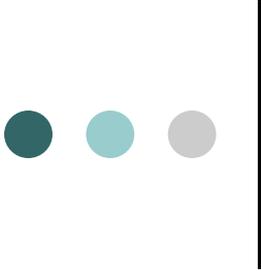
Comprimento da Barra

7,50 cm; 7,55 cm; 7,4 cm; ou 7,6 cm ?



Número de algarismos significativos

- $7,5 \text{ cm} = 0,075 \text{ m} = 0,000075 \text{ km}$
(têm dois algarismos significativos);
- $0,0750 \text{ m}$ tem três significativos
- $7,5000 \text{ cm}$ tem cinco significativos
- $3,10 \times 10^2$ (três significativos) ou
- $3,1 \times 10^2$ (dois significativos).



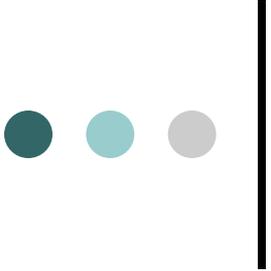
OPERAÇÃO DE ADIÇÃO E SUBTRAÇÃO

- Adição

$$20,23 + 17,853 + 23,78 + \mathbf{2,6} = 64,5$$

- Subtração

$$154,75 - \mathbf{110,1} = 44,7$$



OPERAÇÃO DE MULTIPLICAÇÃO OU DIVISÃO

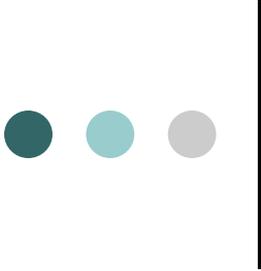
- Multiplicação

$$18,56 \times 6,82 = 127 \text{ (três significativos)}$$

- Divisão

$$68,32 / \mathbf{3,2} = 21 \text{ (dois significativos)}$$

$$\mathbf{3,2} / 68,32 = 0,047 \text{ (dois significativos)}$$

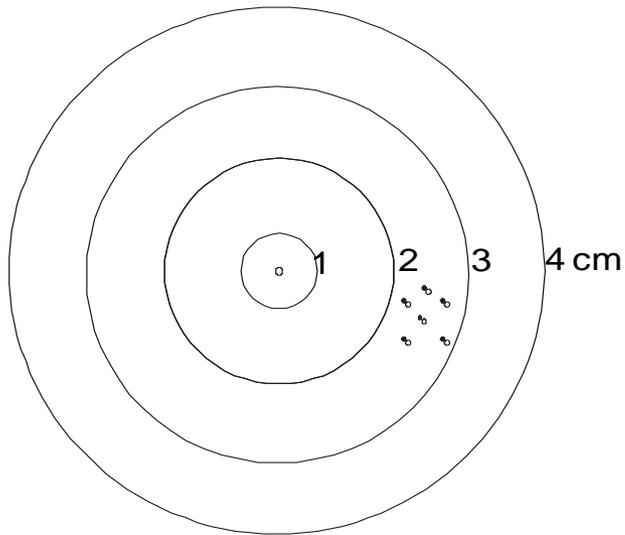


ÍNDICES DE EXATIDÃO

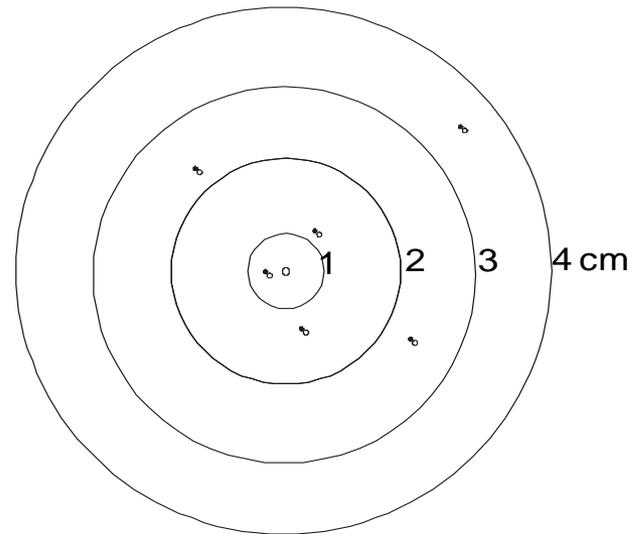
- **PRECISÃO:** Uma medida é tão mais precisa quanto mais próxima estiver do valor médio da grandeza associada.
- **EXATIDÃO:** Uma medida é tão mais exata quanto menor for o "vício" da medida, ou seja, a diferença entre o valor mais provável (valor médio) encontrado e o verdadeiro valor da grandeza medida, suposto teoricamente conhecido.

ÍNDICES DE EXATIDÃO

Atirador 1

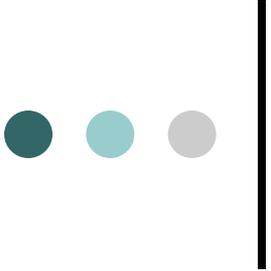


Atirador 2



Quem foi mais preciso: o atirador 1 ou o 2?

Quem foi mais exato: o atirador 1 ou o 2?



PROPAGAÇÃO DOS DESVIOS

Dadas as medidas de duas grandezas físicas:

$$a = \bar{a} \pm \Delta\bar{a} \quad \text{e} \quad b = \bar{b} \pm \Delta\bar{b}$$

Se efetuarmos operações com **a** e **b**, os desvios cometidos acumular-se-ão:

a) **Produto** ou **quociente**: os **desvios médios relativos** se somam

$$a \cdot b = (\bar{a} \cdot \bar{b}) \pm [\bar{a} \cdot \bar{b} \left(\frac{\Delta\bar{a}}{\bar{a}} + \frac{\Delta\bar{b}}{\bar{b}} \right)]$$

$$\frac{a}{b} = \left(\frac{\bar{a}}{\bar{b}} \right) \pm \left[\frac{\bar{a}}{\bar{b}} \left(\frac{\Delta\bar{a}}{\bar{a}} + \frac{\Delta\bar{b}}{\bar{b}} \right) \right]$$

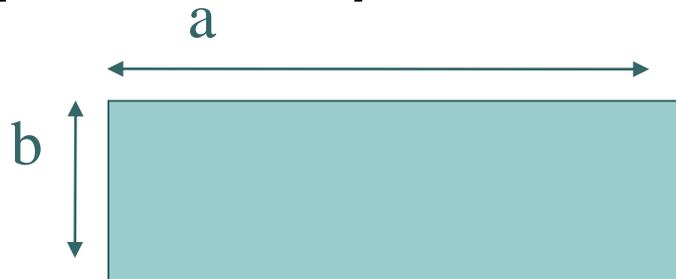
b) **Adição** ou **subtração**: os **desvios médios absolutos** se somam

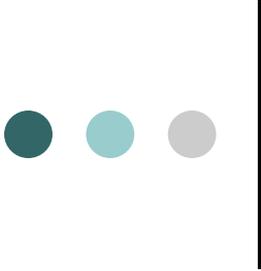
$$a + b = (\bar{a} + \bar{b}) \pm (\Delta\bar{a} + \Delta\bar{b})$$

$$a - b = (\bar{a} - \bar{b}) \pm (\Delta\bar{a} + \Delta\bar{b})$$

Exercício modelo

- Na medida dos lados **a** e **b** de uma placa retangular obtivemos os seguintes resultados, supostos mercedores da mesma confiança.
 - Lado a: 20.2cm; 20.1cm; 19.7cm 20.2cm; 19,8cm
 - Lado b: 9.8cm; 10.0cm; 10.3cm; 10.2cm; 9.7cm
- Determine:
- **a)** A maneira correta de se exprimir o lados **a** e **b**;
- **B)** Indique a área da placa





Resposta do exercício proposto

$$\bar{a} = \frac{20,2 + 20,1 + 19,7 + 20,2 + 19,8}{5} = 20,0 \text{ cm}$$

$$\Delta a_1 = |20,2 - 20,0| = 0,2 \text{ cm}$$

$$\Delta a_i = |a_i - \bar{a}|$$

$$\Delta \bar{a} = \frac{0,2 + 0,1 + 0,3 + 0,2 + 0,3}{5} = 0,2 \text{ cm}$$

$$\delta \bar{a} = \frac{0,2}{20,0} = 0,01 = 1\%$$

Portanto :

$$a = \bar{a} \pm \Delta \bar{a} = (20,0 \pm 0,2) \text{ cm}$$

ou :

$$19,8 \leq a \leq 20,2 \text{ cm}$$

$$\bar{b} = \frac{9,8 + 10,0 + 10,3 + 10,2 + 9,7}{5} = 10,0 \text{ cm}$$

$$\Delta b_1 = |9,8 - 10,0| = 0,2 \text{ cm}$$

$$\Delta b_i = |b_i - \bar{b}|$$

$$\Delta \bar{b} = \frac{0,2 + 0,0 + 0,3 + 0,2 + 0,3}{5} = 0,2 \text{ cm}$$

$$\delta \bar{b} = \frac{0,2}{10,0} = 0,02 = 2\%$$

$$b = (10,0 \pm 0,2) \text{ cm}$$

ou

$$9,8 \leq b \leq 10,2 \text{ cm}$$