

Introdução às Medidas em Física

(Turma 43)

Aula 04 14/04/2023

Gisell Ruiz Boiset

gisell@if.usp.br

Bloco F – Conjunto Alessandro Volta – sl. 209

Material preparado com base no material gentilmente cedido pela Profa Dra. Paula R. P. Allegro

Na aula de hoje

- Resumo dos principais pontos da aula anterior
- Conceitos:
 - Instrumentos de medida
 - Paquímetro
 - Micrômetro
 - Noções de estatística:
 - Propagação de Incertezas
 - Compatibilidade entre medidas
- Experiência 2.2: Densidade de Sólidos
 - Realizar medidas de diferentes objetos com paquímetro e micrômetro
 - Identificar os tipos de plásticos através da comparação das medidas (+incertezas) com valores tabelados

Referências para a aula de hoje:

- Apostila do curso (página principal do moodle):
 - Capítulo 3: Instrumentos de Medidas
 - Experiência II (Aulas 03 e 04): Densidade de Sólidos.

- Texto: Conceitos Básicos da Teoria de Erros (aba Material Didático / arquivos 2023)
 - Capítulo 2: Propagação de Erros e Incertezas

Incertezas instrumentais

- Precisão do instrumento de medida:
 - Instrumentos analógicos (ex. régua): é a metade da menor divisão
 - Instrumentos digitais (ex: multímetro): 1 unidade na escala do último dígito disponível

Incertezas estatísticas

- Flutuação no resultado das medidas

- Representação do resultado de N medidas x_i : **média** (\bar{x})

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

- Incerteza estatística do resultado das medidas: **desvio padrão da média** (σ_m)

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

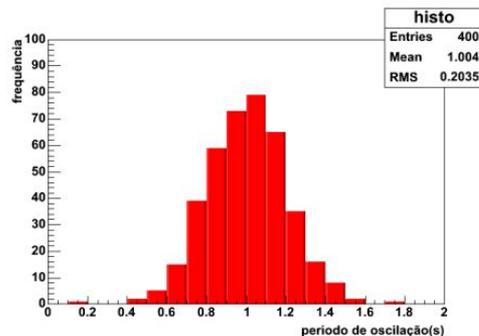
Sendo σ o desvio padrão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Equações válidas para medidas realizadas nas **mesmas condições** e que possuem as **mesmas incertezas** (instrumental + aleatórias)

- Distribuição de dados:

- **simétrica** em torno de um certo valor:
 - Valor médio = valor mais provável
 - **decrece** ao se afastar desse valor.



Incertezas sistemáticas

- A medida é desviada em uma única direção:
 - Ex: uma régua onde o primeiro mm está faltando e o experimentador não percebe
 - Todas as medidas serão 1 mm maiores do que deveriam
 - Ex: uma balança descalibrada e/ou com o zero deslocado
- Esse tipo de incerteza, em geral, só é percebida quando um resultado difere do esperado
 - Devem ser corrigidas ou refeitas

Da aula anterior: tipo de incertezas

- Tipos de incerteza que influenciam uma medida:
 - Instrumental
 - precisão do instrumento utilizado para realizar a medida direta de uma grandeza
 - dificuldade de realizar essa medida
 - Estatística
 - flutuação no resultado de uma mesma medida.
 - Cálculo de média, desvio padrão e desvio padrão da média
 - Sistemática
 - Aquela onde a medida é desviada em uma única direção, tornando os resultados viciados.
 - Devem ser corrigidas ou refeitas

Qual é a incerteza total de uma medida?

- Incertezas resultantes do ato de medir:
 - Instrumental: σ_{inst}
 - Estatística: σ_{estat}
- Incerteza total da medida (σ): **combinação de todas as incertezas**

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{inst}^2 + \sigma_{estat}^2}$$

- Caso um tipo de incerteza seja dominante, pode-se desprezar a outra:
 - Período do pêndulo medido com o **relógio de pulso**:
Incerteza instrumental > estatística
 - Período do pêndulo medido com o **cronômetro de 0,01s**:
Incerteza estatística > instrumental

Incerteza relativa

- Incerteza absoluta (σ_{abs}): Valor apresentado no resultado

$$\text{Volume} = 27,4 \pm 0,5 \text{ cm}^3$$

- Incerteza relativa (σ_{rel}): Porcentagem da incerteza sobre o valor principal

$$\sigma_{rel} = \frac{\sigma_{abs}}{\text{valor principal}} = \frac{0,5}{27,4} = 0,018 \text{ ou } 1,8\%$$

- Assim, se o valor da incerteza representa 5% do valor medido:

$$\sigma_{abs} = \text{valor principal} \times 0,05$$

$$\sigma_{abs} = 27,4 \times 0,05 = 1,4$$

Propagação de incerteza

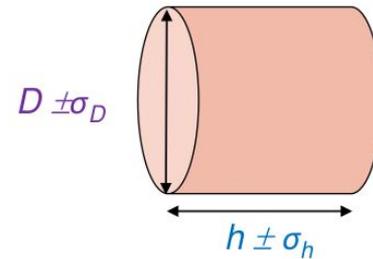
- E se uma grandeza depende de outras duas medidas, como por exemplo, na medida do volume de um cilindro? O que fazer?
- O volume (V) de um cilindro é dado por:

$$V = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 h$$

Onde:

D é o diâmetro do cilindro \pm incerteza (σ_D)

h é a altura do cilindro \pm incerteza (σ_h)



Propagação de incerteza

- A incerteza final (σ_V) no volume V do cilindro depende:
 - da incerteza no volume ($\sigma_{V\sigma_D}$) devido à incerteza (σ_D) no diâmetro do cilindro:

$$\sigma_{V\sigma_D} = \frac{V_{\text{máximo (devido a } \sigma_D)} - V_{\text{mínimo (devido a } \sigma_D)}}{2}$$

- da incerteza no volume ($\Delta V_{\Delta h}$) devido à incerteza (Δh) na altura do cilindro

$$\sigma_{V\sigma_h} = \frac{V_{\text{máximo (devido a } \sigma_h)} - V_{\text{mínimo (devido a } \sigma_h)}}{2}$$

- Assim:

$$\sigma_V = \sqrt{(\sigma_{V\sigma_D})^2 + (\sigma_{V\sigma_h})^2}$$

Assumindo que a incerteza devido ao diâmetro ($\sigma_{V\sigma_D}$) é independente da incerteza devido à altura ($\sigma_{V\sigma_h}$)

Definição de derivada

$$\frac{df}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \right)$$

$$x' = x + \Delta x / 2$$

$$\frac{df}{dx'} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{f(x' + \Delta x / 2) - f(x' - \Delta x / 2)}{\Delta x} \right)$$

$$\Delta x' = \Delta x / 2$$

$$\frac{df}{dx'} = \lim_{\Delta x' \rightarrow 0} \left(\frac{f(x' + \Delta x') - f(x' - \Delta x')}{2 \cdot \Delta x'} \right)$$

Cálculo da incerteza do volume do cilindro devido a variação do diâmetro

- Alguma semelhança entre as duas expressões abaixo?

$$\frac{df}{dx'} = \lim_{\Delta x' \rightarrow 0} \left(\frac{f(x' + \Delta x') - f(x' - \Delta x')}{2 \cdot \Delta x'} \right)$$

$$\sigma_V^D = \left[\frac{V(D + \sigma_D) - V(D - \sigma_D)}{2} \right]$$

Cálculo da incerteza do volume do cilindro devido a variação do diâmetro

- Alguma semelhança entre as duas expressões abaixo?

$$\frac{df}{dx'} = \lim_{\Delta x' \rightarrow 0} \left(\frac{f(x' + \Delta x') - f(x' - \Delta x')}{2 \cdot \Delta x'} \right)$$

$$\sigma_V^D = \left[\frac{V(D + \sigma_D) - V(D - \sigma_D)}{2} \right] \cdot \frac{\sigma_D}{\sigma_D}$$

Cálculo da incerteza do volume do cilindro devido a variação do diâmetro

- Alguma semelhança entre as duas expressões abaixo?

$$\frac{df}{dx'} = \lim_{\Delta x' \rightarrow 0} \left(\frac{f(x' + \Delta x') - f(x' - \Delta x')}{2 \cdot \Delta x'} \right)$$

$$\sigma_V^D = \left[\frac{V(D + \sigma_D) - V(D - \sigma_D)}{2} \right] \cdot \frac{\sigma_D}{\sigma_D}$$

$$\sigma_V^D = \left[\frac{V(D + \sigma_D) - V(D - \sigma_D)}{2\sigma_D} \right] \sigma_D \rightarrow \sigma_V^D = \frac{\partial V}{\partial D} \sigma_D$$

Cálculo da incerteza do volume do cilindro

- Analogamente, a incerteza no volume ($\Delta V_{\Delta h}$) devido à incerteza (Δh) na altura do cilindro fica:

$$\sigma_V^h = \left[\frac{V(h + \sigma_h) - V(h - \sigma_h)}{2\sigma_h} \right] \sigma_D \quad \Rightarrow \quad \sigma_V^h = \frac{\partial V}{\partial h} \sigma_h$$

- E a incerteza total σ_V fica:

$$\sigma_V = \sqrt{(\sigma_V^D)^2 + (\sigma_V^h)^2}$$
$$\sigma_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D}\right)^2 \sigma_D^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)^2 \sigma_h^2}$$

Como calcular as derivadas

- Suponha que todo o resto da expressão é uma constante:

$$\frac{\partial V}{\partial D} = \frac{\partial}{\partial D} \left(\frac{\pi}{4} D^2 h \right) = \frac{\pi}{4} h \frac{\partial(D^2)}{\partial D} = \frac{\pi}{4} h (2D) = \frac{\pi}{2} h D$$

$$\frac{\partial V}{\partial h} = \frac{\partial}{\partial h} \left(\frac{\pi}{4} D^2 h \right) = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{\partial(h)}{\partial h} = \frac{\pi}{4} D^2 (1) = \frac{\pi}{4} D^2$$

Desse modo...

- Incerteza do volume do cilindro fica:

$$\sigma_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D}\right)^2 \sigma_D^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)^2 \sigma_h^2}$$

$$\sigma_V = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2} h D\right)^2 \sigma_D^2 + \left(\frac{\pi}{4} D^2\right)^2 \sigma_h^2}$$

$$\sigma_V = \frac{\pi}{4} D^2 h \sqrt{\left(2 \frac{\sigma_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h}\right)^2} \quad \text{Substituindo: } V = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 h$$

$$\frac{\sigma_V}{V} = \sqrt{\left(2 \frac{\sigma_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h}\right)^2}$$

Cálculo da incerteza da densidade

- A densidade (d) de materiais sólidos homogêneos é dada por :

$$d = \frac{m}{V}$$

m é a massa do cilindro \pm incerteza (σ_m)
 V é o volume do cilindro \pm incerteza (σ_V)

- A incerteza σ_d é dada por:

$$\sigma_d = \sqrt{(\sigma_d^m)^2 + (\sigma_d^V)^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial d}{\partial m}\right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\partial d}{\partial V}\right)^2 \sigma_V^2}$$

$$\frac{\partial d}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial m} \left(\frac{m}{V}\right) = \frac{1}{V} \frac{\partial(m)}{\partial m} = \frac{1}{V} (1) = \frac{1}{V}$$

$$\frac{\partial d}{\partial V} = \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{m}{V}\right) = m \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{1}{V}\right) = m \left(-\frac{1}{V^2}\right) = -\frac{m}{V^2}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\left(\frac{1}{V} \sigma_m\right)^2 + \left(-\frac{m}{V^2} \sigma_V\right)^2} \rightarrow \frac{\sigma_d}{d} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2}$$

Cálculo direto da incerteza da densidade

$$d = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi D^2 h}$$

$$\sigma_d = \sqrt{(\sigma_d^m)^2 + (\sigma_d^D)^2 + (\sigma_d^h)^2}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\left(\frac{\partial d}{\partial m}\right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\partial d}{\partial D}\right)^2 \sigma_D^2 + \left(\frac{\partial d}{\partial h}\right)^2 \sigma_h^2}$$

$$\frac{\partial d}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial m} \left(\frac{4m}{\pi D^2 h} \right) = \frac{4}{\pi D^2 h} \frac{\partial(m)}{\partial m} = \frac{4}{\pi D^2 h} (1) = \frac{4}{\pi D^2 h}$$

$$\frac{\partial d}{\partial D} = \frac{\partial}{\partial D} \left(\frac{4m}{\pi D^2 h} \right) = \frac{4m}{\pi h} \frac{\partial}{\partial D} \left(\frac{1}{D^2} \right) = \frac{4m}{\pi D^2 h} \left(-\frac{2}{D^3} \right) = -\frac{8m}{\pi h D^3}$$

$$\frac{\partial d}{\partial h} = \frac{\partial}{\partial h} \left(\frac{4m}{\pi D^2 h} \right) = \frac{4m}{\pi D^2} \frac{\partial}{\partial h} \left(\frac{1}{h} \right) = \frac{4m}{\pi D^2 h} \left(-\frac{1}{h^2} \right) = -\frac{4m}{\pi D^2 h^2}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi D^2 h} \sigma_m \right)^2 + \left(-\frac{8m}{\pi h D^3} \sigma_D \right)^2 + \left(-\frac{4m}{\pi D^2 h^2} \sigma_h \right)^2}$$

$$\frac{\sigma_d}{d} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m} \right)^2 + \left(2 \frac{\sigma_D}{D} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h} \right)^2}$$

Exercício em aula

- Calcule o valor do volume da peça e de sua incerteza usando as medidas de diâmetro e altura fornecidos abaixo. Use $\pi = 3,1416$

$$V = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 h \quad \frac{\sigma_V}{V} = \sqrt{\left(2\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h}\right)^2}$$

Diâmetro (cm)	altura (cm)
4,007 ± 0,002	5,106 ± 0,004

- Avalie a incerteza relativa tanto das medidas do diâmetro e de altura como para a informação do volume.

Incerteza relativa do Diâmetro $\left(\frac{\sigma_D}{D}\right)$:

Incerteza relativa da Altura $\left(\frac{\sigma_h}{h}\right)$:

Incerteza relativa do Volume $\left(\frac{\sigma_V}{V}\right)$:

Volume: ± cm³

Incertezas sistemáticas

- Calcule o valor do volume da peça e de sua incerteza usando as medidas de diâmetro e altura fornecidos abaixo. Use $\pi = 3,1416$

$$V = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 h \quad \frac{\sigma_V}{V} = \sqrt{\left(2\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h}\right)^2}$$

Diâmetro (cm)	altura (cm)
4,007 ± 0,002	5,106 ± 0,004

- Avalie a incerteza relativa tanto das medidas do diâmetro e de altura como para a informação do volume.

Incerteza relativa do Diâmetro $\left(\frac{\sigma_D}{D}\right)$: 0,0005 = 0,05%

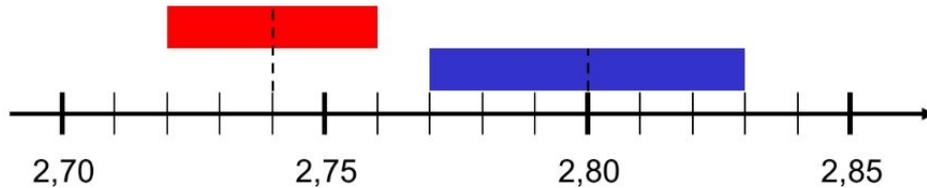
Incerteza relativa da Altura $\left(\frac{\sigma_h}{h}\right)$: 0,0008 = 0,08%

Incerteza relativa do Volume $\left(\frac{\sigma_V}{V}\right)$: 0,0013 = 0,13%

Volume: 64,39 ± 0,08 cm³

Comparando duas medidas

- Comparando $2,74 \pm 0,02$ mm com $2,80 \pm 0,03$ mm
 - Incerteza é uma estimativa do erro (valor verdadeiro)



- Existe uma probabilidade dessas duas medidas representarem o mesmo valor verdadeiro?

Compatibilidade

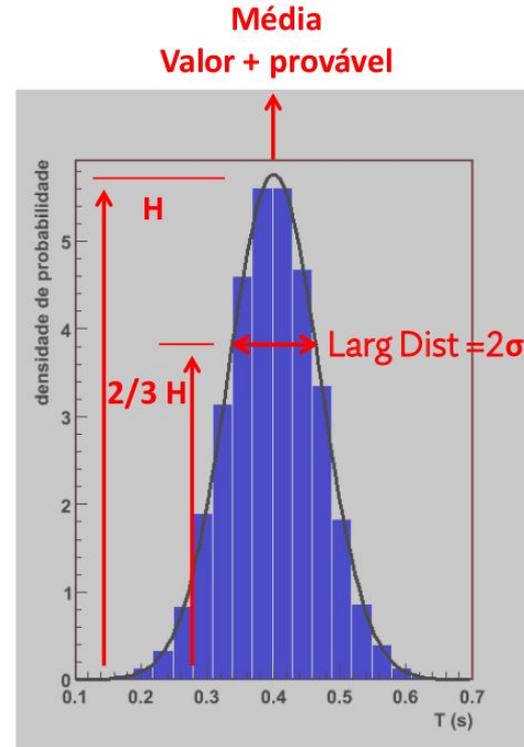
- Incerteza = Intervalo confiança

- Paralelo com distribuição estatística:

$$[M - \sigma; M + \sigma] = 68\%$$

$$[M - 2\sigma; M + 2\sigma] = 95\%$$

$$[M - 3\sigma; M + 3\sigma] = 99,9\%$$



Critério para compatibilidade

- Superposição em 1σ = compatíveis
 - Superposição em 2σ ou 3σ
 - Compatíveis com menor probabilidade
- Teste Z indica essa probabilidade
 - Comparação entre $(a \pm \sigma_a)$ e $(b \pm \sigma_b)$

$$Z = \frac{|a - b|}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}}$$

$0 < Z \leq 1$, compatíveis ao nível de 1σ

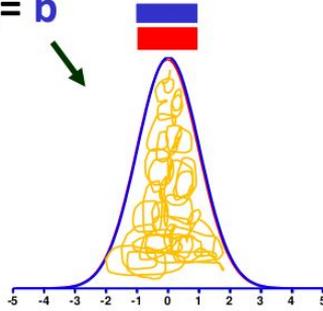
$1 < Z \leq 2$, compatíveis ao nível de 2σ

$2 < Z \leq 3$, compatíveis ao nível de 3σ

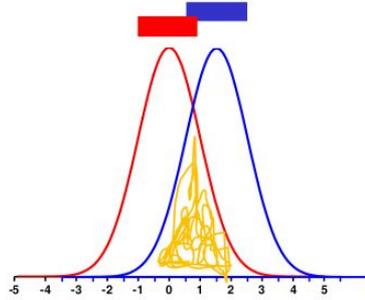
$Z > 3$, discrepantes

Compatibilidade

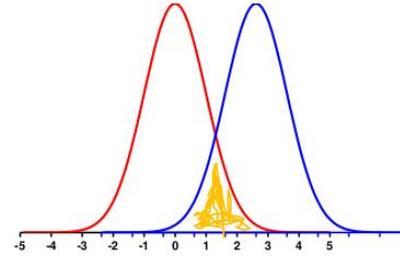
$a = b$
↓



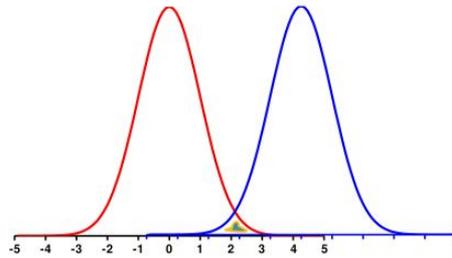
$Z = 0$



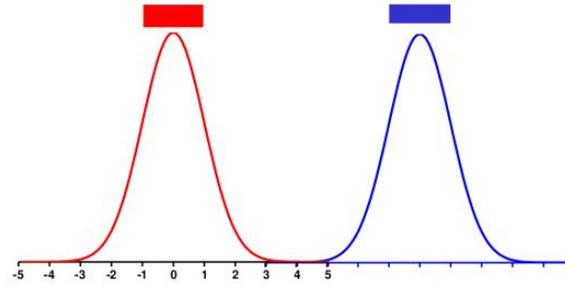
$Z = 1$



$Z = 2$



$Z = 3$



$Z > 3$

$$Z = \frac{|a - b|}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}}$$

Exercício em aula

- Escolha a alternativa que represente o nível de compatibilidade entre os dois conjuntos de dados apresentados abaixo. Cada conjunto está representado em uma linha. Não se esqueça que vc deve calcular o fator Z para cada conjunto antes de responder a questão.

$$Z = \frac{|a-b|}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}}$$

0 < Z ≤ 1, compatíveis ao nível de 1σ

1 < Z ≤ 2, compatíveis ao nível de 2σ

2 < Z ≤ 3, compatíveis ao nível de 3σ

Z > 3, discrepantes

	Aluno 1	Aluno 2	Nível de compatibilidade
Medida	3.452 ± 0.009	3.331 ± 0.004	

	Aluno 1	Aluno 2	Nível de compatibilidade
Medida	33.4 ± 0.2	31.57643 ± 0.00002	

Exercício em aula

- Escolha a alternativa que represente o nível de compatibilidade entre os dois conjuntos de dados apresentados abaixo. Cada conjunto está representado em uma linha. Não se esqueça que vc deve calcular o fator Z para cada conjunto antes de responder a questão.

$$Z = \frac{|a-b|}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}}$$

$0 < Z \leq 1$, compatíveis ao nível de 1σ

$1 < Z \leq 2$, compatíveis ao nível de 2σ

$2 < Z \leq 3$, compatíveis ao nível de 3σ

$Z > 3$, discrepantes

	Aluno 1	Aluno 2	Nível de compatibilidade
Medida	3.452 ± 0.009	3.331 ± 0.004	Incompatíveis

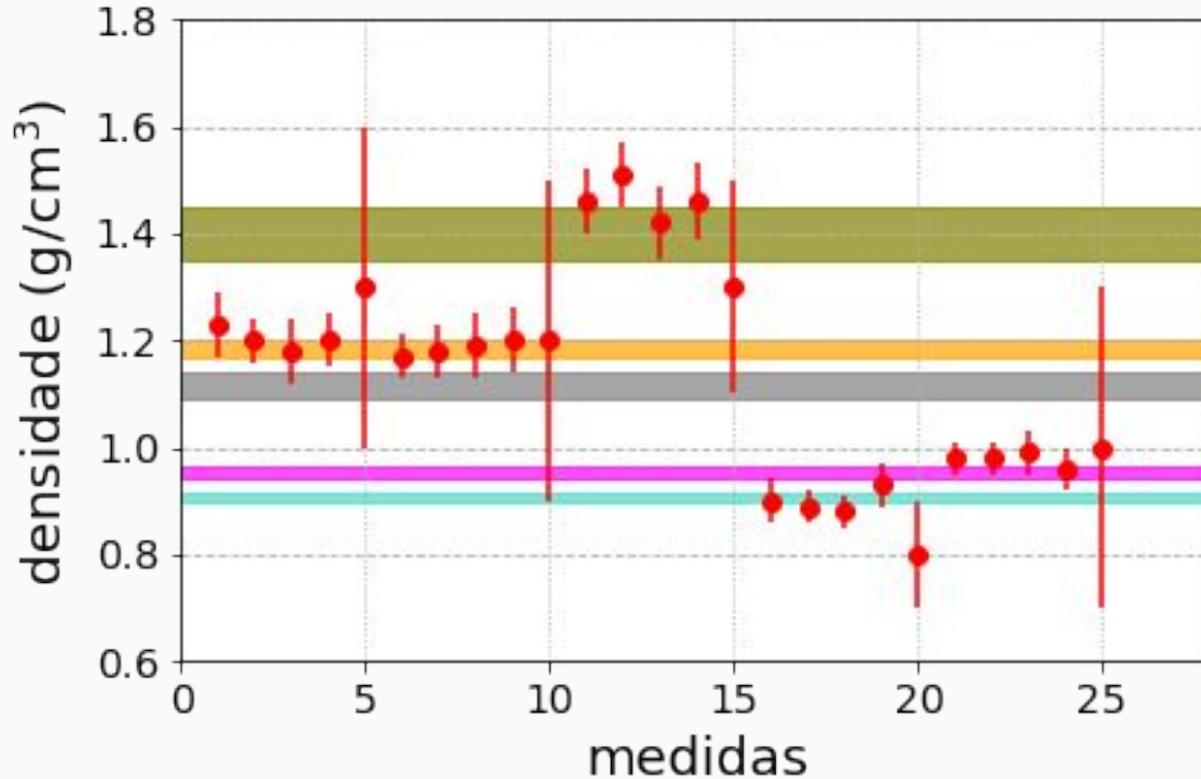
	Aluno 1	Aluno 2	Nível de compatibilidade
Medida	33.4 ± 0.2	31.57643 ± 0.00002	Incompatíveis

Análise dos resultados da aula passada

Quantos tipos de plástico tem na sala?

Dados primeira aula

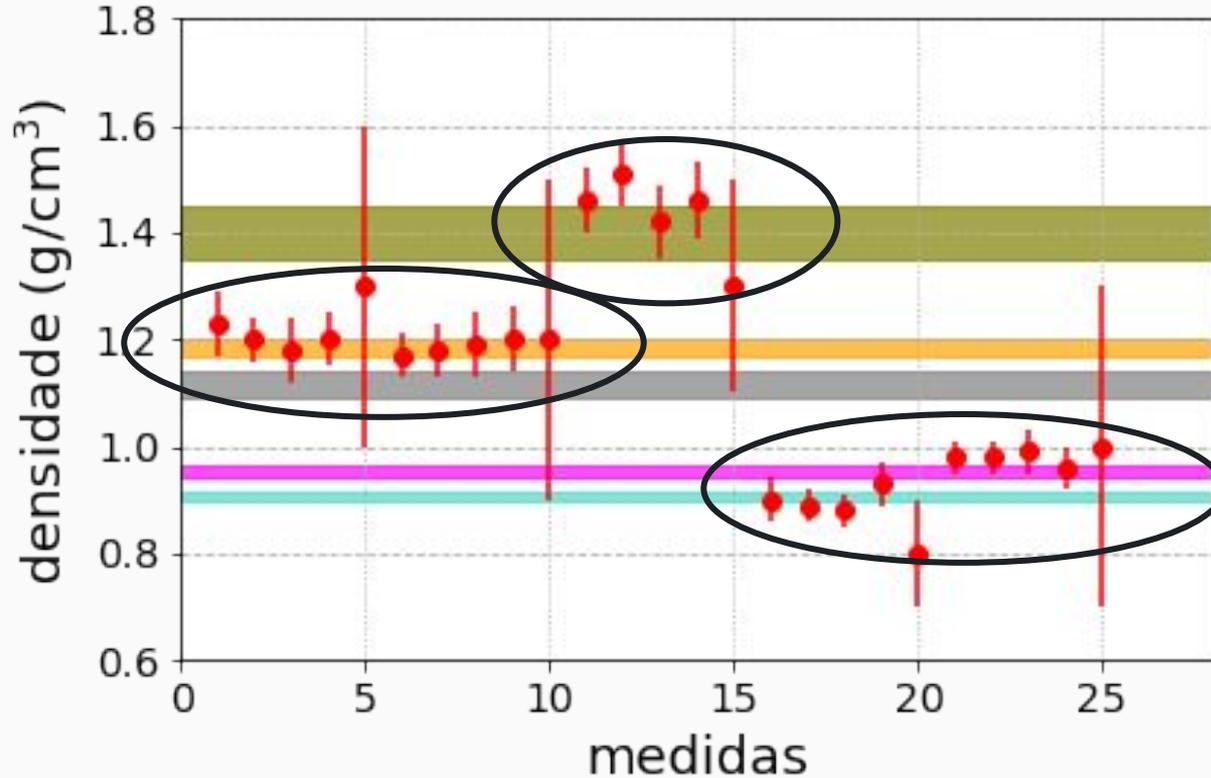
Aula 3 - Dados com balança digital



material	d(g/cm ³)
PVC	1,35 a 1,45
Acrílico	1,17 a 1,20
Nylon	1,09 a 1,14
Polietileno	0,941 a 0,965
Polipropileno	0,900 a 0,915

Dados primeira aula

Aula 3 - Dados com balança digital



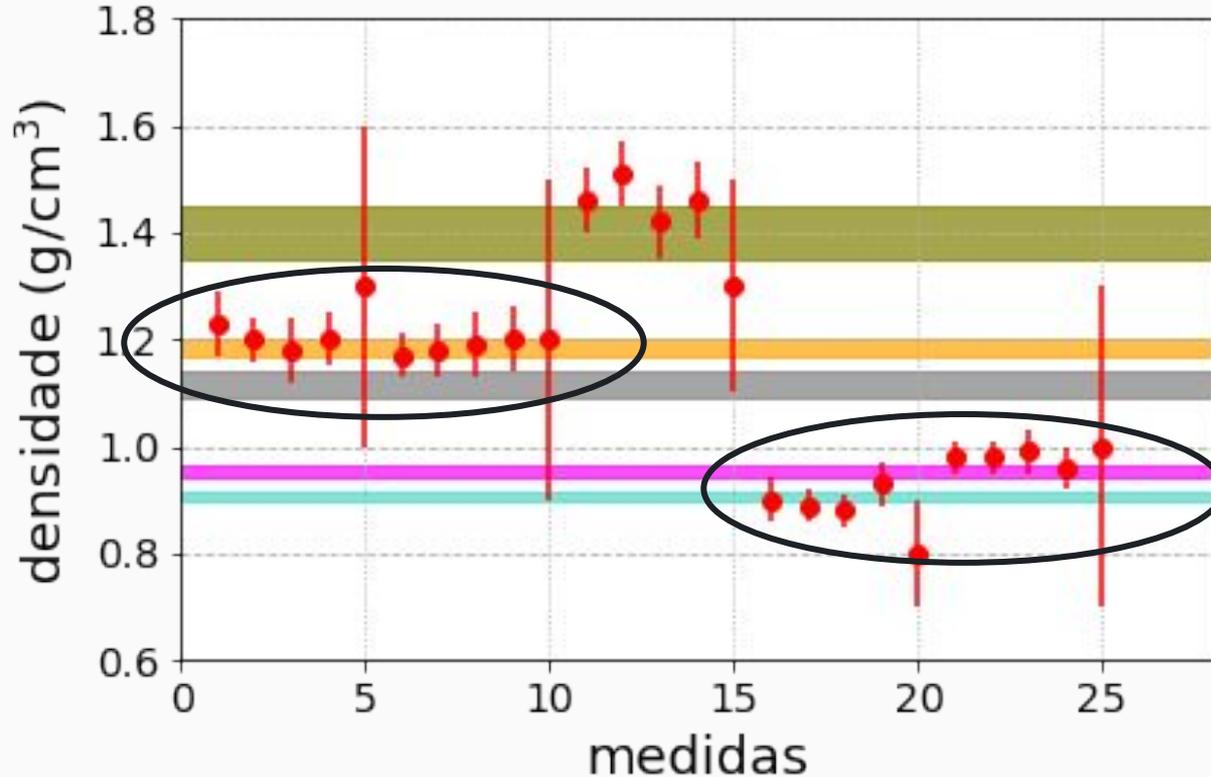
Tipos de plástico: 3

Talvez 4 se levarmos em conta 1 incerteza na compatibilidade dos dados

material	d(g/cm³)
PVC	1,35 a 1,45
Acrílico	1,17 a 1,20
Nylon	1,09 a 1,14
Polietileno	0,941 a 0,965
Polipropileno	0,900 a 0,915

Dados primeira aula

Aula 3 - Dados com balança digital

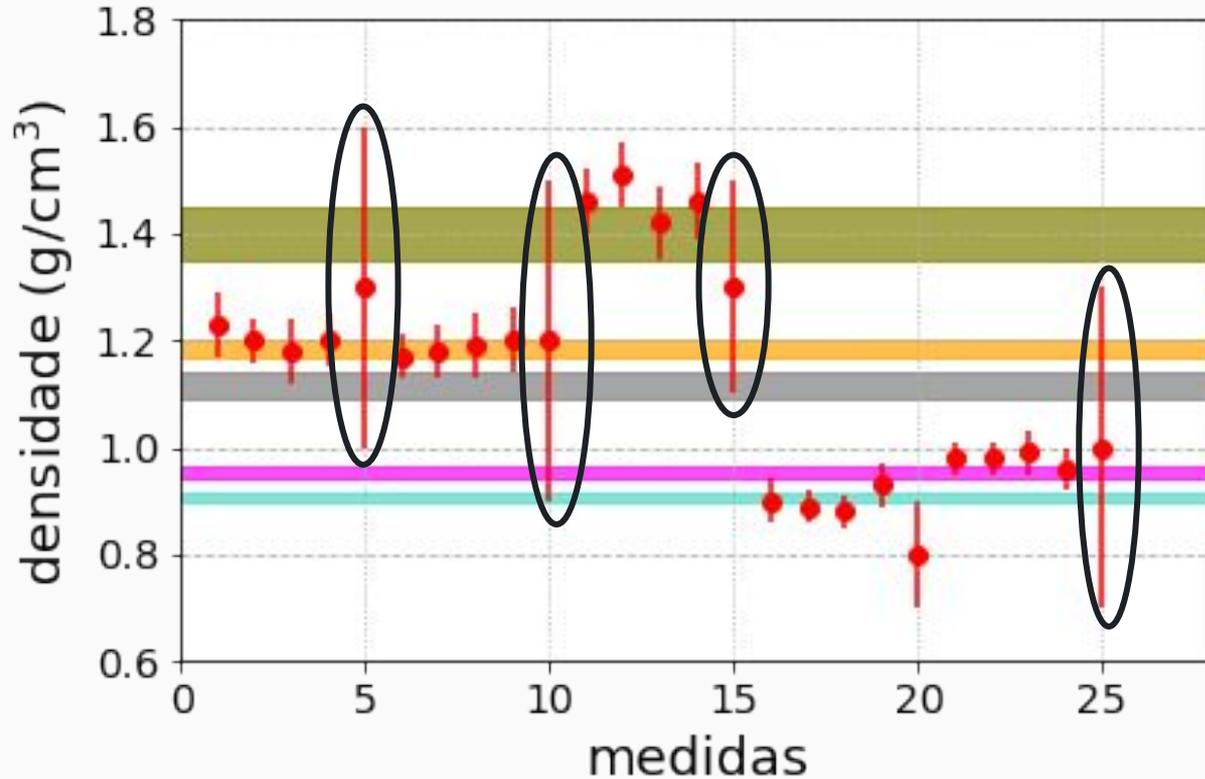


- É possível definir qual o tipo de plástico desses 2 conjuntos?
- É possível afirmar que os sólidos dos dois grupos são feitos do mesmo plástico?

material	d(g/cm ³)
PVC	1,35 a 1,45
Acrílico	1,17 a 1,20
Nylon	1,09 a 1,14
Polietileno	0,941 a 0,965
Polipropileno	0,900 a 0,915

Dados primeira aula

Aula 3 - Dados com balança digital



- É possível definir qual o tipo de plástico dessas peças?

material	d(g/cm ³)
PVC	1,35 a 1,45
Acrílico	1,17 a 1,20
Nylon	1,09 a 1,14
Polietileno	0,941 a 0,965
Polipropileno	0,900 a 0,915

Conclusões Parciais

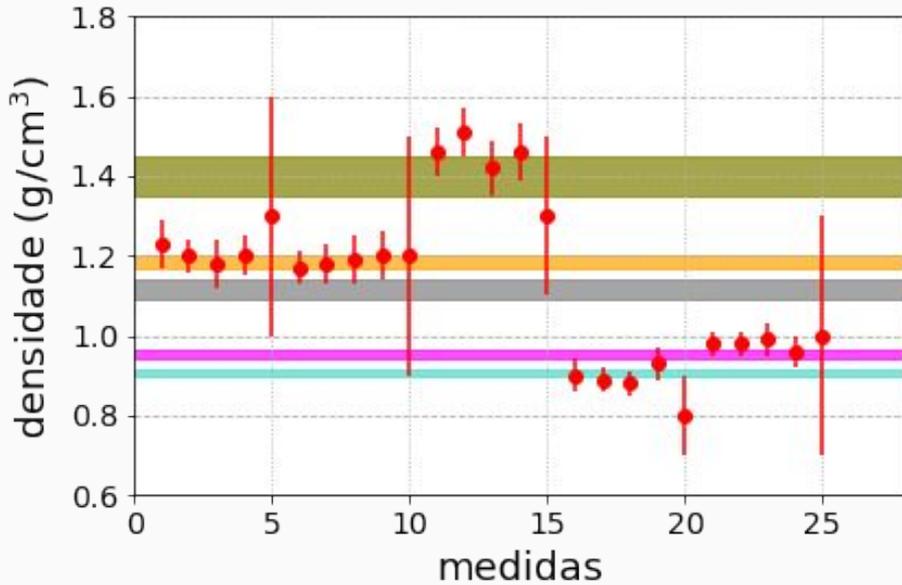
- Será que é possível que exista mais tipos de plástico do que aqueles identificados até o momento?
- Como seria possível saber isso?

Conclusões Parciais

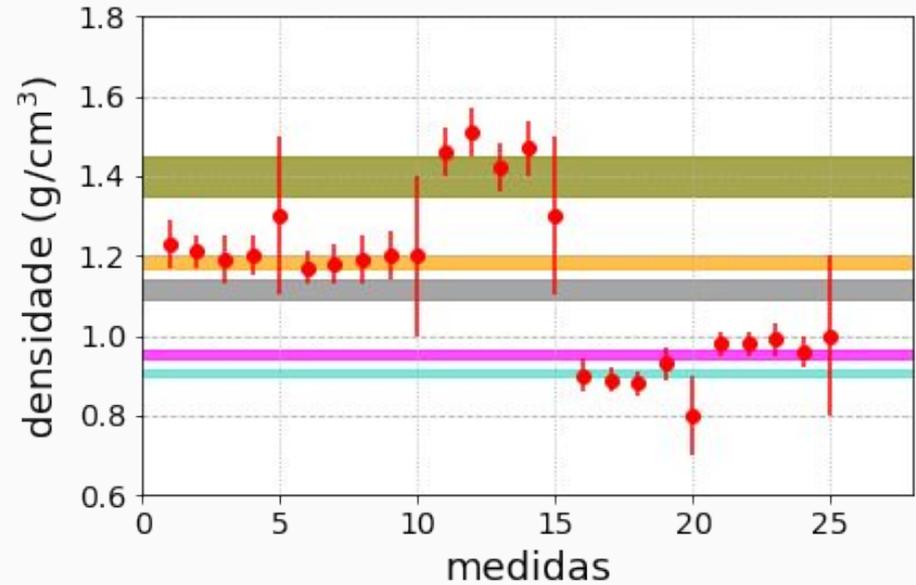
- Será que é possível que exista mais tipos de plástico do que aqueles identificados até o momento?
- Como seria possível saber isso?
 - Melhorando a precisão do experimento, ou seja, diminuindo as incertezas nas densidades

Dados primeira aula

Dados com balança digital



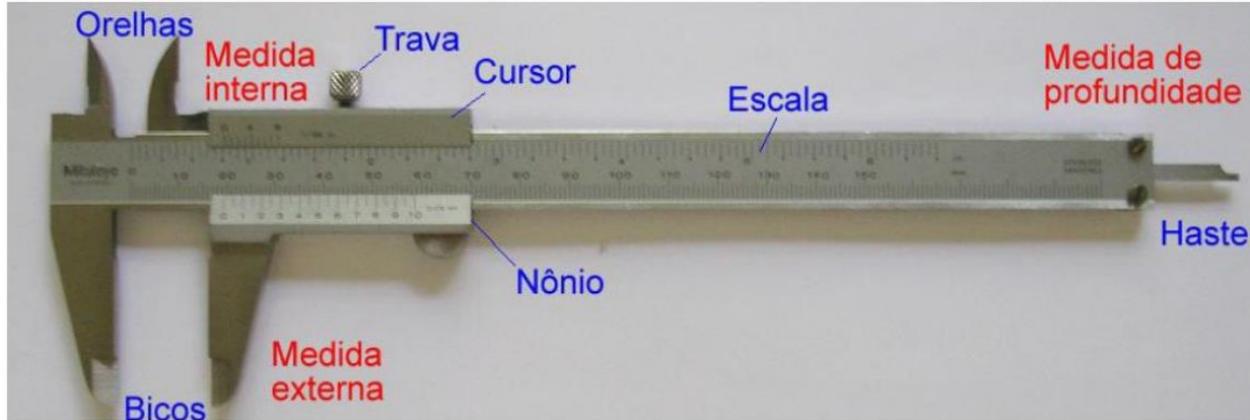
Dados com balança analítica



Não mudaram muito em relação aos dados da balança digital!

Paquímetro

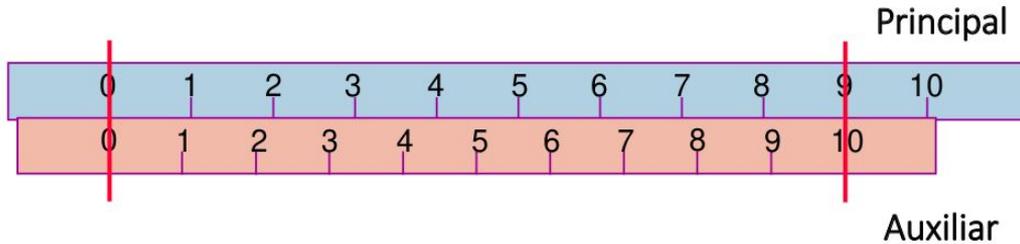
- Instrumento para medir comprimento
 - Escala auxiliar (nônio ou vernier)
 - Precisão de centésimos de mm



Paquímetro

- Nônio ou Vernier

- Escala auxiliar para aumentar a precisão da medida



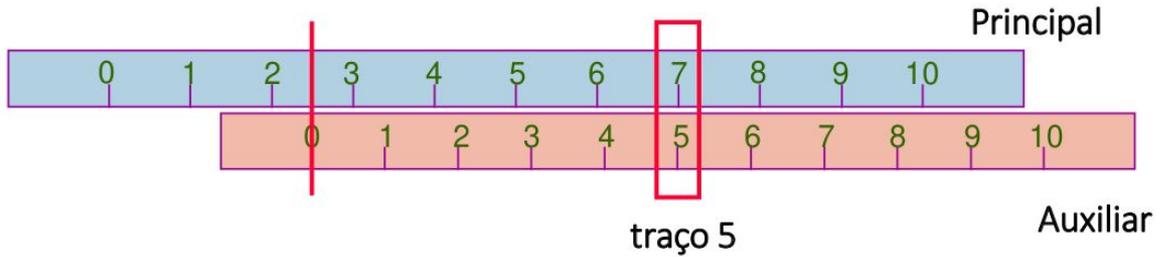
10 div escala auxiliar = 9 div escala principal

Precisão (nônio) = valor da menor divisão do nônio

$$\frac{\text{Valor da menor divisão Principal}}{\text{Número de divisões auxiliar}} = \frac{1 \text{ div}}{10} = 0,1 \text{ div}$$

Leitura com nônio

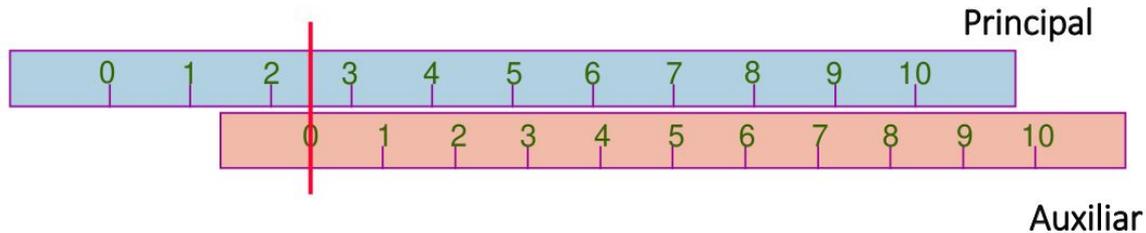
1) Posição zero do nônio



Medida = 2,

Leitura com nônio

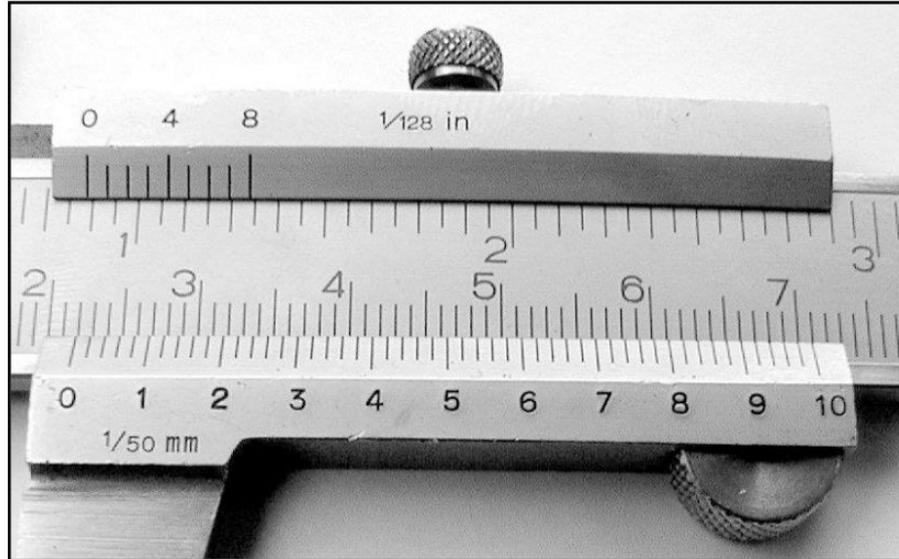
- 1) Posição zero do nônio
- 2) Número do traço da escala auxiliar que melhor coincidir com traço da escala principal



$$5 \times \text{precisão do nônio} = 5 \times 0,1 = 0,5$$

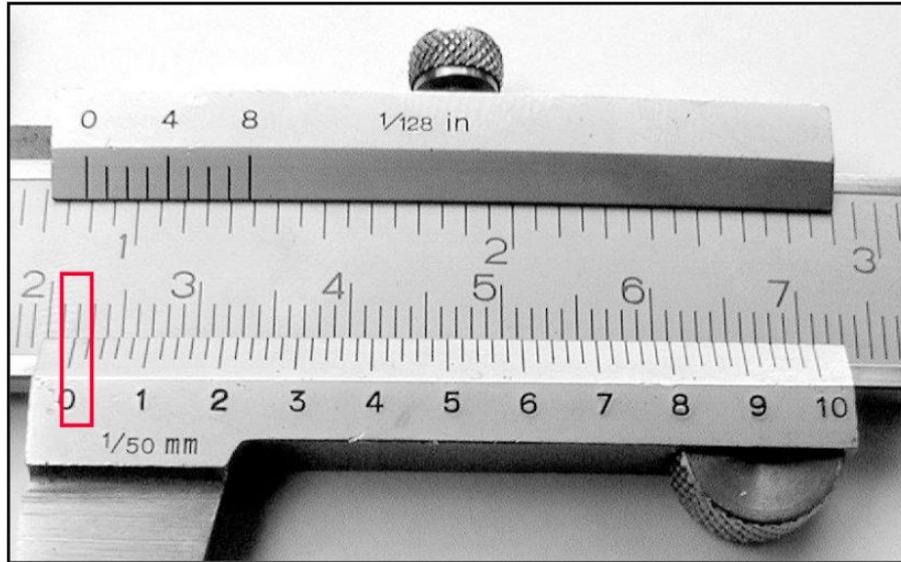
$$\text{Medida} = 2,5 \pm 0,1 \text{ div}$$

Leitura com paquímetro



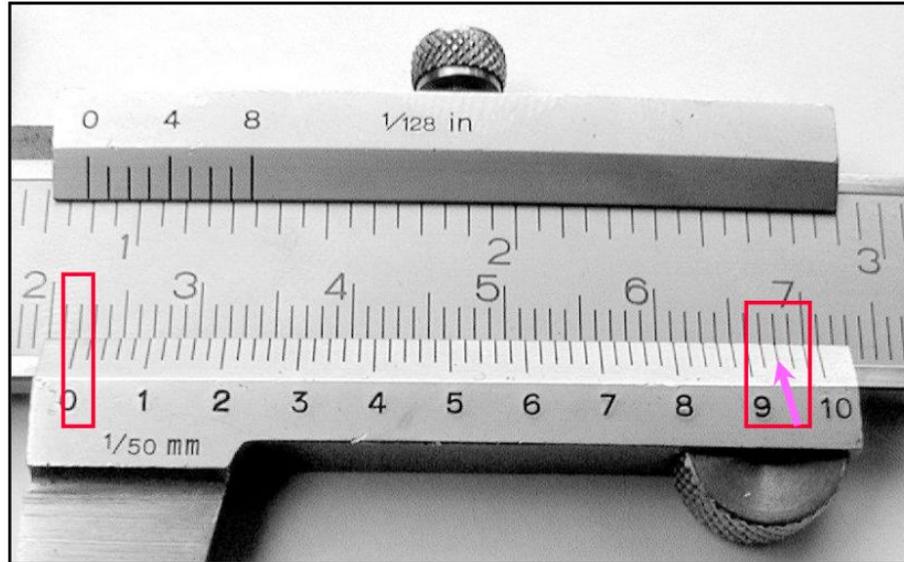
Leitura = mm

Leitura com paquímetro



Leitura = 21, mm

Leitura com paquímetro

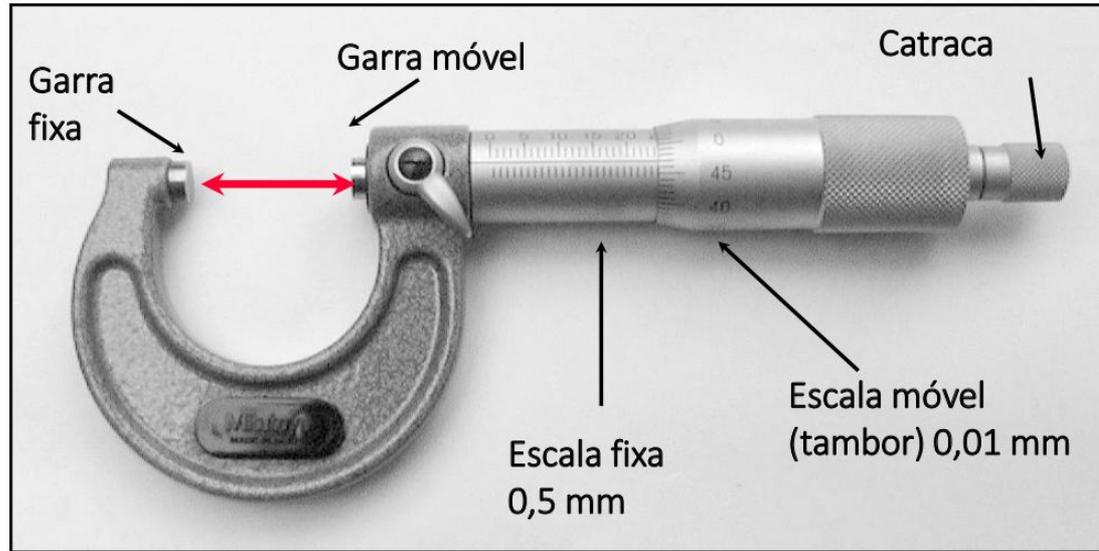


Traço 47 x Precisão 0,02 mm = 0,94 mm

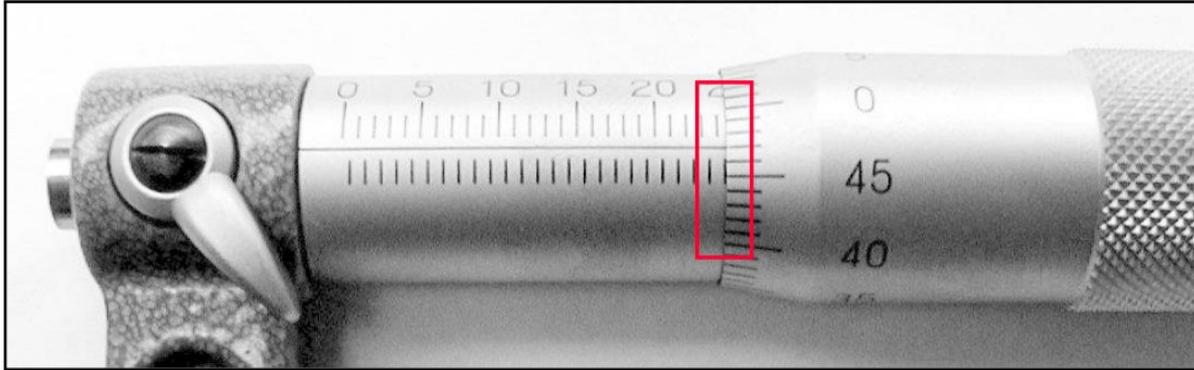
Leitura = 21,94 ± 0,02 mm

Micrômetro

- Instrumento para medir comprimento
 - Precisão de microns



Leitura com micrômetro



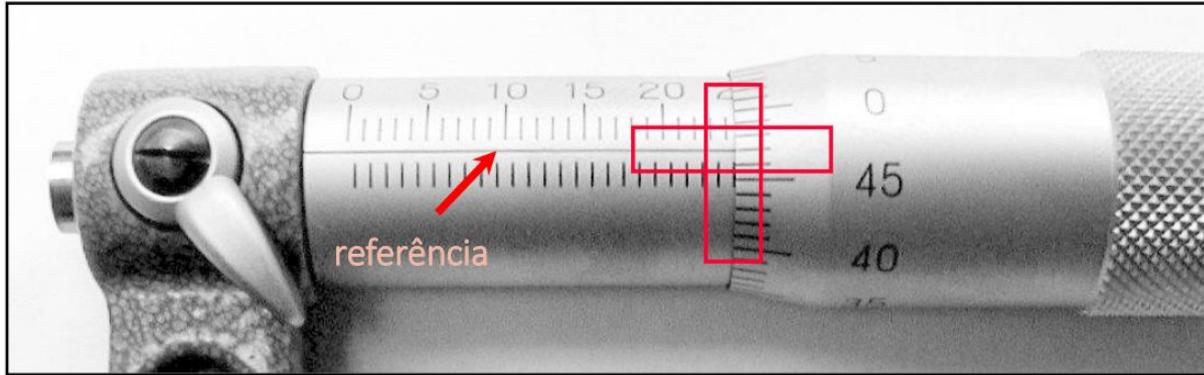
1) Posição da escala móvel (passos de 0,5 mm)

24,0 mm

Leitura = 24,

mm

Leitura com micrômetro



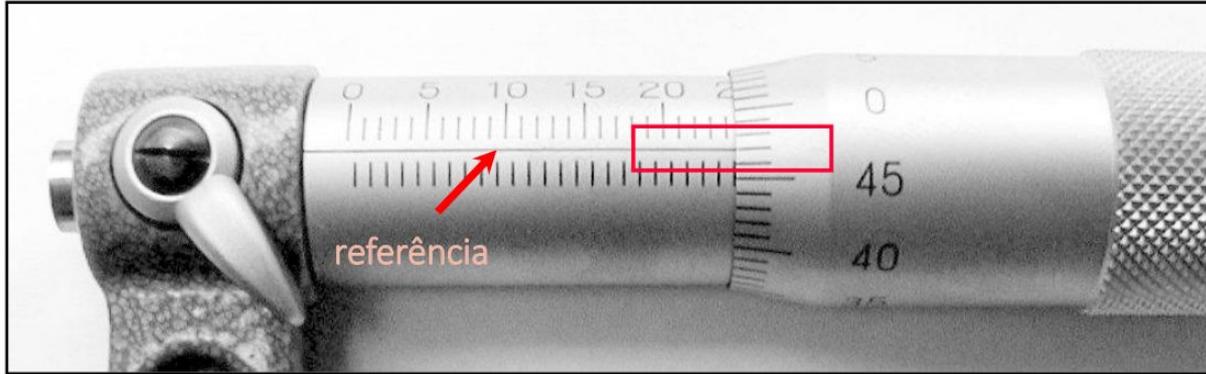
1) Posição da escala móvel (passos de 0,5 mm) 24,0 mm

2) Posição da escala fixa (referência)

$$46,9 \text{ traços} \times (0,5 \text{ mm} / 50 \text{ traços} = 0,01) = 0,469 \text{ mm}$$

$$\text{Leitura} = 24,469 \pm 0,005 \text{ mm}$$

Leitura com micrômetro



1) Posição da escala móvel (passos de 0,5 mm) 24,0 mm

2) Posição da escala fixa (referência)

$$46,9 \text{ traços} \times (0,5 \text{ mm} / 50 \text{ traços} = 0,01) = 0,469 \text{ mm}$$

$$\text{Leitura} = 24,469 \pm 0,005 \text{ mm}$$

Usando o paquímetro e o micrômetro



Video no moodle (aba materiais didáticos/ arquivos uteis)

Paquímetro com nônio em 0,05 mm

<http://www.stefanelli.eng.br/paquimetro-virtual-simulador-milimetro-05/>

Paquímetro com nônio em 0,02 mm

<http://www.stefanelli.eng.br/paquimetro-virtual-simulador-milimetro-02/> (nônio em 0,02 mm)

Micrômetro

<http://www.stefanelli.eng.br/micrometro-virtual-milimetro-centesimal-simulador/>

Atividade prática

Medida da Densidade de Sólidos

- Objetivo

- Identificar os diferentes tipos de plásticos que compõem um conjunto de objetos

- Identificação

- Comparação das medidas de densidade (+incertezas) com valores tabelados de diferentes tipos de plásticos

$$d = \frac{m}{V}$$

Procedimento Experimental

- Melhorar a medida de massa e a medida do volume dos cilindros:
 - Medir a massa usando a balança analítica
 - Medir novamente as dimensões para cálculo do volume utilizando:
 - Paquímetro
 - Micrômetro

Análise dos dados

- Calcular para as novas medidas:
 - o volume + incerteza de cada peça
 - densidade + incerteza de cada peça
- Colocar os valores das medidas de massa, diâmetro e altura no guia e na planilha online:
 - link da planilha:
https://drive.google.com/drive/folders/1KJwxSm-eWm0AoQBpjGQO2BpfPpwsc0Ng?usp=share_link
- Comparar as medidas de toda a classe novamente.
 - Quantos tipos de plásticos podem ser identificados desta vez?
 - Que medida permitiu obter esse resultado?

Para a próxima aula (28/04):

- Entrega do Guia 2.2 (um por grupo)
- No moodle (aba Experimento # 2- Densidade de sólidos):
 - Exercícios casa 2.2 - Sexta de manhã (até dia 28/04)
- Texto: Apostila do curso (página principal do moodle):
 - Experiência III (Aula 05) Distância Focal De Uma Lente

Gisell Ruiz Boiset

gisell@if.usp.br

Bloco F – Conjunto
Alessandro Volta – sl. 209

