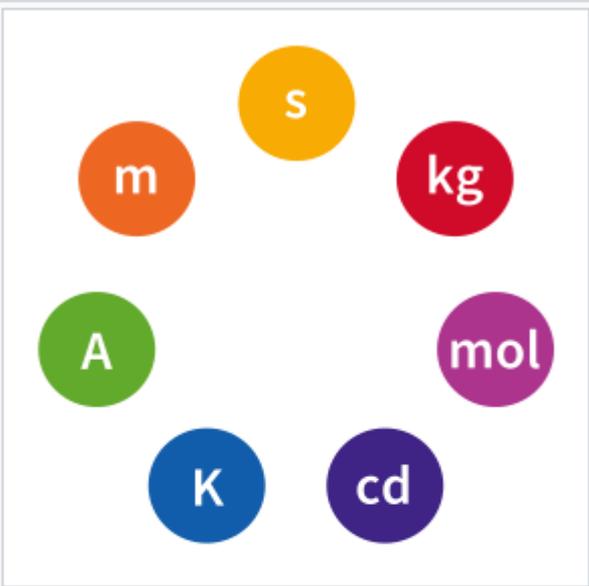


Grandezas Físicas Básicas



Unidades básicas do SI

Símbolo	Nome	Quantidade
A	ampere	corrente elétrica
K	kelvin	temperatura
s	segundo	tempo
m	metro	distância
kg	quilograma	massa
cd	candela	intensidade luminosa
mol	mole	quantidade de substância

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampere	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de substância	mol	mol ^[12]
Intensidade luminosa	candela	cd

Grandezas Físicas Derivadas

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Grandeza	Unidade	Símbolo	Dimensional analítica	Dimensional sintética
Ângulo plano	radiano	rad	1	m/m
Ângulo sólido	esferorradiano ¹	sr	1	m ² /m ²
Atividade catalítica	katal	kat	mol/s	---
Atividade radioativa	becquerel	Bq	1/s	---
Capacitância	farad	F	A ² ·s ² /(kg·m ²)	A·s/V
Carga elétrica	coulomb	C	A·s	---
Condutância	siemens	S	A ² ·s ³ /(kg·m ²)	A/V
Dose absorvida	gray	Gy	m ² /s ²	J/kg
Dose equivalente	sievert	Sv	m ² /s ²	J/kg
Energia	joule	J	kg·m ² /s ²	N·m
Fluxo luminoso	lúmen	lm	cd	cd·sr
Fluxo magnético	weber	Wb	kg·m ² /(s ² ·A)	V·s
Força	newton	N	kg·m/s ²	---
Frequência	hertz	Hz	1/s	---
Indutância	henry	H	kg·m ² /(s ² ·A ²)	Wb/A
Intensidade de campo magnético	tesla	T	kg/(s ² ·A)	Wb/m ²
Luminosidade	lux	lx	cd/m ²	lm/m ²
Potência	watt	W	kg·m ² /s ³	J/s
Pressão	pascal	Pa	kg/(m·s ²)	N/m ²
Resistência elétrica	ohm	Ω	kg·m ² /(s ³ ·A ²)	V/A
Temperatura em Celsius	grau Celsius	°C	---	---
Tensão elétrica	volt	V	kg·m ² /(s ³ ·A)	W/A

Força (N)

$$F = ma$$

$$kg \cdot \frac{m}{s^2} = N$$

Medidas e Notação das Grandezas Físicas:

$$M_{\text{Terra}} = 5980000000000000000000000 \text{ Kg}$$

$$M_{\text{elétron}} = 0,000000000000000000000000000000910908 \text{ Kg}$$

**Notação científica:
(Medida sem erro)**

$$M_{\text{Terra}} = 5,980 \times 10^{24} \text{ Kg}$$

$$M_{\text{elétron}} = 9,10908 \times 10^{-31} \text{ Kg}$$

**Notação científica:
(Medida com erro)**

$(M \pm \Delta) \times 10^n$ unidade SI, $\Delta =$ precisão do aparelho (1 medida)

$(M \pm \sigma) \times 10^n$ unidade SI, $\sigma =$ incerteza na medida (n medidas)

$$M_{\text{Terra}} = (5,980 \pm 0,003) \times 10^{24} \text{ Kg}$$

Duvidoso

Incerteza ou precisão do aparelho

– Algarismos Significativos

- São todos os algarismos obtidos no processo de medida.
- Os zeros incluídos para localizar o ponto decimal não contam (zeros à esquerda)
- Ex.:
 - 1945,1 (5 algarismos significativos)
 - 0,00034 (2 algarismos significativos)
 - 1000 (4 algarismos significativos)
 - 2×10^5 (5 algarismos significativos)
 - $4,189 \times 10^{-7}$ (4 algarismos significativos)
- A Incerteza só deve conter UM (1) algarismo significativo
 - LOGO:
 - » A incerteza deve ser arredondada após sua determinação

– Critérios de Arredondamento

- O critério de arredondamento a ser utilizado será igual ao empregado por calculadoras científicas e programas afins.
- Se o número à direita do ponto de arredondamento é:
 - 0, 1, 2, 3, 4 → Simplesmente elimina-se a parte a direita
 - Ex.: dado o número **0,563729452**
 - » Arredondando para 8 casas depois da vírgula
 - » = 0,56372945
 - » Arredondando para 4 casas depois da vírgula
 - » = 0,5637
 - » Arredondando para 2 casas depois da vírgula
 - » = 0,56
 - 5, 6, 7, 8, 9 → Incrementa o algarismo à esquerda e elimina a parte à direita.
 - Ex.: dado o número **0,563729452**
 - » Arredondando para 7 casas depois da vírgula
 - » = 0,5637295
 - » Arredondando para 5 casas depois da vírgula
 - » = 0,56373
 - » Arredondando para 1 casa depois da vírgula
 - » = 0,6

- Usando o Arredondamento para Representar Medidas
 - Como a Incerteza de uma medida só deve ter um algarismo significativo então a medida anterior fica:
 - Medida Anterior
 - Opção 2 → A mais simples (a que nós empregamos)
 - **Tensão = $0,126446 \pm 0,0005885$ V**
 - Ajustando a Incerteza para 1 algarismo significativo
 - **Tensão = $0,126446 \pm 0,0006$ V**
 - Para ajustar o valor médio da medida basta ver quantas casas decimais depois da vírgula existem na incerteza (4 neste caso)
 - Logo o valor da medida deve ser ajustado para 4 casas decimais com o arredondamento necessário
 - Então:
 - **Tensão = $0,1264 \pm 0,0006$ V (Resultado Final)**

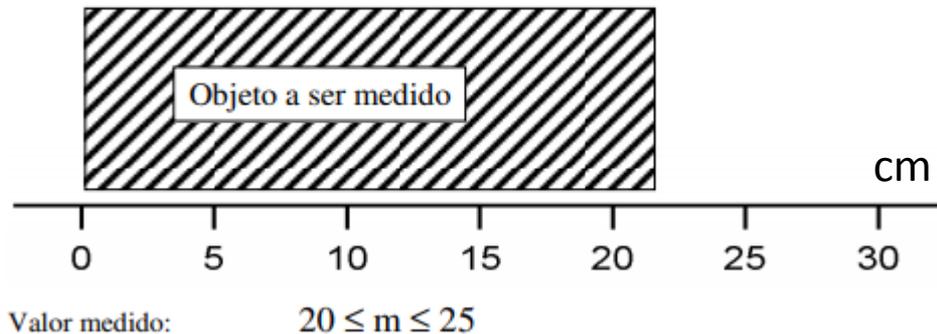
- **OBSERVAÇÃO MUITO IMPORTANTE**
- **Os arredondamentos somente devem ser efetuados no final de todas as contas.**
- **Razão: cada arredondamento intruzer erro (pequeno) mas que ao longo de diversas contas pode resultar em um número sem significado físico.**

Medidas, Incertezas e Precisão dos Instrumentos:

Uma única medida → Precisão do instrumento analógico

Instrumento de Medida

- Exemplo 1



Precisão Δ :
(Instrumento analógico)

$\Delta =$ menor divisão/2

$$\Delta = 5\text{cm}/2 = 2,5\text{ cm}$$

$$m = (22 \pm 2,5)\text{ cm}$$

Arredondamento

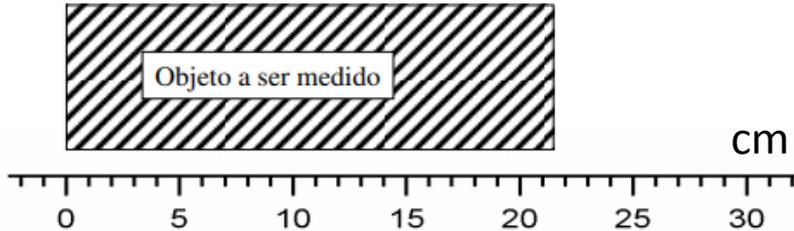
$$m = (22 \pm 3)\text{ cm}$$

Precisão $\Delta = 3\text{ cm}$

Medidas, Incertezas e Precisão dos Instrumentos:

Uma única medida → Precisão do instrumento analógico

- Exemplo 2



Valor medido:

$$21 \leq m \leq 22$$

$$\delta = \frac{(m_{Max} - m_{Min})}{2}$$
$$\delta = \frac{(22 - 21)}{2} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Precisão Δ :
(Instrumento analógico)

$\Delta =$ menor divisão/2

$$\Delta = 1 \text{ cm} / 2 = 0,5 \text{ cm}$$

$$m = (21,6 \pm 0,5) \text{ cm}$$

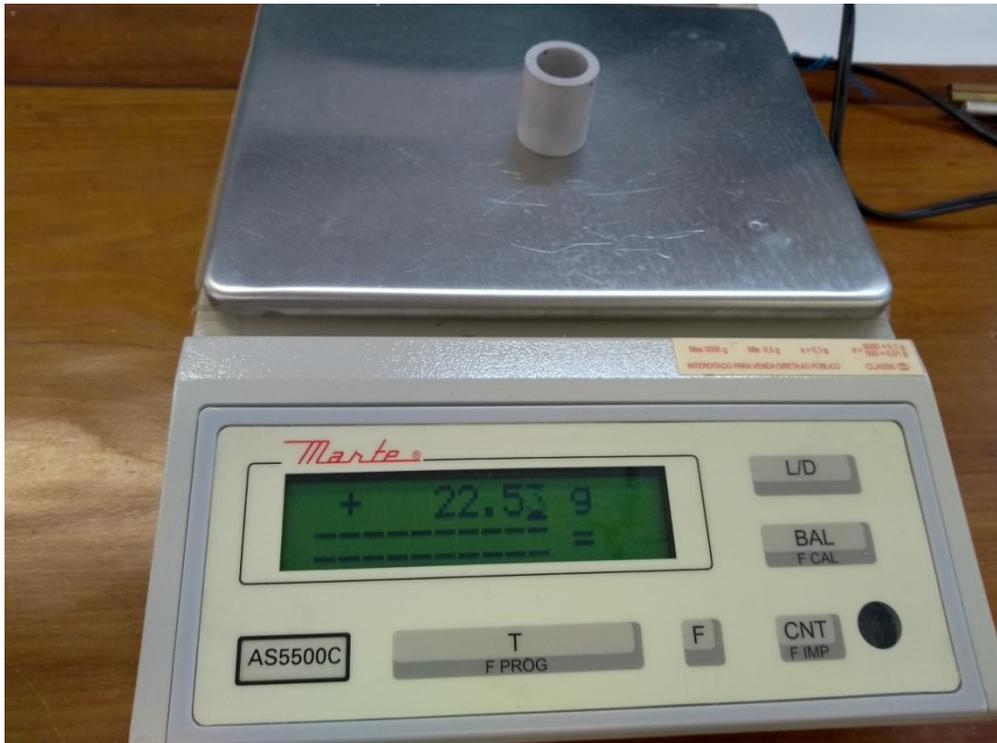
Arredondamento

$$m = (21,6 \pm 0,5) \text{ cm}$$

Precisão $\Delta = 0,5 \text{ cm}$

Medidas, Incertezas e Precisão dos Instrumentos:

Uma única medida → Precisão do instrumento digital



Precisão Δ :
(Instrumento digital)

Δ = menor divisão

$\Delta = 0,01 \text{ g}$

$m = (22,53 \pm 0,01) \text{ g}$

Ou

em notação científica

$m = (2,253 \pm 0,001) \times 10 \text{ g}$

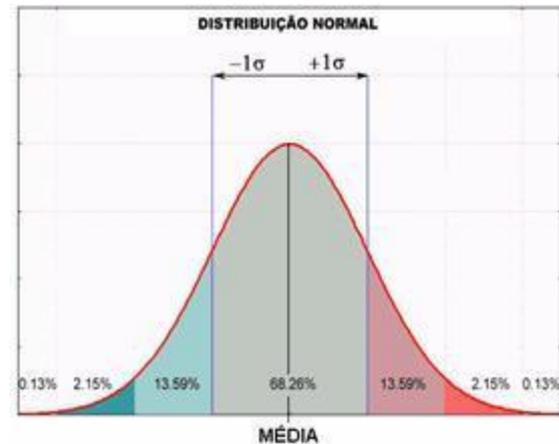
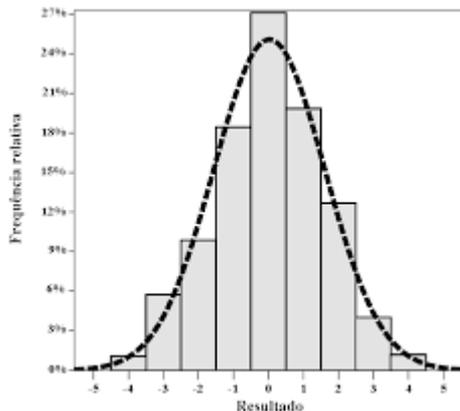
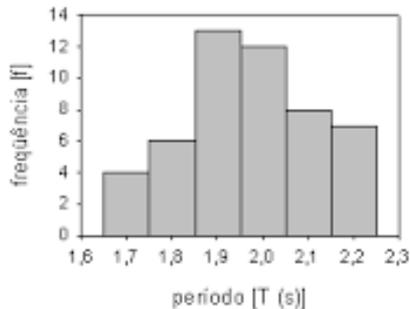
Precisão $\Delta = 0,01 \text{ g}$

Medidas e determinação das Incertezas:

$$\bar{T} \pm \sigma_T$$

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N}$$

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_i (T_i - \bar{T})^2}{N - 2}}$$



T (s)
± 0,001 s
0,83
0,94
0,75
0,85
0,84
0,91
0,79
0,81
0,84
0,80

Precisão	Fraca	Boa	Fraca	Boa
Exactidão	Fraca	Fraca	Aceitável	Boa

$$T = (0,84 \pm 0,06) \text{ s}$$

Propagação de erros (grandezas derivadas):

- **Adição:** $z \pm \Delta z = (x \pm \Delta x) + (y \pm \Delta y) = (x + y) \pm (\Delta x + \Delta y)$
- **Subtração:** $z \pm \Delta z = (x \pm \Delta x) - (y \pm \Delta y) = (x - y) \pm (\Delta x + \Delta y)$
- **Multiplicação:** $z \pm \Delta z = (x \pm \Delta x) \cdot (y \pm \Delta y) = (x \cdot y) \pm (x\Delta y + y\Delta x)$
- **Multiplicação por uma constante:** $z \pm \Delta z = c (x \pm \Delta x) = cx \pm c\Delta x$
- **Potência:** $z \pm \Delta z = (x \pm \Delta x)^n = x^n \pm n x^{n-1} \cdot \Delta x$
- **Divisão:** $z \pm \Delta z = \frac{x \pm \Delta x}{y \pm \Delta y} = \frac{x}{y} \pm \frac{1}{y^2} (x\Delta y + y\Delta x)$
- **Cosseno:** $z \pm \Delta z = \cos (x \pm \Delta x) = \cos x \pm \text{sen } x \cdot (\Delta x)$
- **Seno:** $z \pm \Delta z = \text{sen } (x \pm \Delta x) = \text{sen } x \pm \cos x \cdot (\Delta x)$
- **Logarítmo:** $z \pm \Delta z = \log_c (x \pm \Delta x) = \log_c x \pm \frac{\log_c e}{x} \cdot \Delta x$
- **Exponencial:** $z \pm \Delta z = c^{(x \pm \Delta x)} = c^x \pm c^x \cdot \ln c \cdot (\Delta x)$

1.5. Parte experimental:

1.5.1: Medidas indiretas e indireta do volume;

- Medidas das dimensões do cilindro metálico com paquímetro e cálculo do Volume (propagação de erro);
- Medidas do volume com cubeta com água

1.5.2: Medidas indiretas da densidade;

- Medida da densidade medindo massa do cilindro e volumes do item 1.5.1.

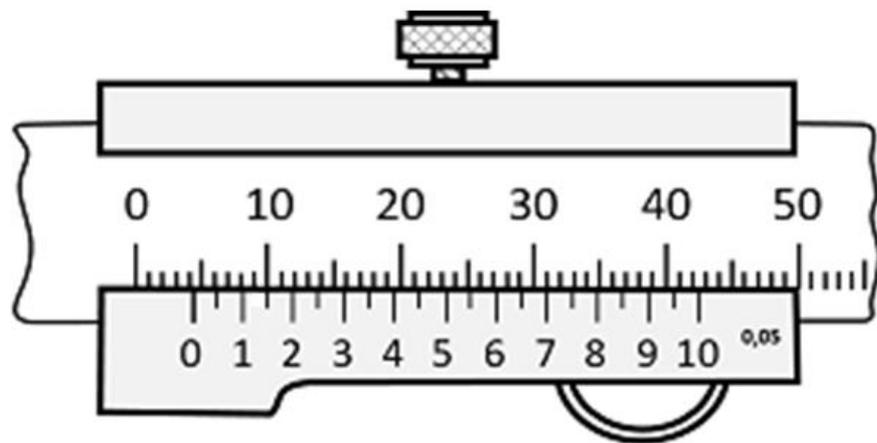
1.5.3: Medida direta com dispesão

- 10 medidas do diâmetro de um fio com micrômetro e calculo do valor médio e da incerteza



Escala fixa em mm

Escala móvel (nônio)



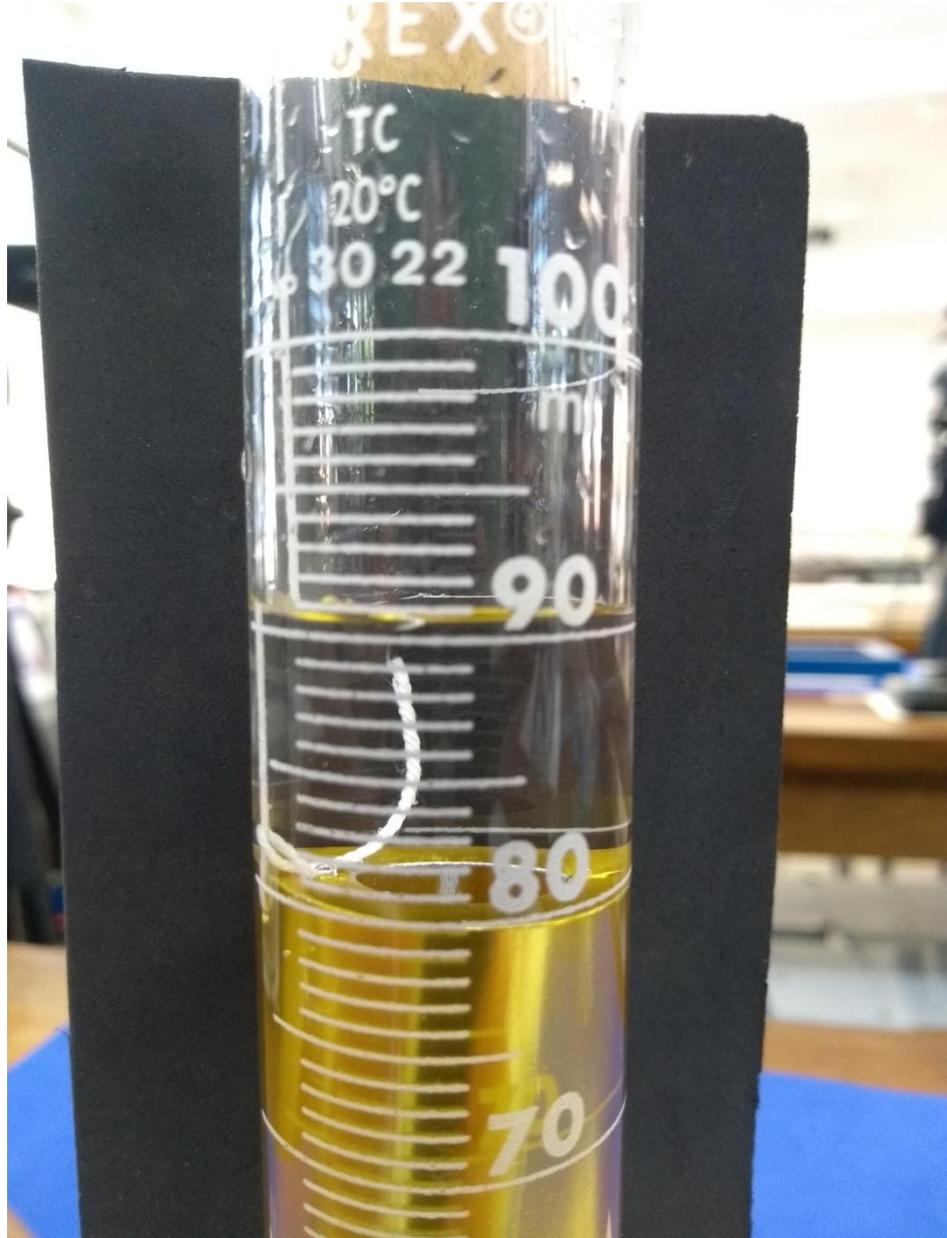
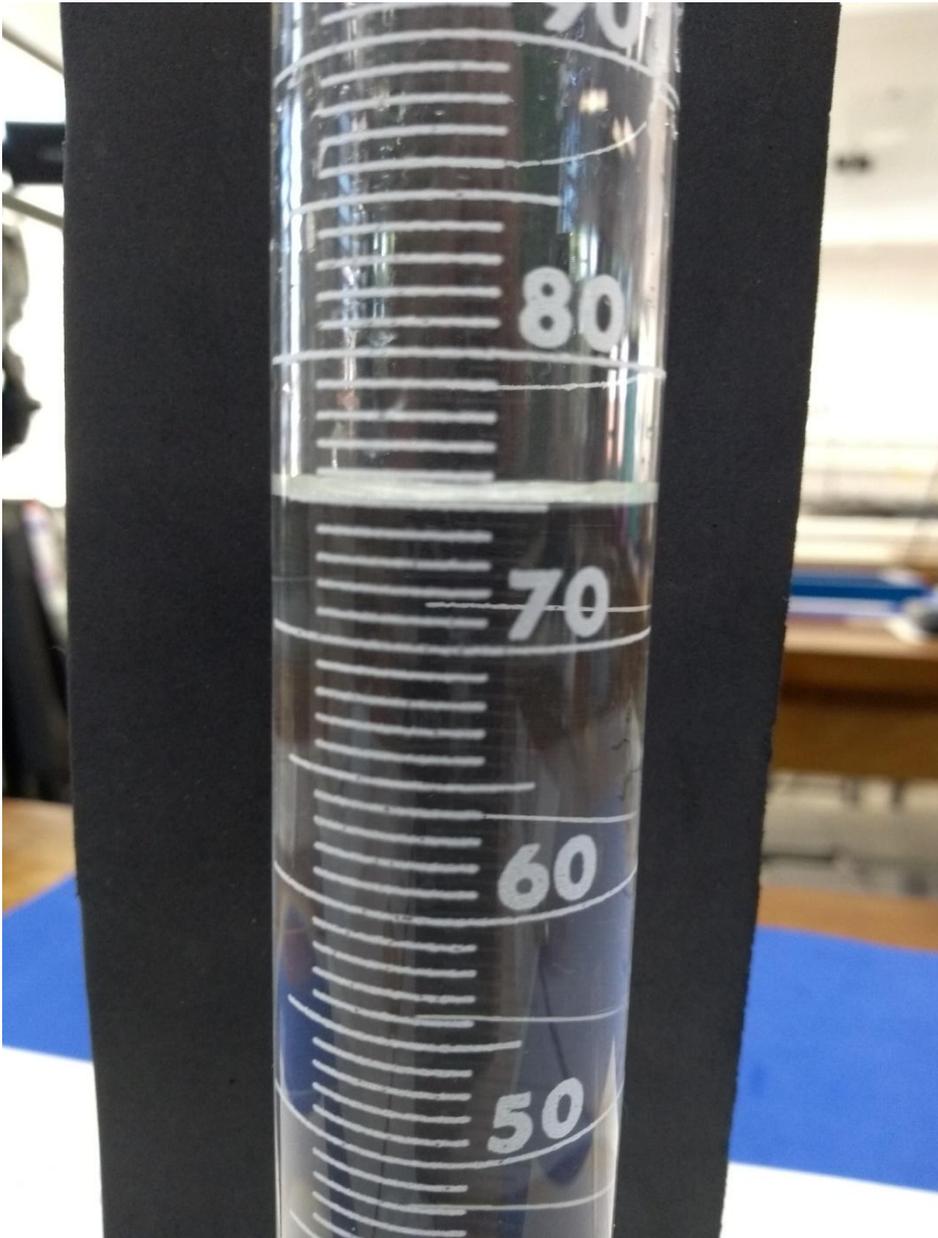


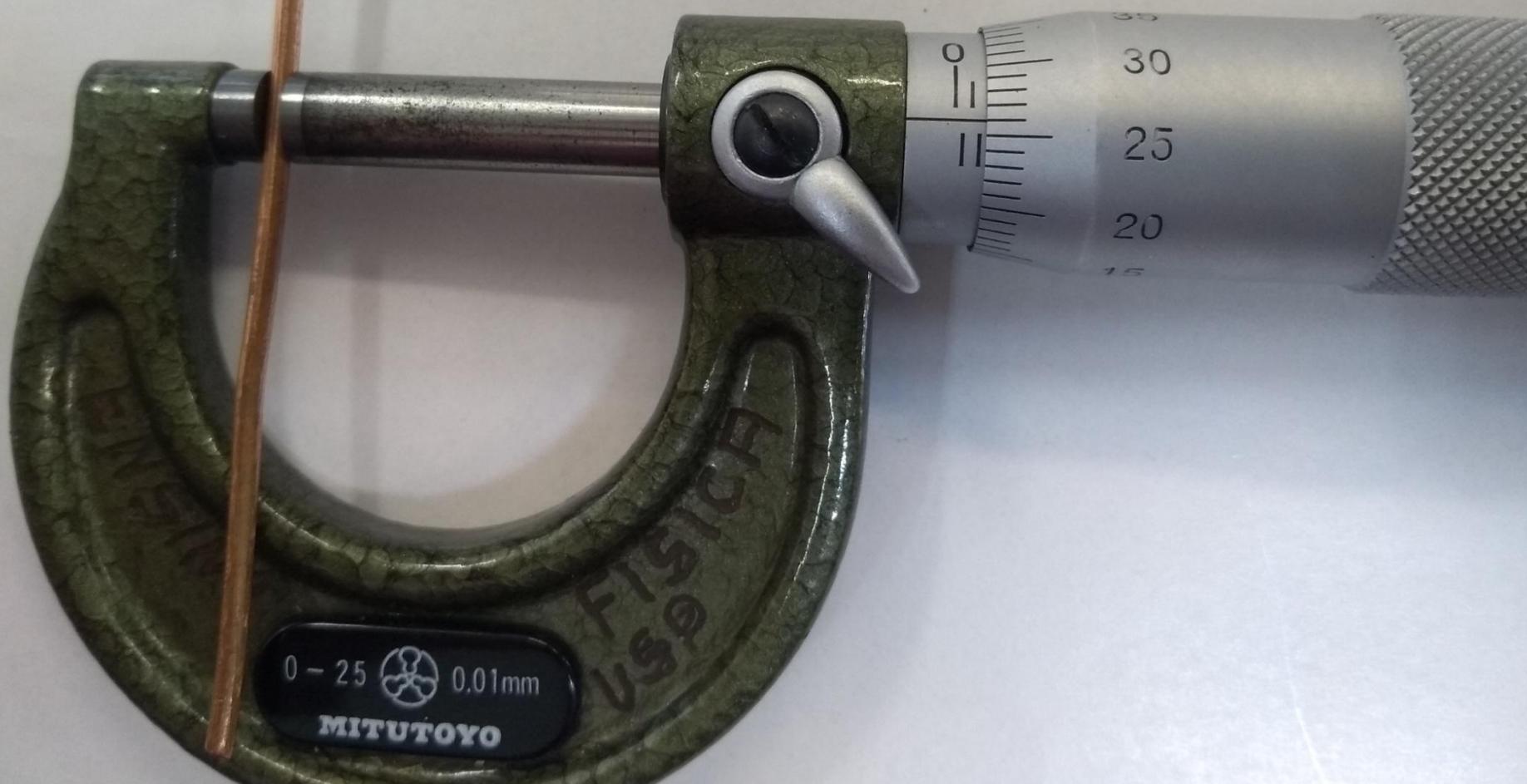
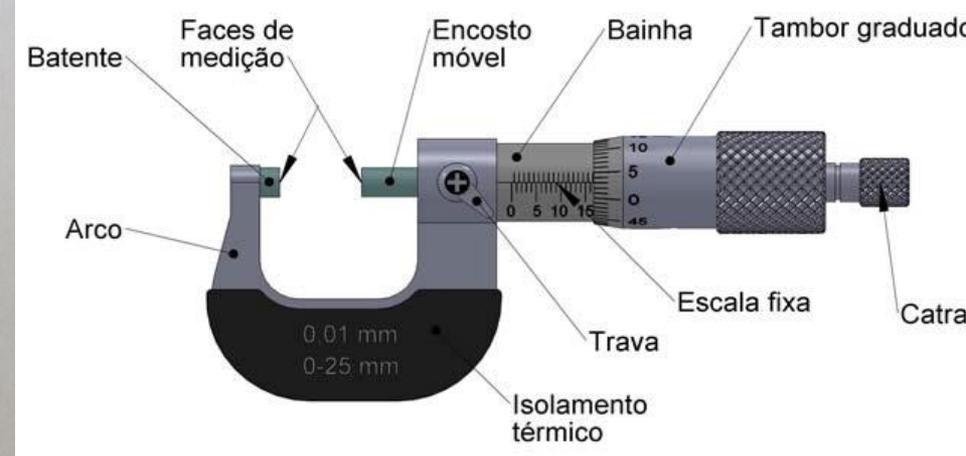


Mitutoyo
MADE IN BRAZIL

1/128 in.

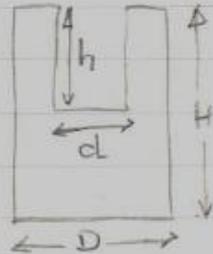
0.05 mm





Propagação de erros

- Volume de um cilindro metálico



$$V_1 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot H = \frac{\pi D^2 \cdot H}{4}$$

$$V_2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h = \frac{\pi d^2 \cdot h}{4}$$

$$V_{\text{cil}} = V_1 - V_2$$

medidas (1x) com paquímetro ($\Delta = 0,05 \text{ mm}$)

$$= \begin{cases} D = (24,00 \pm 0,05) \text{ mm} \\ d = (12,00 \pm 0,05) \text{ mm} \\ H = (39,01 \pm 0,05) \text{ mm} \\ h = (19,55 \pm 0,05) \text{ mm} \end{cases}$$

$$D^2 = [(24,00 \pm 0,05) \text{ mm}]^2 = [24,00^2 \pm 2 \cdot 24,00 \cdot 0,05] \text{ mm}^2 \\ = (576,00 \pm 2,4) \text{ mm}^2$$

$$D^2 \cdot H = (576,00 \pm 2,4) \text{ mm}^2 \times (39,01 \pm 0,05) \text{ mm} \\ = [576,00 \times 39,01 \pm (576,00 \times 0,05 + 39,01 \times 2,4)] \text{ mm}^3 \\ = (22469,76 \pm 122,42) \text{ mm}^3$$

$$\frac{\pi D^2 H}{4} = \frac{\pi (22469,76 \pm 122,42) \text{ mm}^3}{4} = V_1$$

$$V_1 = (17647,70 \pm 96,15) \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned}
 d^2 \cdot h &= (12,00 \pm 0,05) \text{ mm}^2 \times (19,55 \pm 0,05) \text{ mm} \\
 &= (144,00 \pm 2 \cdot 12,00 \cdot 0,05) \text{ mm}^2 \times (19,55 \pm 0,05) \text{ mm} \\
 &= (144,00 \pm 1,2) \text{ mm}^2 \times (19,55 \pm 0,05) \text{ mm} \\
 &= [144,00 \times 19,55 \pm (144,00 \times 0,05 + 19,55 \times 1,2)] \text{ mm}^3 \\
 &= (2815,20 \pm 30,66) \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\frac{\pi d^2}{4} h = V_2 = \frac{\pi}{4} (2815,20 \pm 30,66) \text{ mm}^3$$

$$V_2 = (2211,05 \pm 24,08) \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned}
 V_{e1L} &= V_1 - V_2 = \\
 &= (17647,70 \pm 96,15) \text{ mm}^3 - \\
 &\quad (2211,05 \pm 24,08) \text{ mm}^3 \\
 &= [(17647,70 - 2211,05) \pm (96,15 - 24,08)] \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$V_{e1L} = (15436,64 \pm 120,23) \text{ mm}^3$$

Arredondament c

$$\begin{aligned}
 V_{e1L} &= (1,543664 \pm 0,012023) \text{ mm}^3 \\
 &= (1,54 \pm 0,01) \times 10^4 \text{ mm}^3 \\
 \text{mm}^3 &= 10^{-3} \text{ cm}^3 \quad \left| \quad V_{e1L} = (1,54 \pm 0,01) \times 10 \text{ cm}^3 \right.
 \end{aligned}$$