

INSTITUTO FEDERAL  
PARANÁ

# *Introdução à Física Experimental*

Licenciatura em Física  
1º período

*Profa Marcia Saito*

marcia.saito@ifpr.edu.br

# Avaliação

▶  $MF = 0,4 * R + 0,3 * T + 0,3 * P$

MF: Média final

R: Média dos (N-1) relatórios

T: Trabalho (experiência eletiva)

P: Prova individual

# Avaliação

- ▶  $MF = 0,4 * R + 0,3 * T + 0,3 * P$
- ▶  $MF \geq 9,0$ : A
- ▶  $7,5 \leq MF < 9,0$ : B
- ▶  $6,0 \leq MF < 7,5$ : C
- ▶  $MF < 6,0$ : D
- ▶ Recuperação: se  $MF \geq 3,0$

# Medidas em Física

- ▶ Medida = valor verdadeiro da grandeza?

Supondo que existe um **valor verdadeiro** associado à grandeza que está sendo medida, **nunca** iremos obter esse valor em nossas medições.

- ▶ Quais fatores podem influenciar uma medida?

- Irregularidades nos objetos
- Precisão do equipamento
- Habilidade do medidor
- Equipamento adequado p/ grandeza
- Condições do ambiente
- Calibração do instrumento
- Aproximações teóricas p/ cálculos

# Erro e incerteza de uma medida

- ▶ **Erro** = *valor verdadeiro* – *valor medido*

pode-se afirmar que **toda medida experimental apresenta um erro**, que precisa ser estimado e compreendido.

O valor do erro **NUNCA** pode ser conhecido!

- ▶ **Incerteza** = melhor *estimativa* do valor do erro

# Medidas Físicas

- ▶ Medida  $\neq$  valor verdadeiro da grandeza
- ▶ Instrumento de medida  $\rightarrow$  precisão
- ▶ Qual a diferença das seguintes medidas?

1,0 cm

1,00 cm

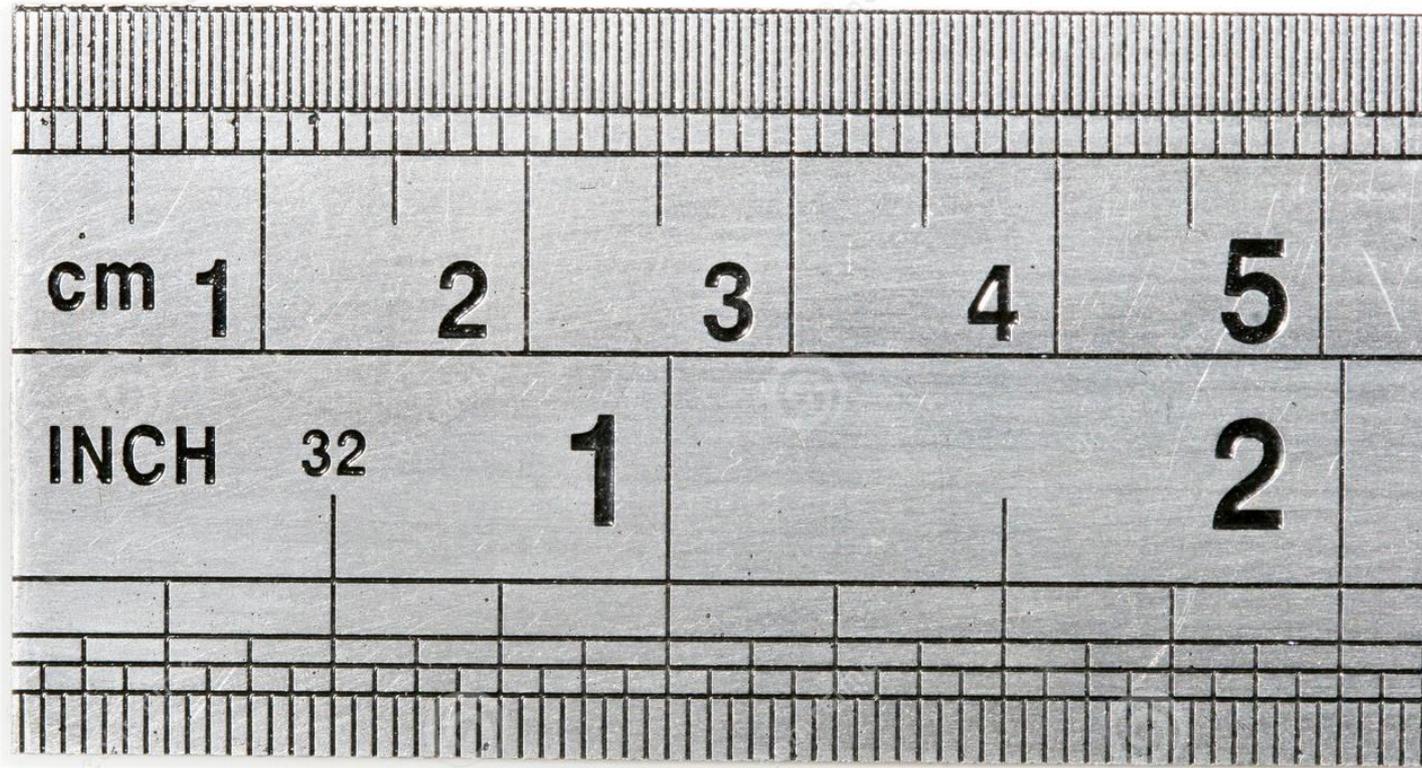
1,000 cm

1,0000 cm

# Instrumentos de medidas

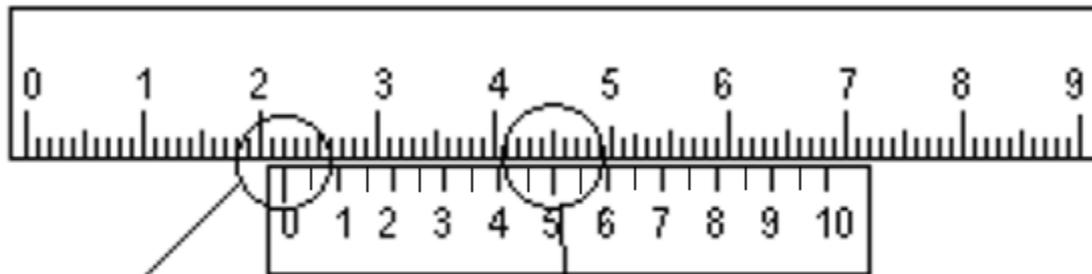
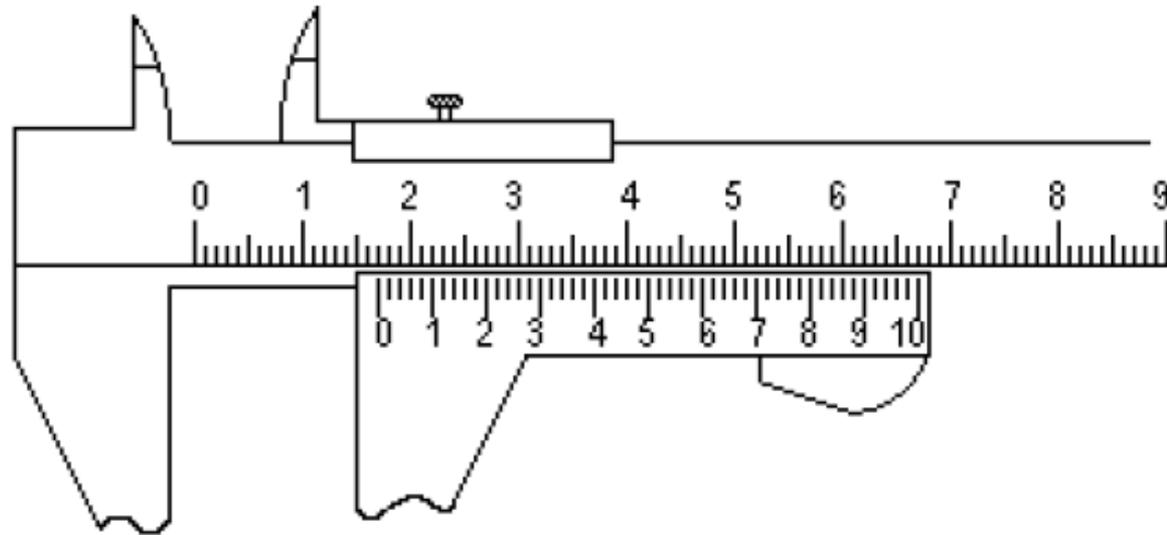
- ▶ Régua

$\sigma = ?$



► Paquímetro analógico

$\sigma = ?$

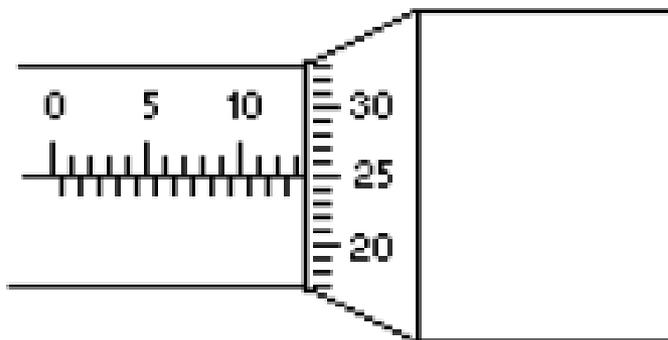
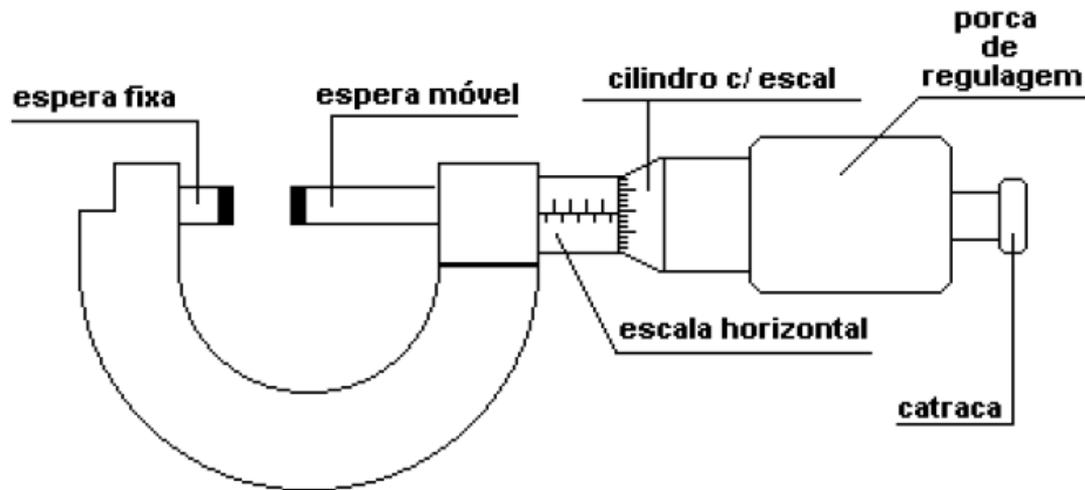


$$22,00 + 0,50 \text{ mm} = 22,50 \text{ mm}$$

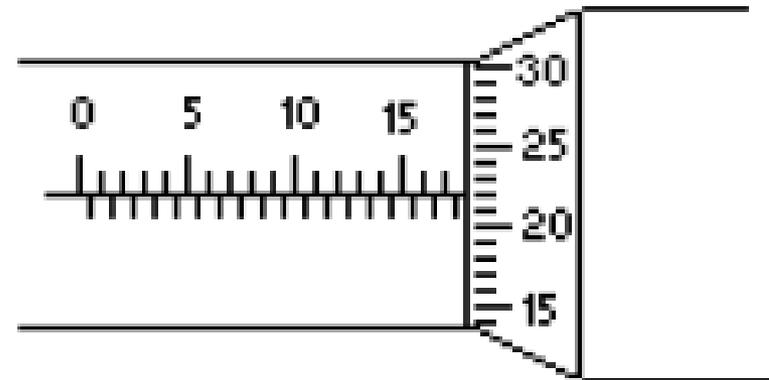
$(22,50 \pm 0,05) \text{ mm}$

# ► Micrômetro analógico

$\sigma = ?$



$(13,250 \pm 0,005) \text{ mm}$



$(17,720 \pm 0,005) \text{ mm}$

# Histograma

▶  $\Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{N_{colunas}}$

▶  $x_i = x_i + i \cdot \Delta x$

ou

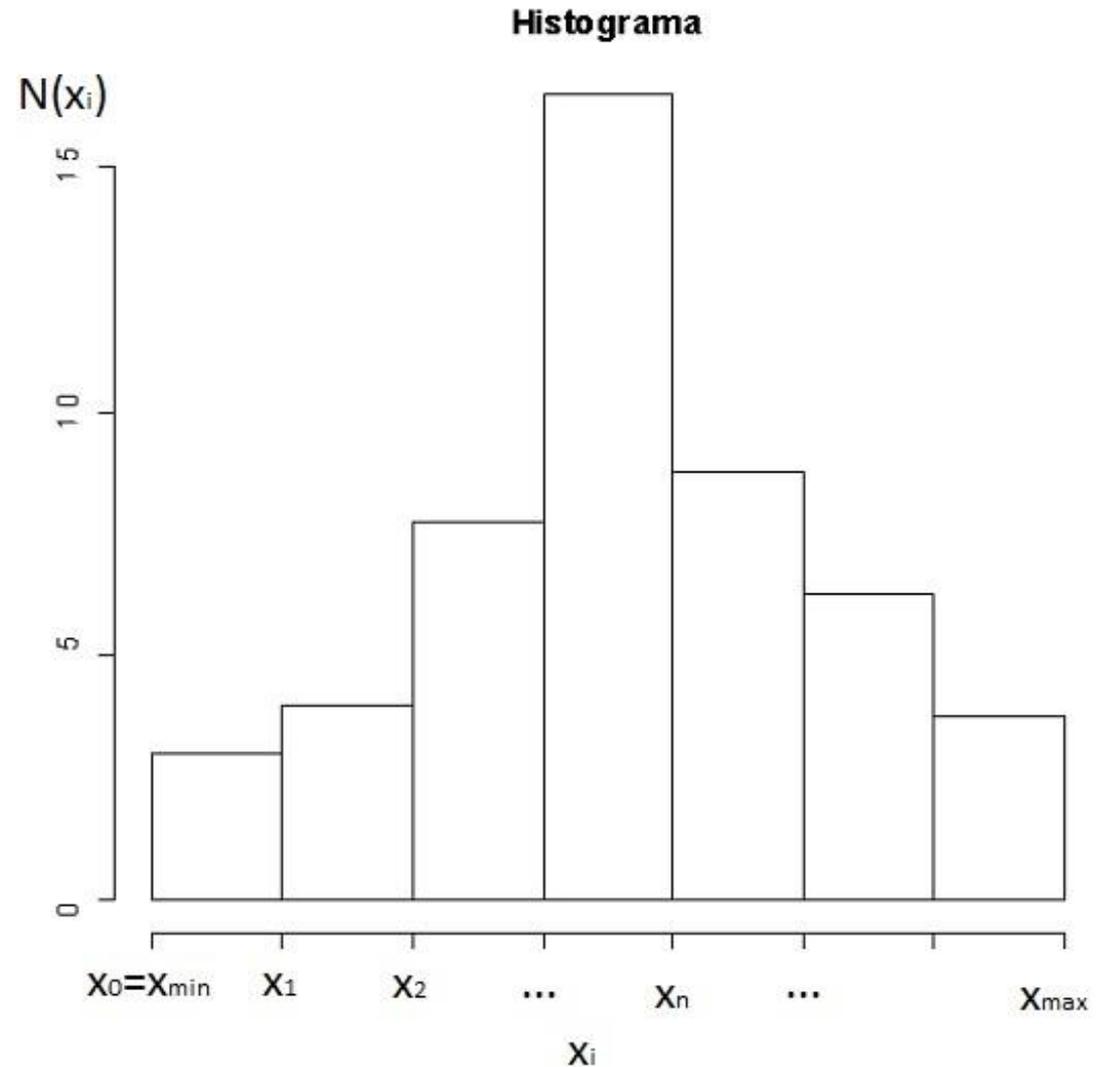
▶  $x_1 = x_0 + \Delta x$

▶  $x_2 = x_1 + \Delta x$

▶  $x_3 = x_2 + \Delta x$

...

▶  $x_n = x_{n-1} + \Delta x$



- ▶ Obs: Se o valor é exatamente o da borda, jogar para o intervalo superior

► Média

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

$n$  é o nº total de medidas  
 $x_i$  é o valor de cada  
medida.

► Desvio padrão

Desvio padrão da média

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

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

# Incerteza final de uma série de medidas

$$\sigma_{final} = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_{inst}^2}$$

- ▶  $\sigma_m$ : desvio padrão da média
- ▶  $\sigma_{inst}$ : incerteza do instrumento de medida

# Cálculo da incerteza de uma função

- ▶ Dada uma função  $f(x,y,z)$ , onde  $x$ ,  $y$  e  $z$  são grandezas experimentais, com incertezas dadas por  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ , a incerteza de  $f(x,y,z)$  será dada por:

- ▶ 
$$\sigma_f^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2$$

- ▶ Cálculo do volume da esfera

$$V = \frac{\pi D^3}{6}$$

$$\sigma_v=?$$

- ▶ Cálculo da densidade da esfera

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

$$\sigma_d=?$$

# Comparação de um resultado com seu valor teórico

- ▶ Erro percentual (E%)

$$E(\%) = \left| \frac{\text{valor}_{teo} - \text{valor}_{exp}}{\text{valor}_{teo}} \right| \cdot 100$$

# Regras gerais para confecção de gráficos

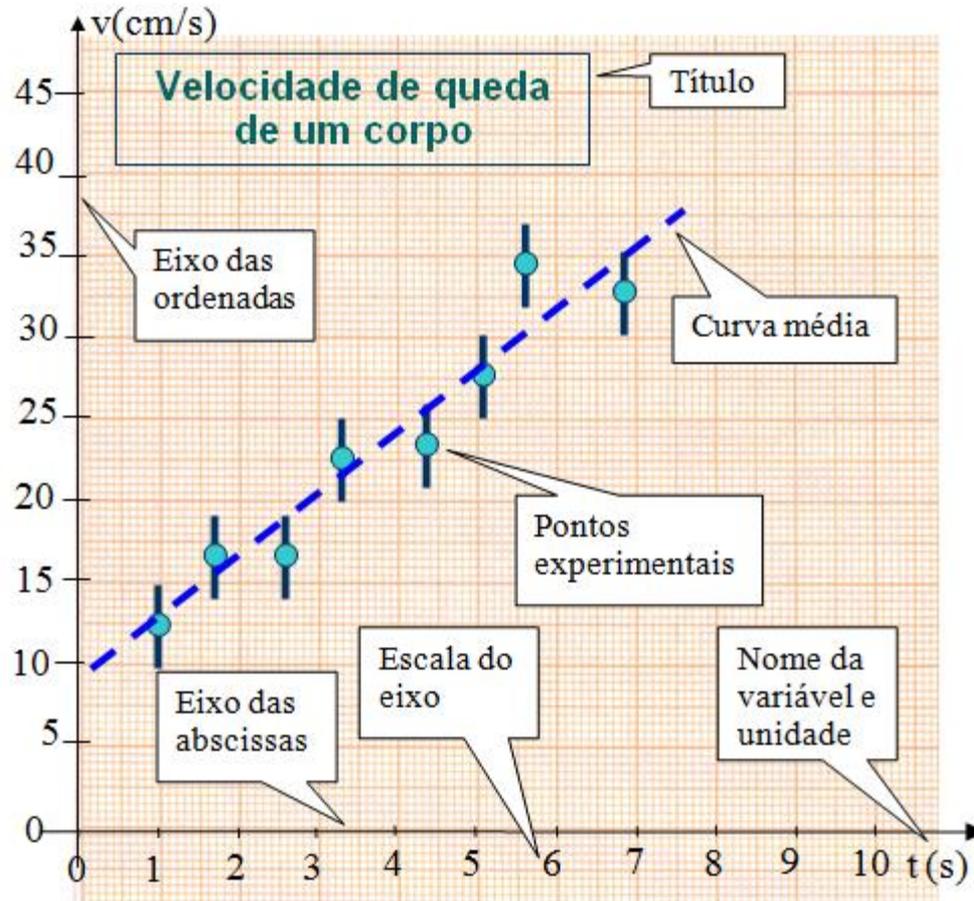


Figura 3.1. Componentes típicos de um gráfico científico padrão.

# Regras gerais para confecção de gráficos

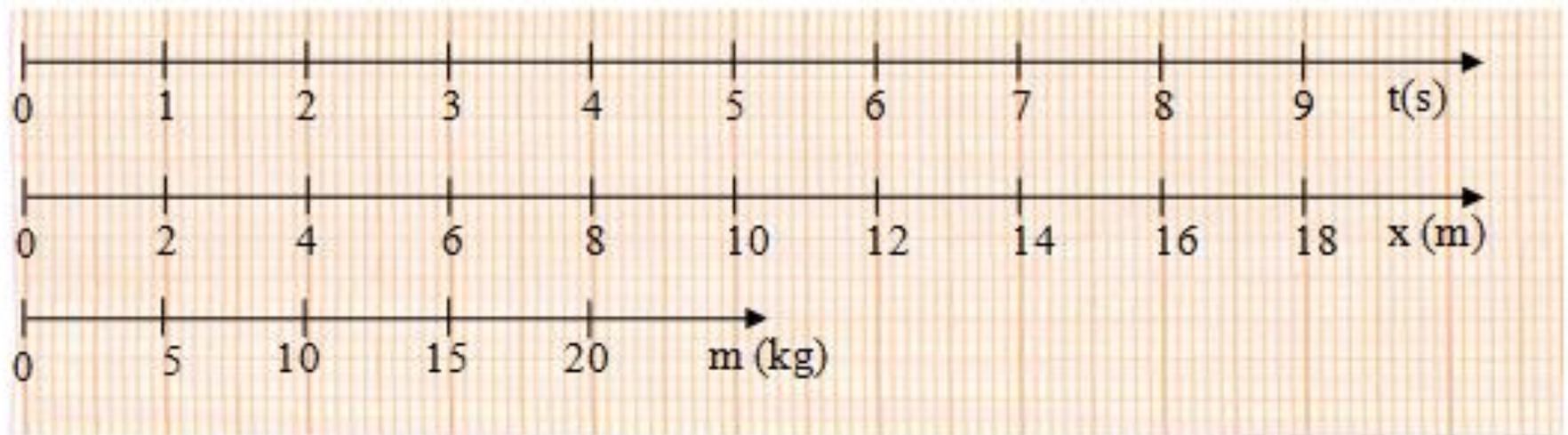


Figura 3.2. Alguns exemplos de formas CORRETAS de desenhar eixos em um gráfico.

# Regras gerais para confecção de gráficos

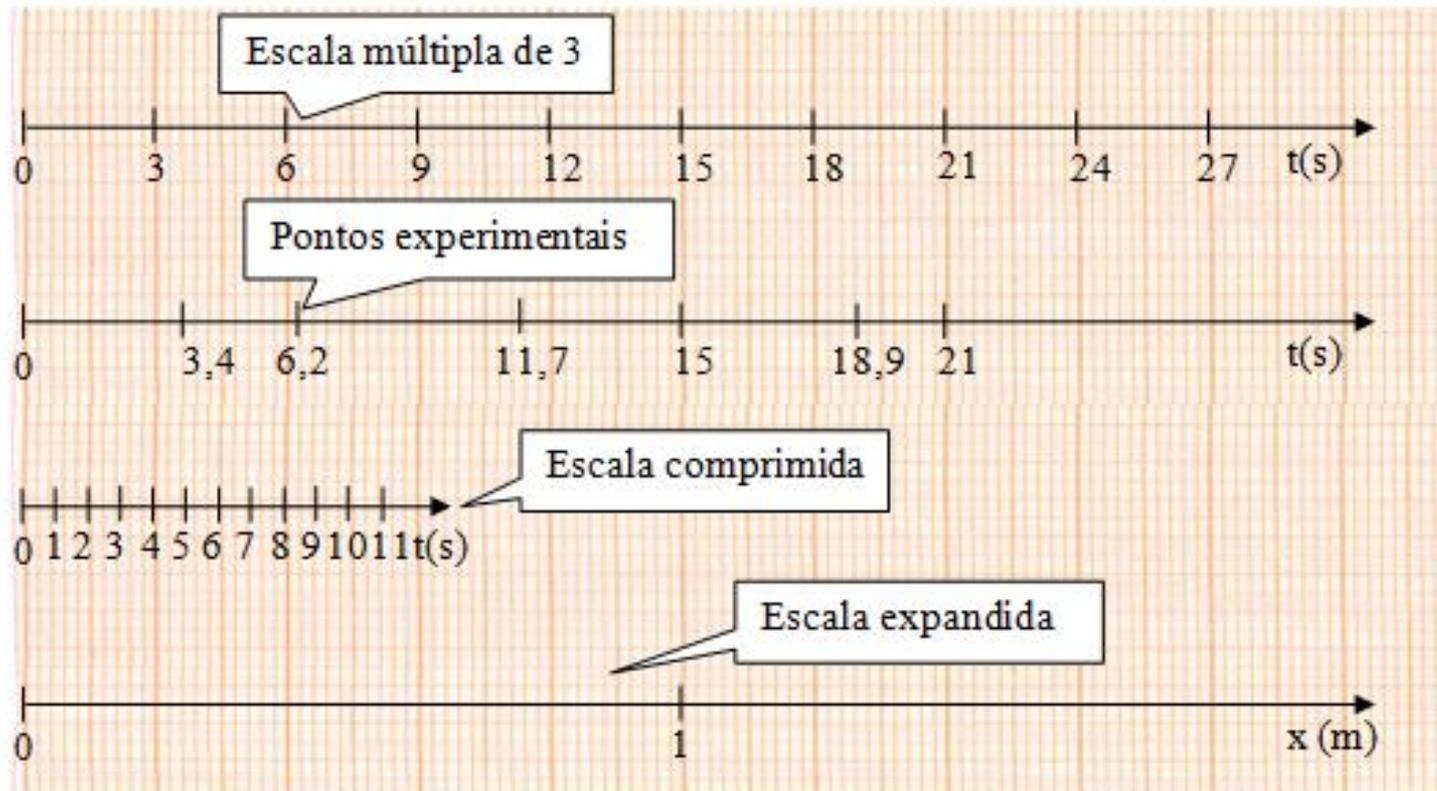


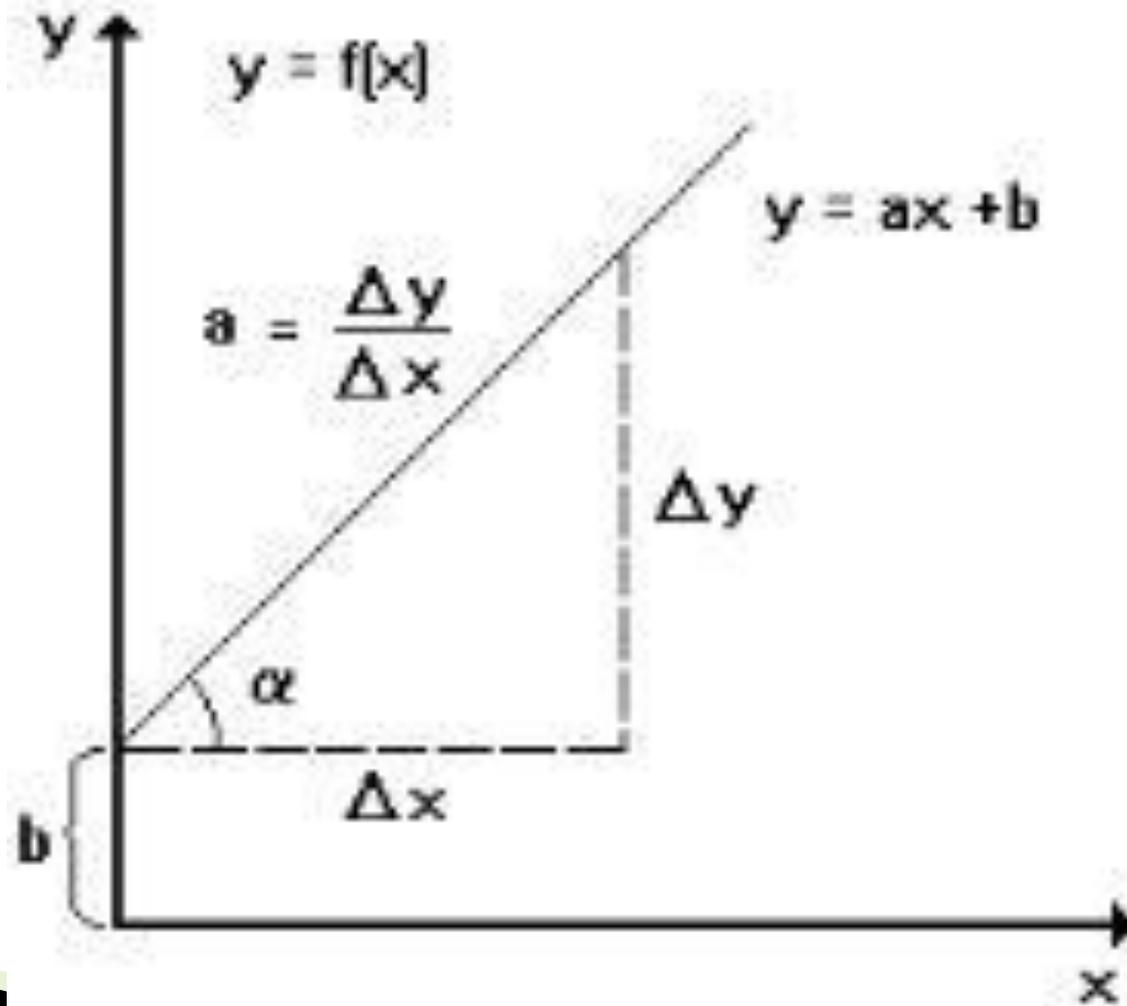
Figura 3.3. Algumas formas INCORRETAS de desenhar eixo em um gráfico.

# Gráficos lineares

- ▶ Equação da reta:
  - $y$ : variável dependente
  - $X$ : variável independente
  - $a$ : coeficiente angular
  - $b$ : coeficiente linear.

$$y = ax + b$$

# Gráficos lineares



# Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

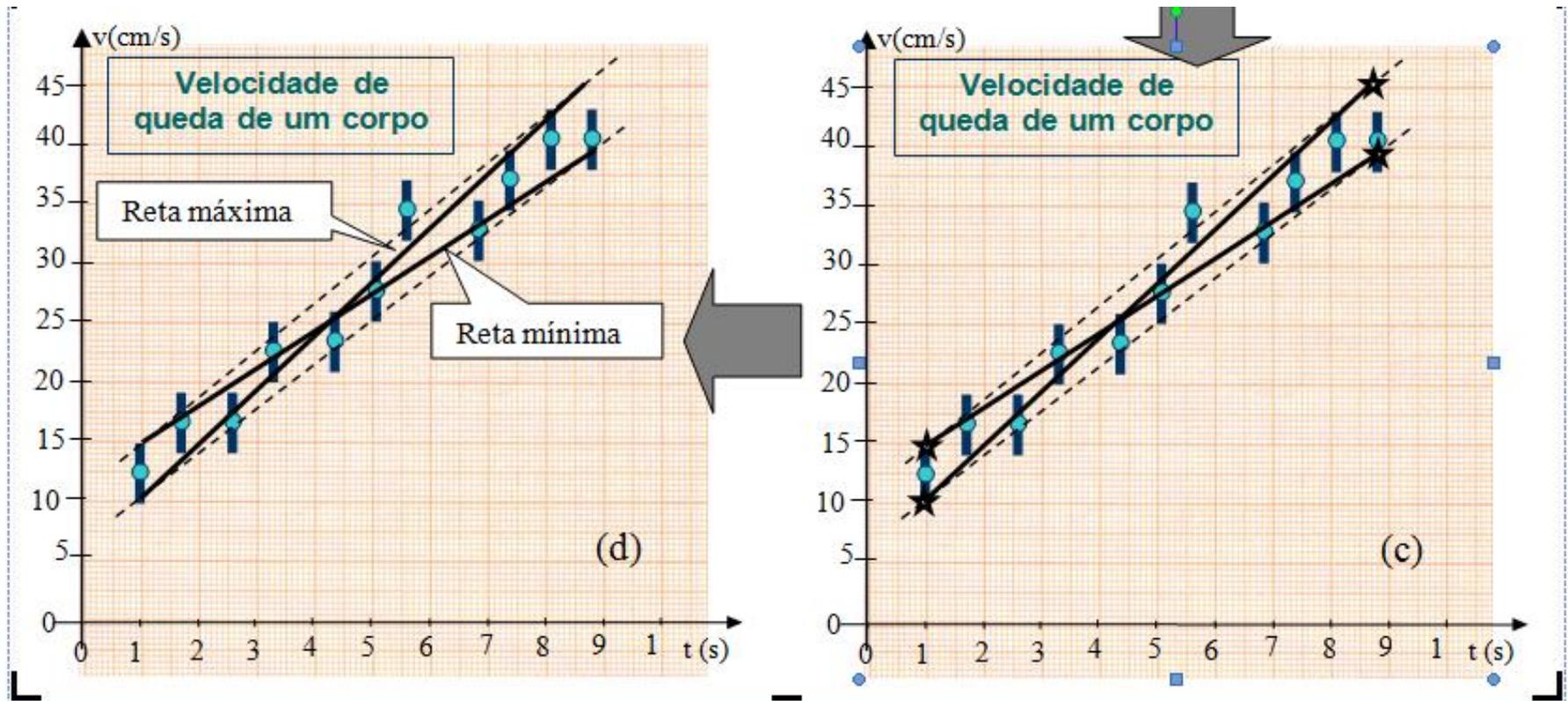


Figura 4.8. Procedimento para estimar as incertezas nos coeficientes da reta média.

# Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

- ▶ As incertezas nos coeficientes da reta média podem ser obtidas através das expressões:

$$\sigma_a = \frac{|a_{\max} - a_{\min}|}{2} \quad \text{e} \quad \sigma_b = \frac{|b_{\max} - b_{\min}|}{2}$$

# Linearização de funções

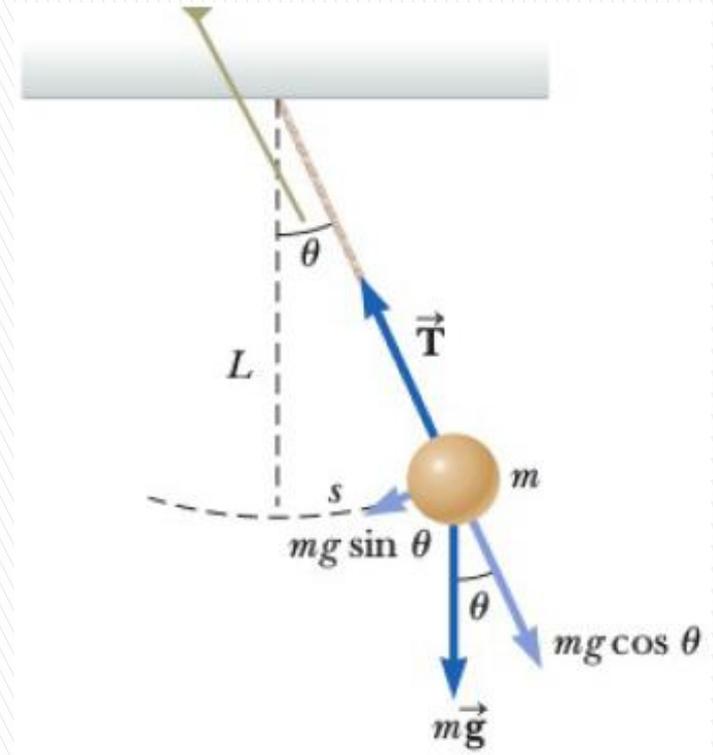
▶  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

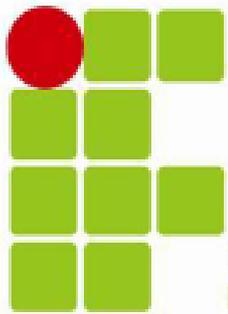
▶  $T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$

▶  $L = \underbrace{\frac{g}{4\pi^2}}_a T^2$

▶  $L \times T^2$  é uma função linear

▶  $a = \frac{g}{4\pi^2}$  (coef. Angular)





INSTITUTO FEDERAL  
PARANÁ

# *RESUMO*

*dos tipos de medidas possíveis*

# Exemplos de resultados

1) Medida direta com instrumento de medida:

$$(2,74 \pm 0,05) \text{ cm} \quad \text{Unidade de medida}$$

Resultado da  
medição

Precisão do  
instrumento



Mesmo nº de casas decimais

2) Resultado de uma série de medidas:

$$(4,53 \pm 0,15) \text{ mm} \quad \text{Unidade de medida}$$

Média aritmética

$$\sigma = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_{inst}^2} \quad (\text{c/ 2 alg. Signif.})$$



Mesmo nº de casas decimais

# Exemplos de resultados

3) Resultado de um cálculo envolvendo medidas diretas:

$$(9,7 \pm 2,5) \text{ mm}^3 \quad \text{Unidade de medida}$$

Resultado do cálculo

$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2}$$

(c/ 2 alg. Signif.)



Mesmo nº de casas decimais

# Exemplos de resultados

4) Resultado obtido através de um gráfico linear:

$(5,8) \pm (1,6) \text{ m/s}^2$  Unidade de medida

Coeficiente angular da reta média (a)  $\sigma_a = \frac{|a_{max} - a_{min}|}{2}$   
(c/ 2 alg. Signif.)



Mesmo nº de casas decimais