

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

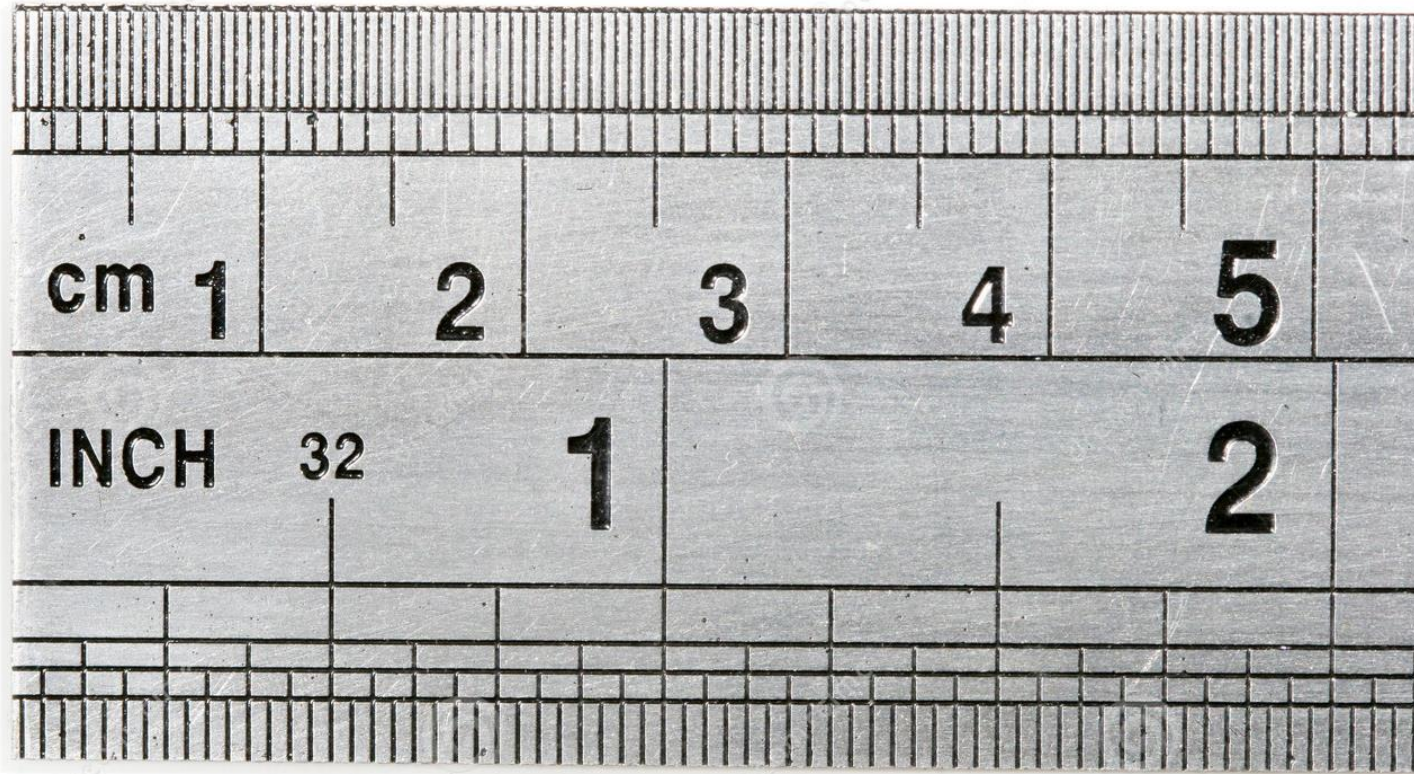
1,000 cm

1,0000 cm

Instrumentos de medidas

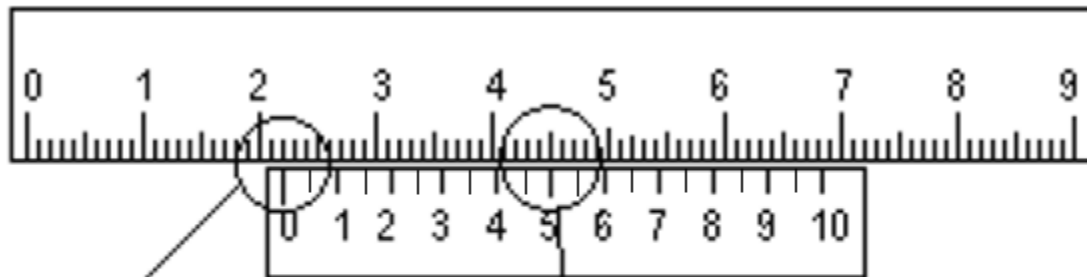
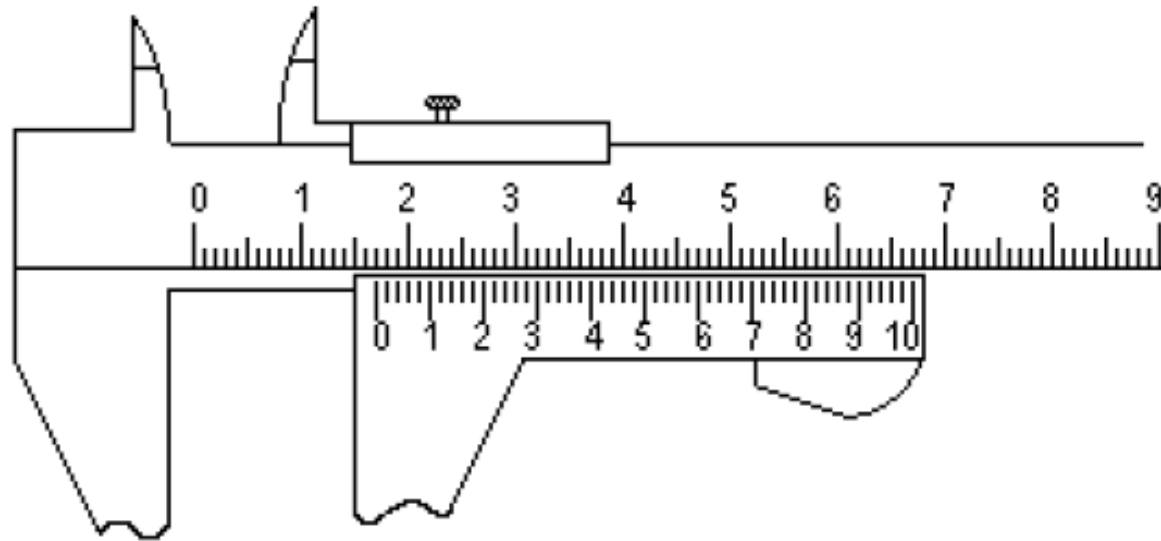
- ▶ Régua

$\sigma = ?$



► Paquímetro analógico

$\sigma = ?$

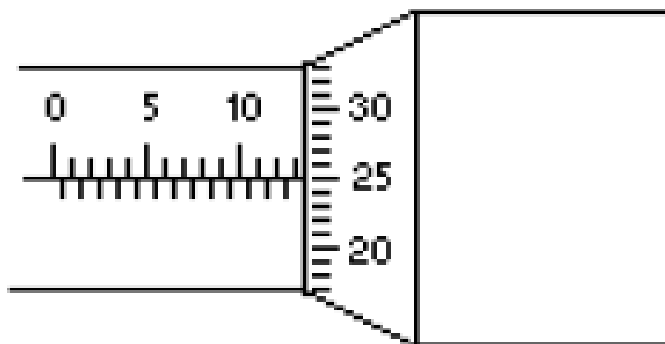
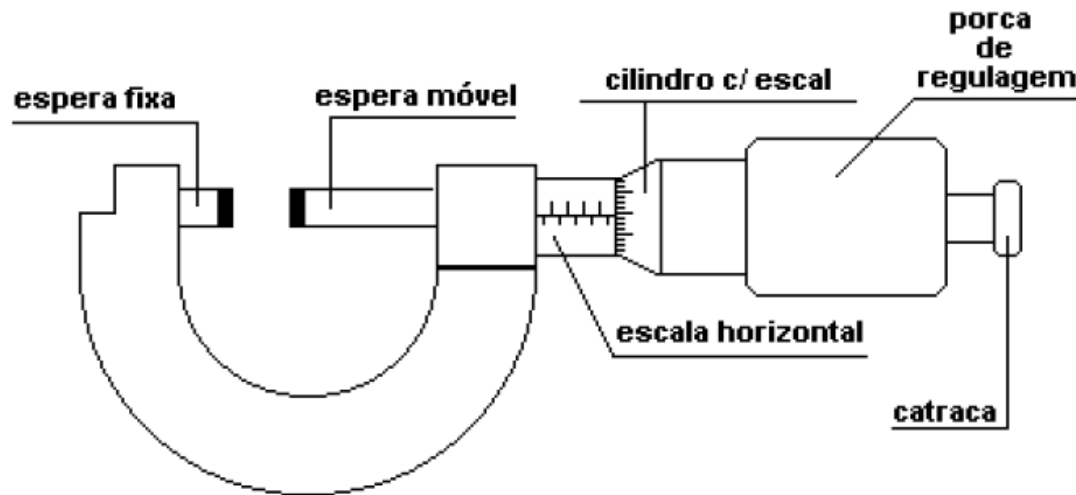


$$22,00 + 0,50 \text{ mm} = 22,50 \text{ mm}$$

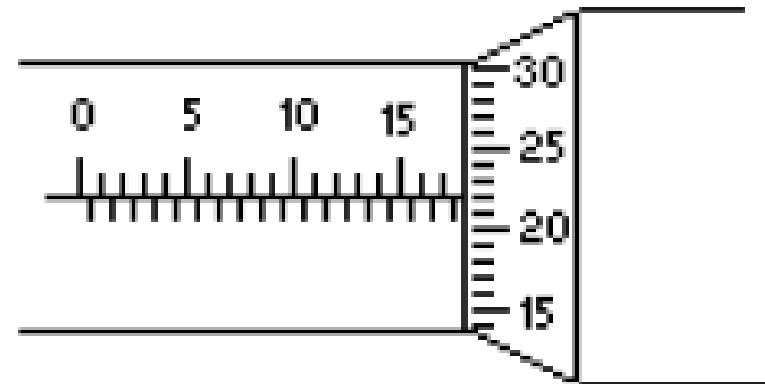
$(22,50 \pm 0,05) \text{ mm}$

► 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

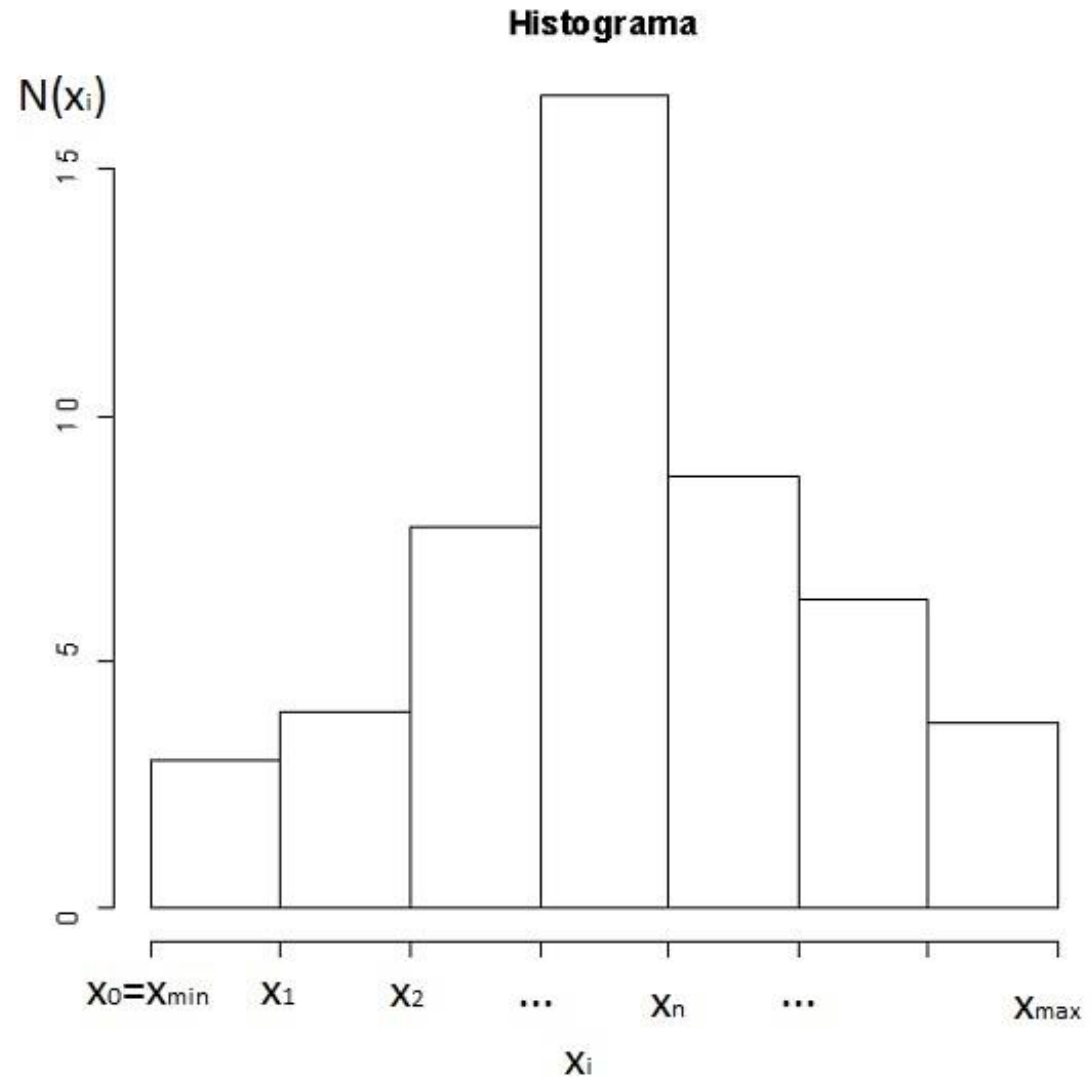
▶ $x_1 = x_0 + \Delta x$

▶ $x_2 = x_1 + \Delta x$

▶ $x_3 = x_2 + \Delta x$

...

▶ $x_n = x_{n-1} + \Delta x$



- ▶ 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

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

- ▶ σ_m : desvio padrão da média
- ▶ σ_{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 σ_x , σ_y , σ_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

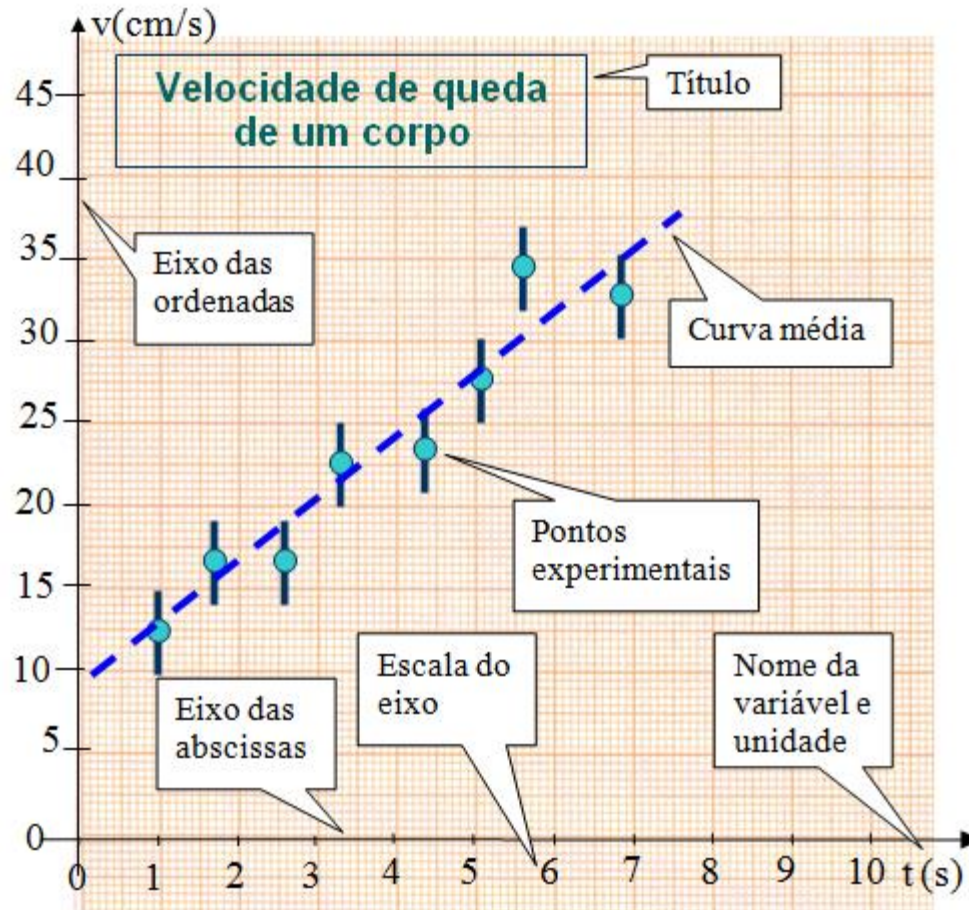


Figura 3.1. Componentes típicos de um gráfico científico padrão.

Regras gerais para confecção de gráficos

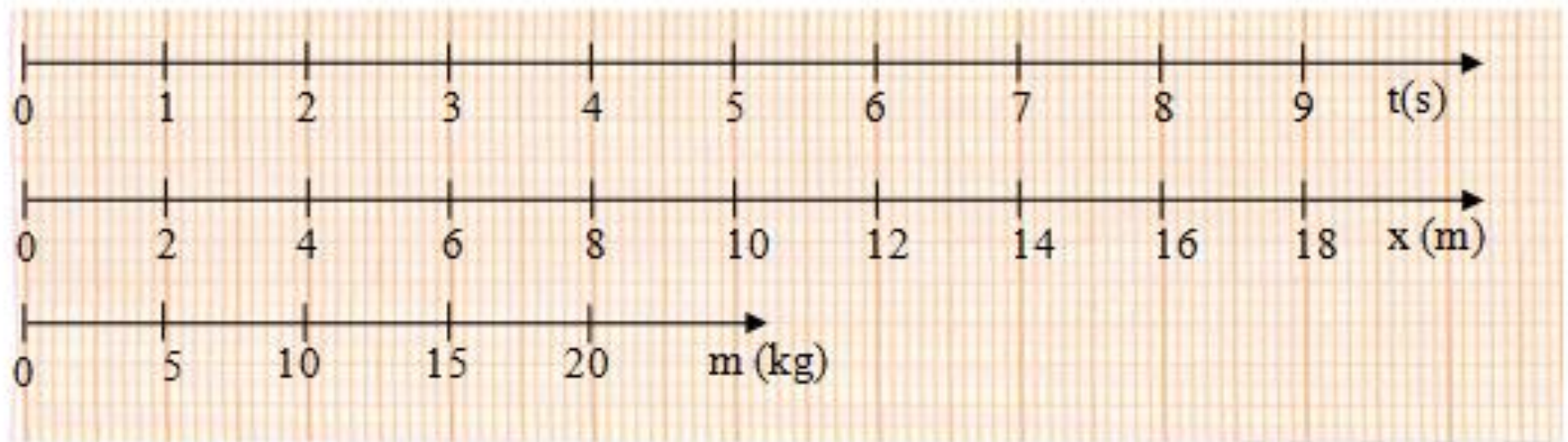


Figura 3.2. Alguns exemplos de formas CORRETAS de desenhar eixos em um gráfico.

Regras gerais para confecção de gráficos

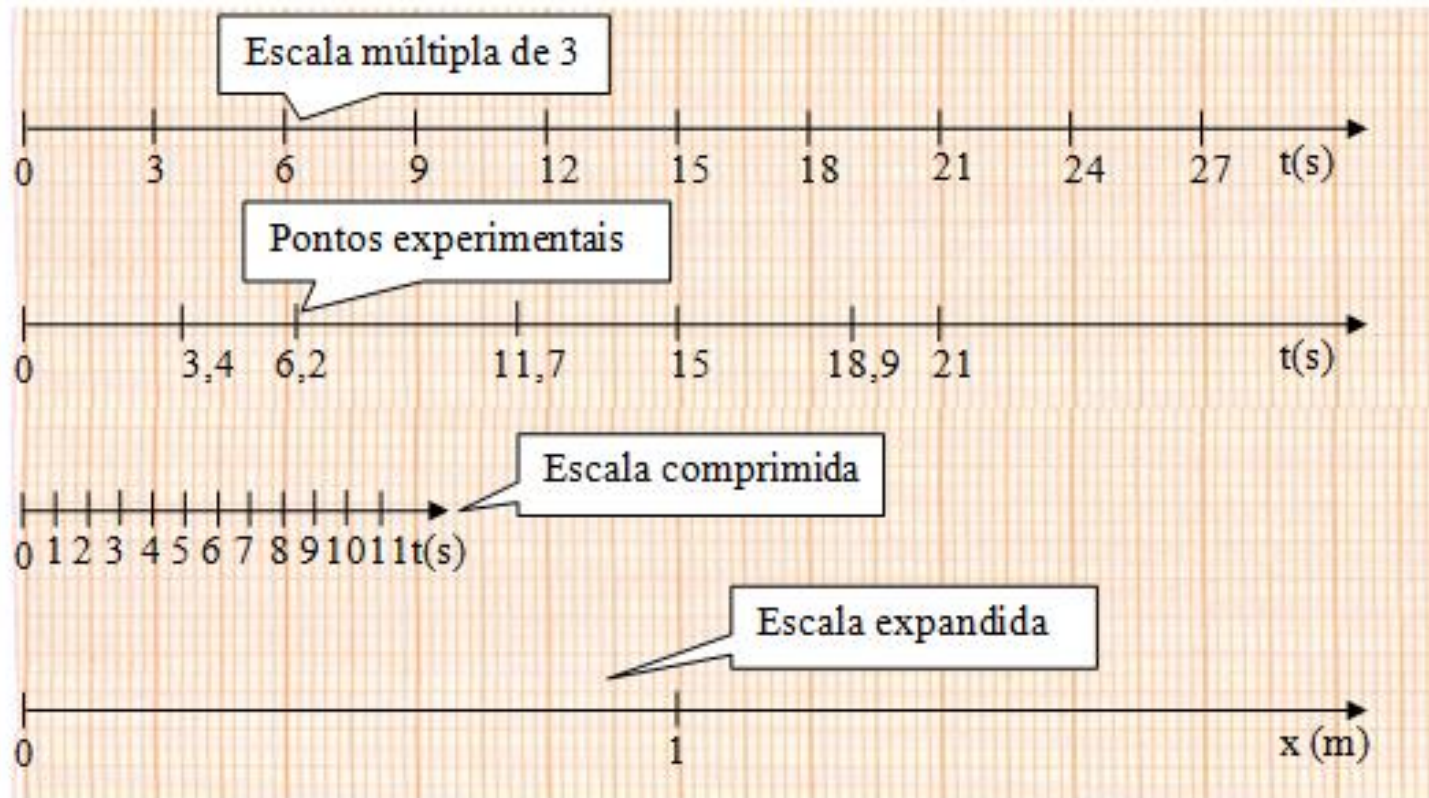


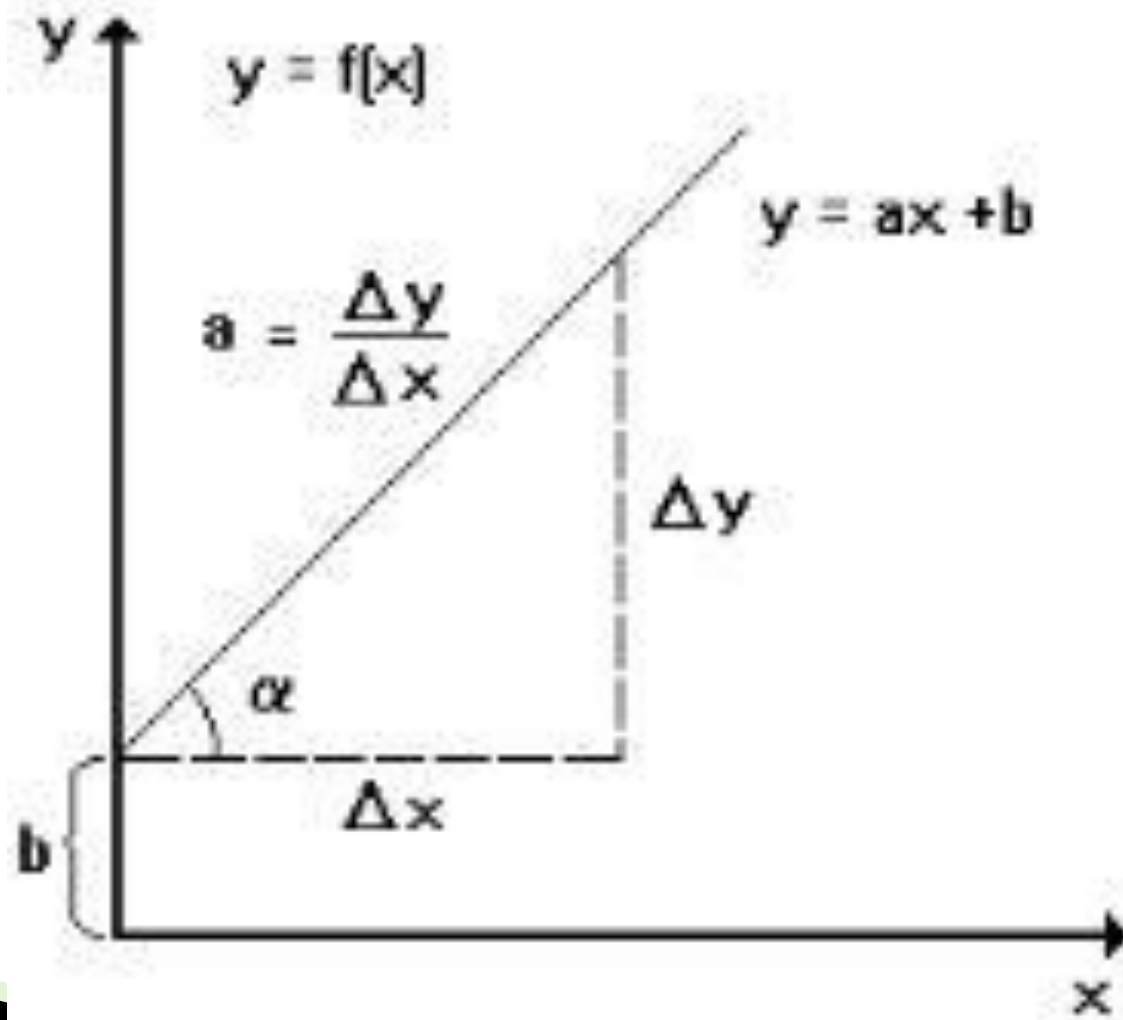
Figura 3.3. Algumas formas INCORRETAS de desenhar eixo em um gráfico.

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

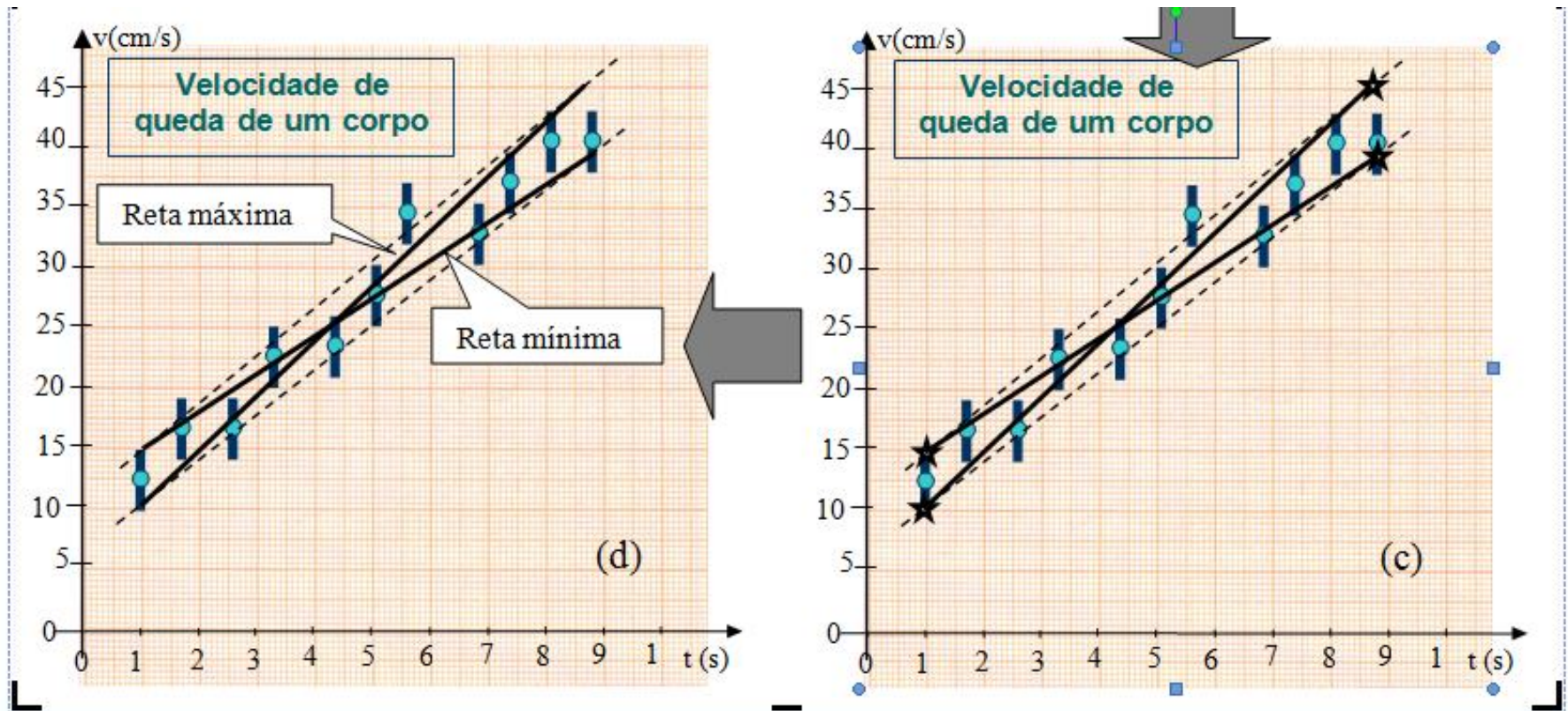


Figura 4.8. Procedimento para estimar as incertezas nos coeficientes da reta média.

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

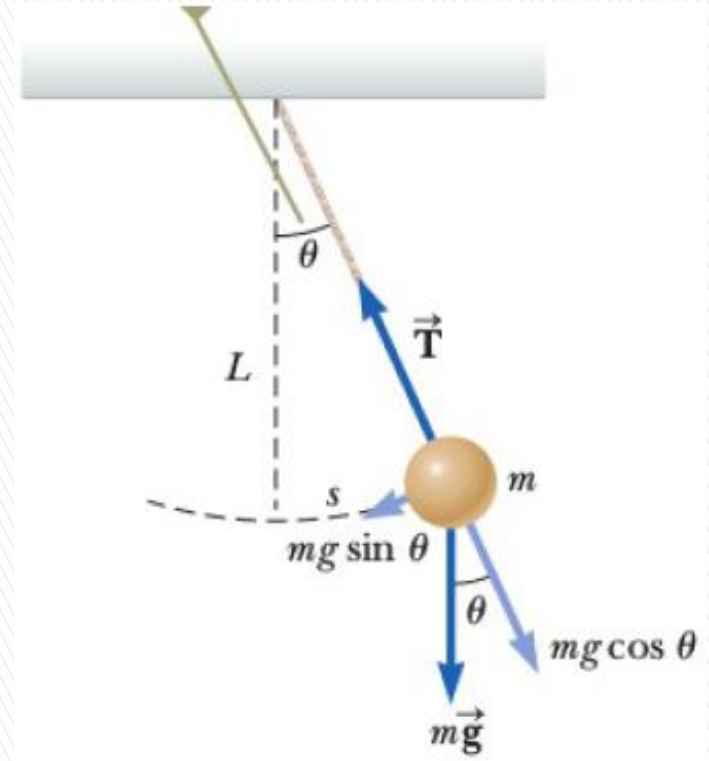
▶ $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

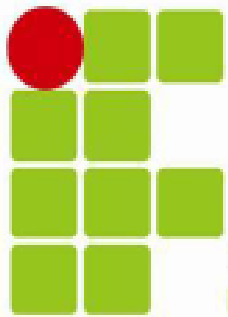
▶ $T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$

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

▶ $L \times T^2$ 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