



Introdução à Física Experimental

Licenciatura em Física
1º período

Aula 6: Determinação da constante de uma mola e associação em série e em paralelo de molas

Profa Marcia Saito

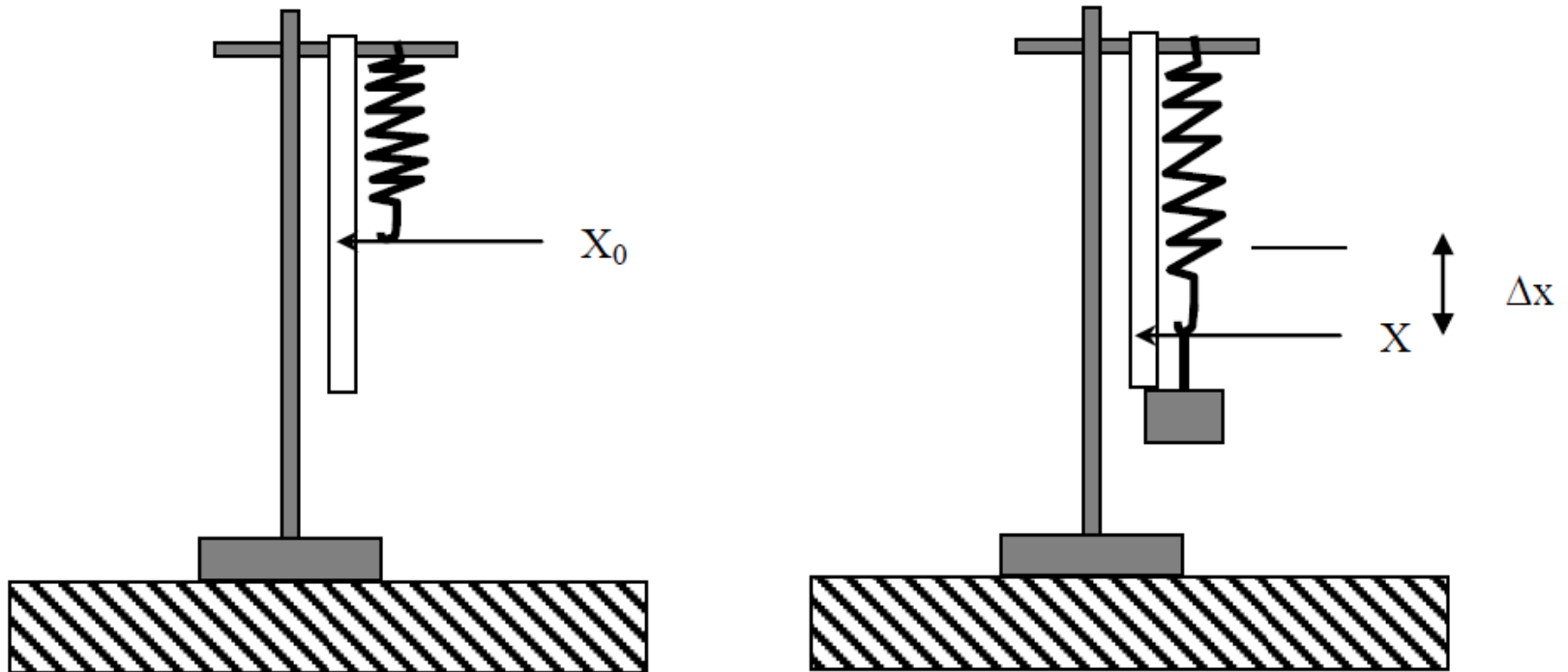
marcia.saito@ifpr.edu.br

Lei de Hooke

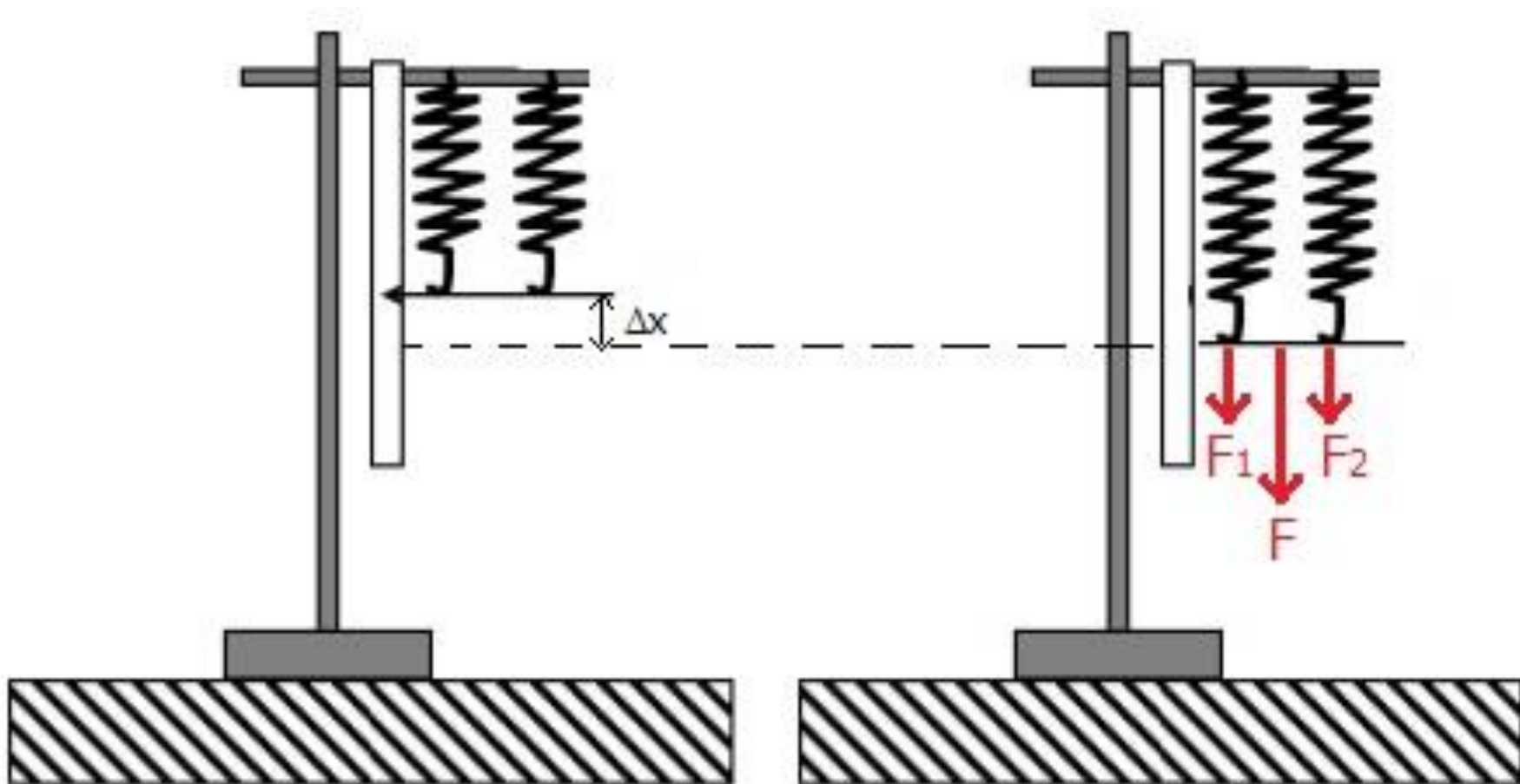
$$\blacktriangleright F = k \cdot \Delta x$$

k : constante elástica da mola

Δx : deformação sofrida pela mola



Associação de molas em paralelo



Associação de molas em paralelo

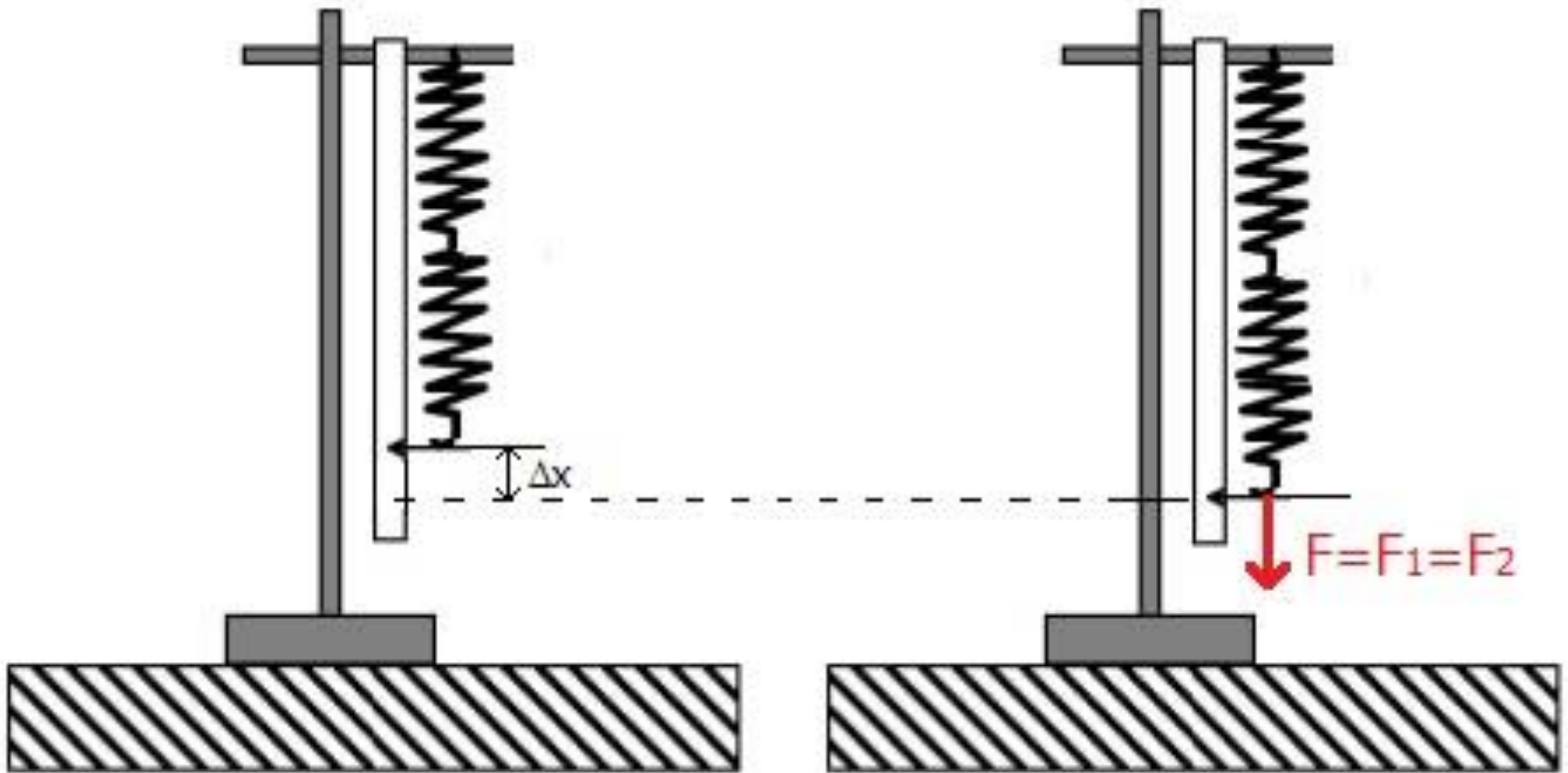
$$\blacktriangleright \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\blacktriangleright F = k_1 \cdot \Delta x + k_2 \cdot \Delta x$$

$$\blacktriangleright F = \underbrace{(k_1 + k_2)}_k \cdot \Delta x$$

$$k = k_1 + k_2$$

Associação de molas em série



Associação de molas em série

- ▶ $\vec{F} = \vec{F}_1 = \vec{F}_2$
- ▶ $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$
- ▶ $\Delta x = \frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2} = F \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)$
- ▶ $\Delta x = F \left(\frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2} \right)$
- ▶ $F = \underbrace{\left(\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \right)}_k \Delta x$

$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

Experiência

- ▶ Parte 1: Identificar e calibrar as Molas 1 e 2
- ▶ Parte 2: Determinar k equivalente da associação em paralelo de molas e comparar com o seu valor teórico
- ▶ Parte 3: Determinar k equivalente da associação em série de molas e comparar com o seu valor teórico

- ▶ Seguir o roteiro

Regras gerais para confecção de gráficos

- ▶ Todo gráfico é composto dos seguintes itens:
 - Título e legenda do gráfico;
 - Eixos das variáveis com os nomes das variáveis, escalas e unidades;
 - Dados experimentais e incertezas;
 - Funções teóricas ou curvas médias (esse último item é opcional e, dependendo das circunstâncias, pode ser omitido);

Regras gerais para confecção de gráficos

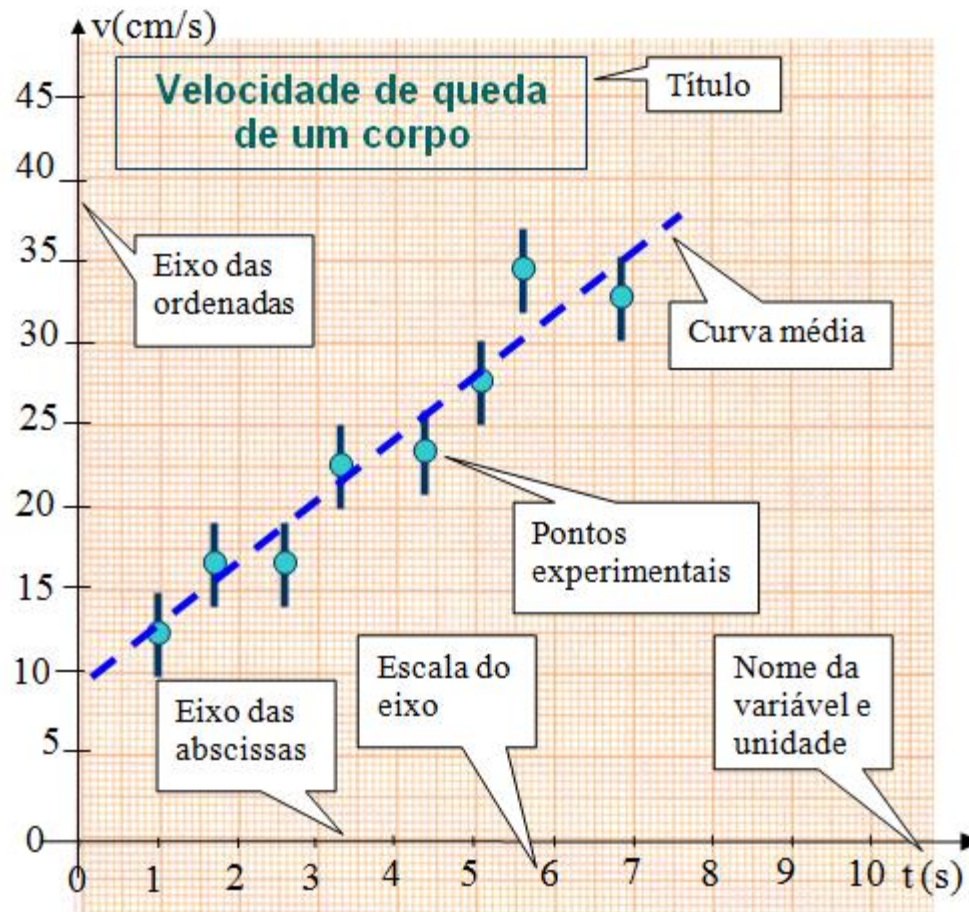


Figura 3.1. Componentes típicos de um gráfico científico padrão.

Regras gerais para confecção de gráficos

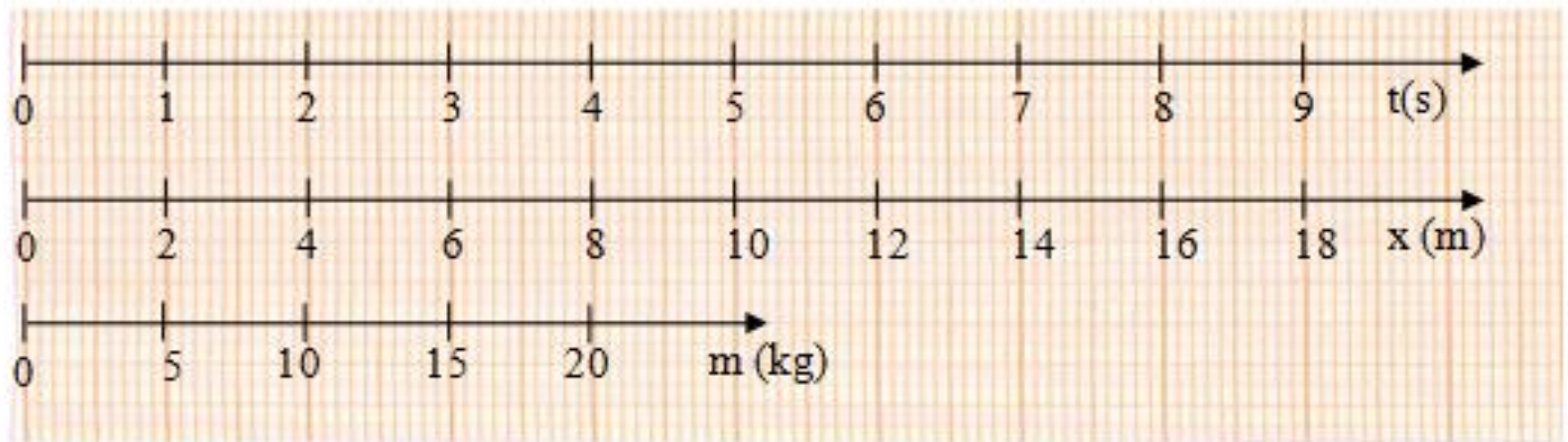


Figura 3.2. Alguns exemplos de formas CORRETAS de desenhar eixos em um gráfico.

Regras gerais para confecção de gráficos

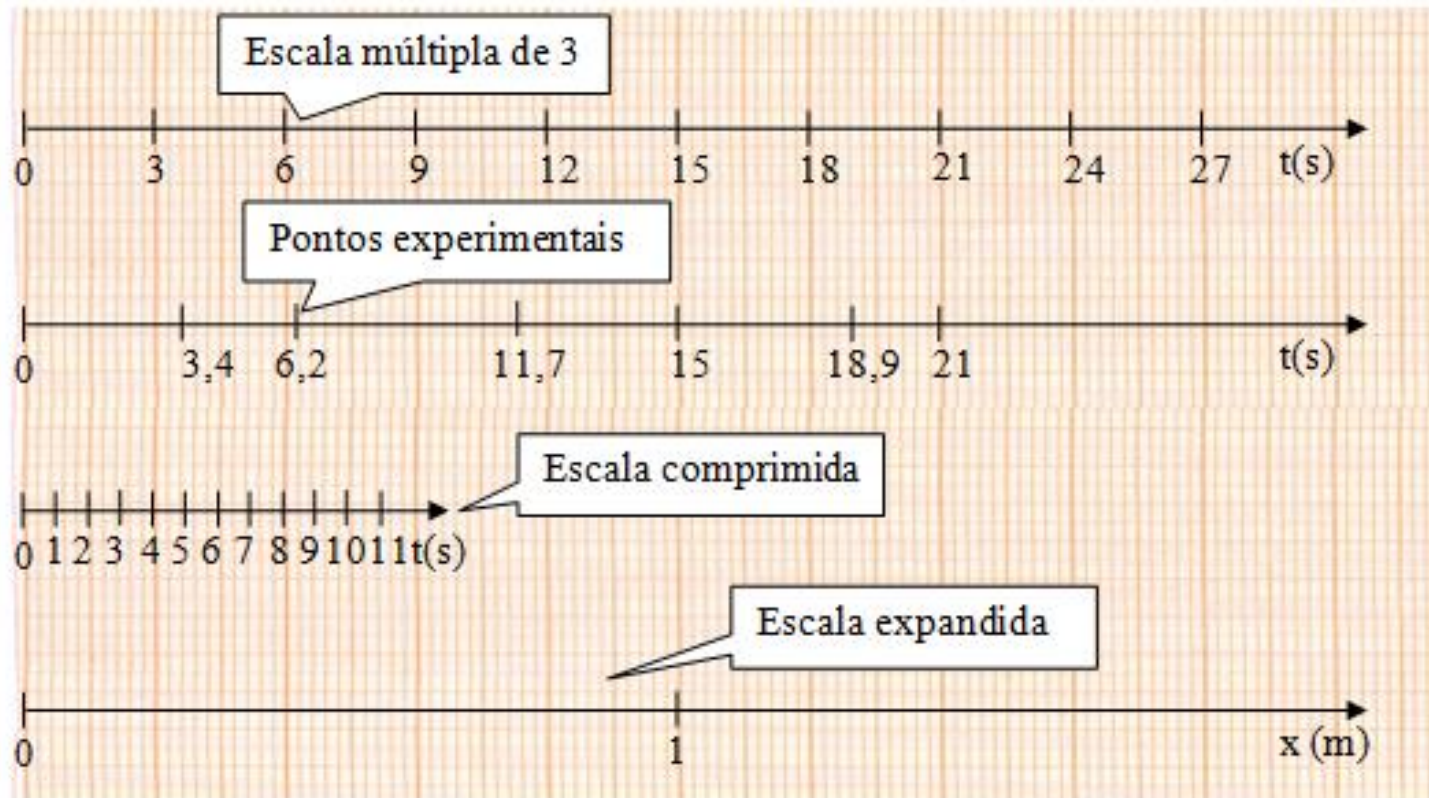


Figura 3.3. Algumas formas INCORRETAS de desenhar eixo em um gráfico.

Regras gerais para confecção de gráficos

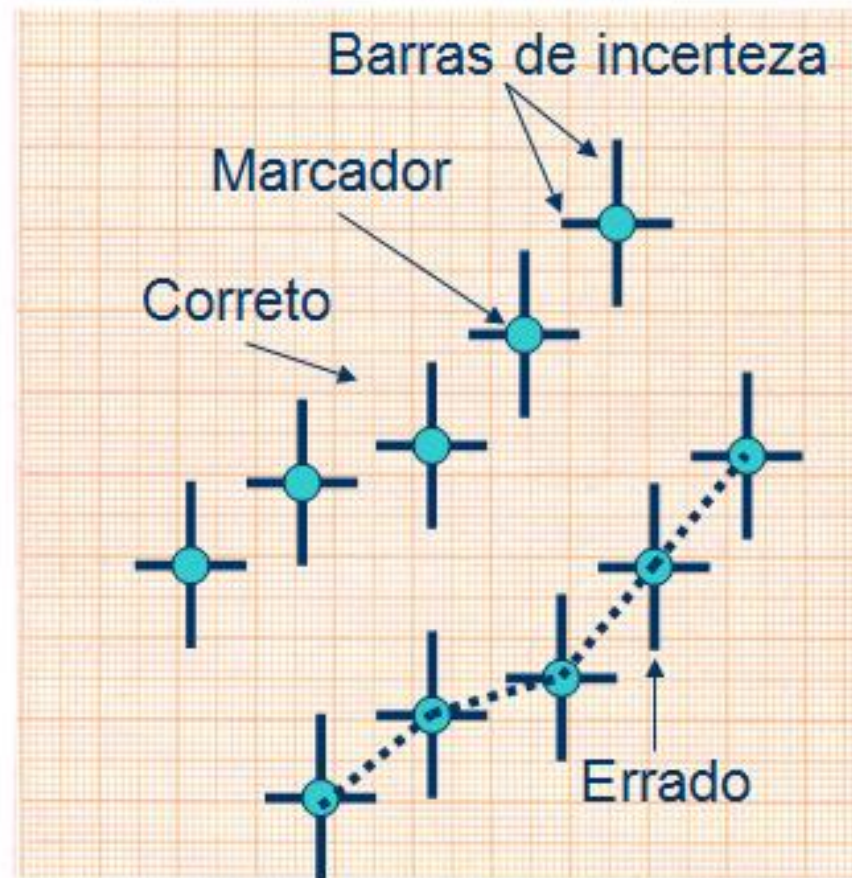



Figura 3.4. Representação de pontos experimentais em um gráfico. **NUNCA LIGUE OS PONTOS.** Indique as barras de incerteza (se for o caso) em cada ponto nos eixos x e y.

Traçando curvas médias

- ▶ Utilizar uma régua
 - ▶ Pontos aleatoriamente distribuídos em torno da reta
 - ▶ Desenho manual
 - ▶ Senso crítico
 - ▶ Reta média não necessariamente passa por todos os pontos experimentais
 - ▶ Não necessariamente passa pelo primeiro e último pontos do gráfico
- 

Traçando curvas médias

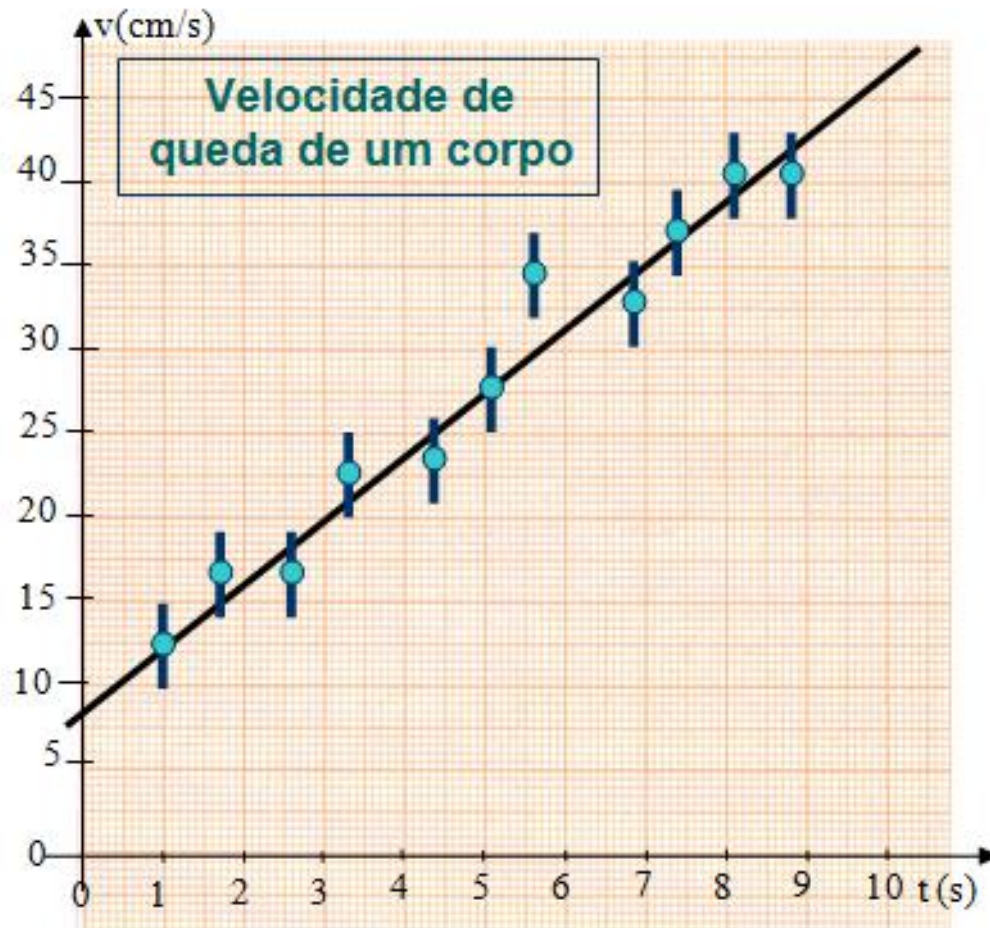


Figura 4.6. Velocidade de queda de um ovo com a sua respectiva reta média que é utilizada para extrair informações numéricas a respeito do movimento de queda.

Traçando curvas médias

- ▶ Cuidado com o uso dessa técnica
- ▶ Muitas vezes, os pontos não ficam aleatoriamente distribuídos em torno da reta.
- ▶ Nesse caso, é evidente que a função não é uma reta.

Traçando curvas médias



Figura 4.7. Conjunto de dados no qual o uso de uma reta média não é adequado para descrever o comportamento dos dados.

Gráficos lineares

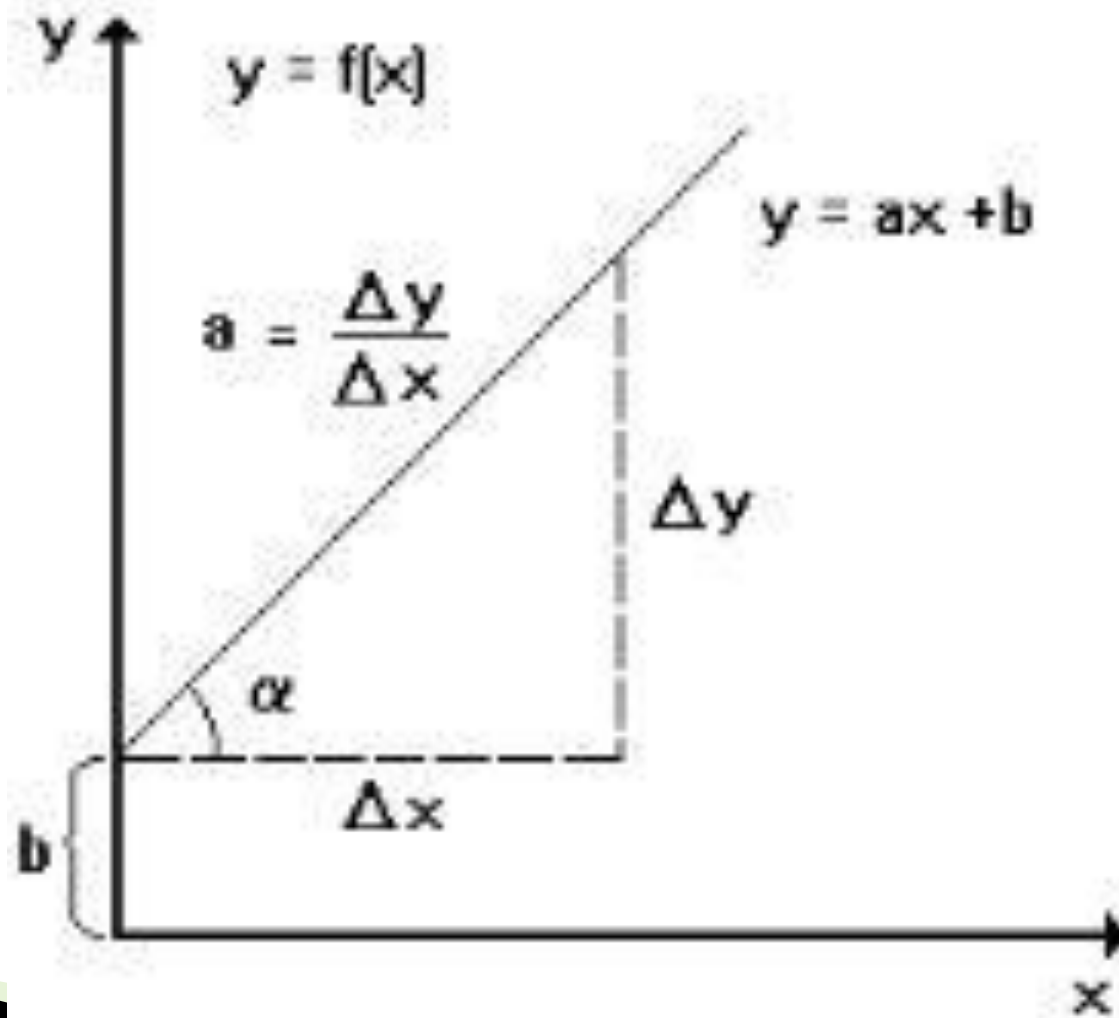
- ▶ Equação da reta:
 - y : variável dependente
 - X : variável independente
 - a : coeficiente angular
 - b : coeficiente linear.

$$y = ax + b$$

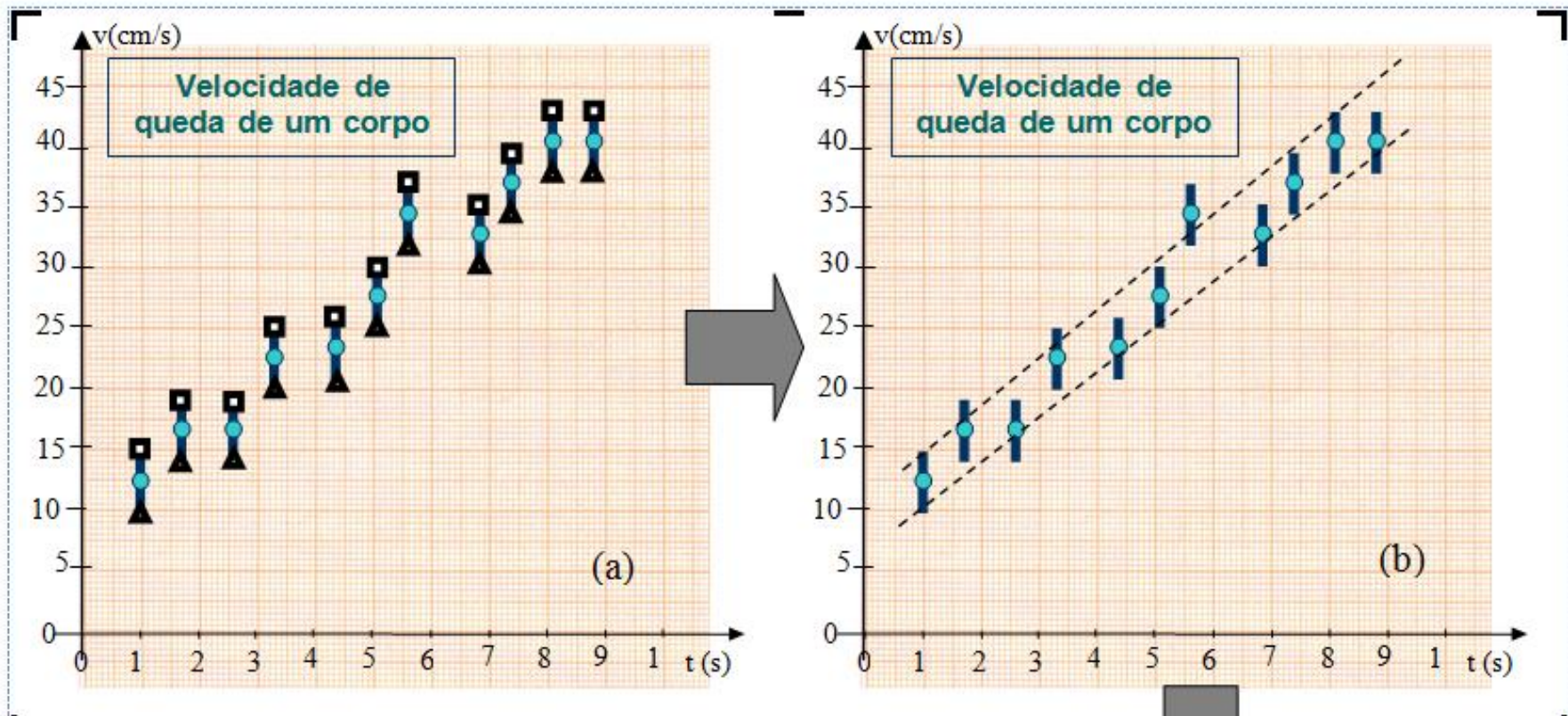
Gráficos lineares

- ▶ Obtenção dos coeficientes a e b
- ▶ **ESCOLHA PONTOS BASTANTE DISTANTES!!!!**
Pontos muito próximos acarretam em incertezas bastante elevadas

Gráficos lineares



Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear



Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

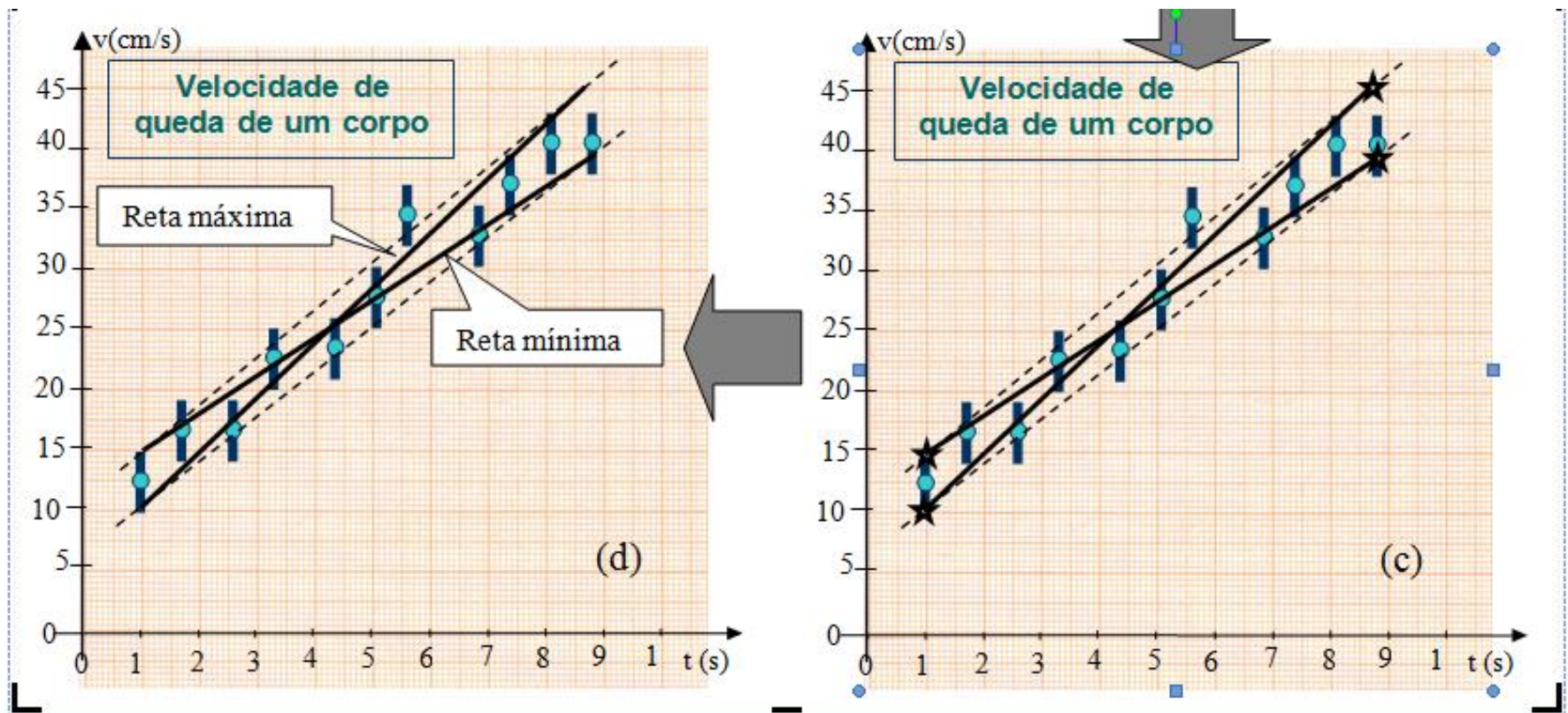


Figura 4.8. Procedimento para estimar as incertezas nos coeficientes da reta média.

Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

- ▶ Retas máxima e mínima
- ▶ Para cada reta, calcula-se os coeficientes angulares e lineares

a_{max} , b_{max} , a_{min} , b_{min} .

Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

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

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

Obtenção dos k teóricos

- ▶ Associação em paralelo:

$$k_{par_teo} = k_1 + k_2$$

- ▶ Associação em série

$$k_{ser_teo} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

- ▶ Incertezas dos k teóricos: propagação

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

Relatório completo (entrega: 18/04)

1. Objetivo
 2. Introdução teórica (Lei de Hooke, associação em série e paralelo de molas)
 3. Materiais e procedimento
 4. Resultados e discussão (dados obtidos, tabelas, cálculos, gráficos, etc., e comparação e discussão com o valor teórico)
 5. Conclusões
 6. Bibliografia
- 