

# Introdução às Medidas em Física

(Turma 43)

Aula 09 02/06/2023

Gisell Ruiz Boiset

[gisell@if.usp.br](mailto: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

- **Conceitos:**

- Utilização de um multímetro
- Influência do aparelho medidor no resultado da medida
- Análise de dados:
  - Análise Gráfica
  - Comparação com um modelo
- Como elaborar um relatório

- **Experiência 5: Curvas Características**

# Referências para a aula de hoje:

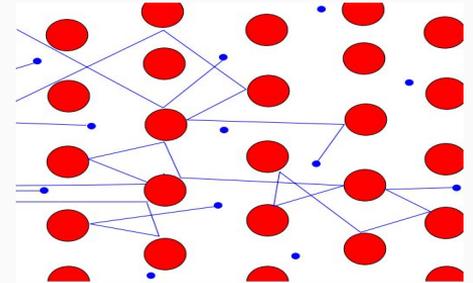
- Apostila do curso (página principal do moodle):
  - Capítulo V: Relatório Científico.
  - Experiência V (Aulas 08 e 09): Curvas características.
  
- Aba Material Didático/Arquivos 2023:
  - Manuais dos multímetros que serão utilizados
  - como\_escrever\_relatorio.pdf
  - Estrutura de um relatório - Alysson.pdf

# Aula anterior: Elemento Resistivo

- Ao se movimentarem, os elétrons sofrem choques sucessivos com outros elétrons e os átomos do material
- Essa dificuldade de trânsito dos elétrons é chamada de resistência elétrica do material ( $R$ )
- Ela é definida como a razão entre a tensão ( $V$ ) e a corrente ( $i$ ) que passa pelo elemento:

$$R = \frac{V}{I}$$

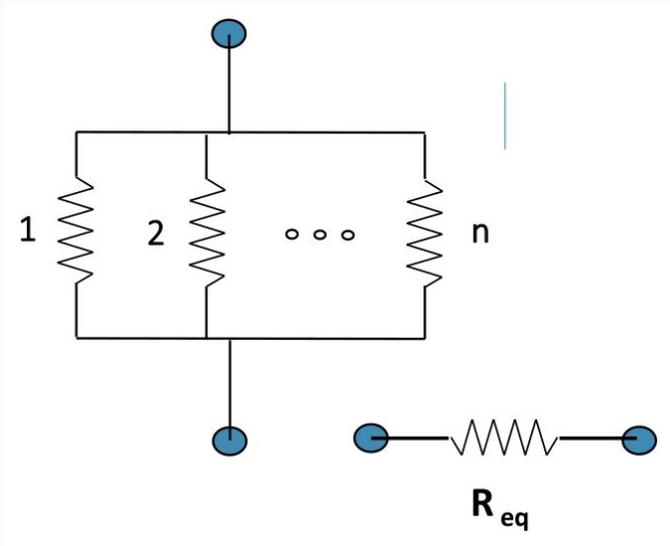
A unidade SI de resistência elétrica é o **ohm** ( $\Omega$ ).  **$1 \Omega = 1 \text{ V} / 1 \text{ A}$**



A resistência depende do material e da geometria, e, em geral, aumenta com a temperatura

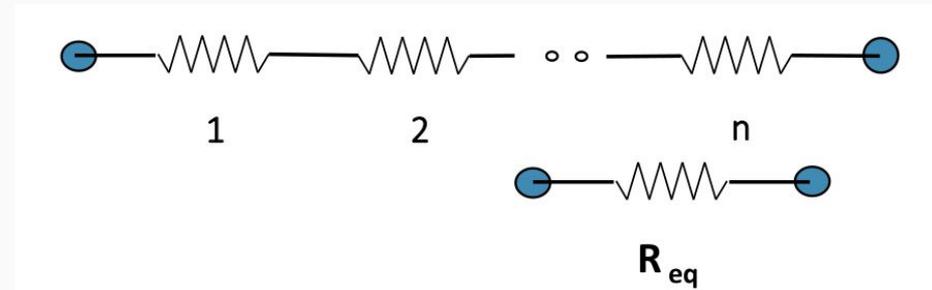
# Aula anterior: Resistência Equivalente

## • Resistores em paralelo



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

## • Resistores em série



$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Para  $n$  resistores iguais ( $R$ )

Série:  $R_{eq} = n R$

Paralelo:  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{n}{R} \rightarrow R_{eq} = \frac{R}{n}$

- Foram avaliadas três maneiras diferentes

- verificar para que situações cada um dos procedimentos é mais adequado e porque

## Procedimento 1: Direto

Multímetro = Ohmímetro

$$R_{resistor} = R_{medido}$$

## Procedimento 2 e 3: Circuito

Multímetro 1 = Voltímetro

Multímetro 2 = Amperímetro

$$R_{resistor} = \frac{V_{resistor}}{I_{resistor}} \approx \frac{V_{voltim}}{I_{amperim}}$$

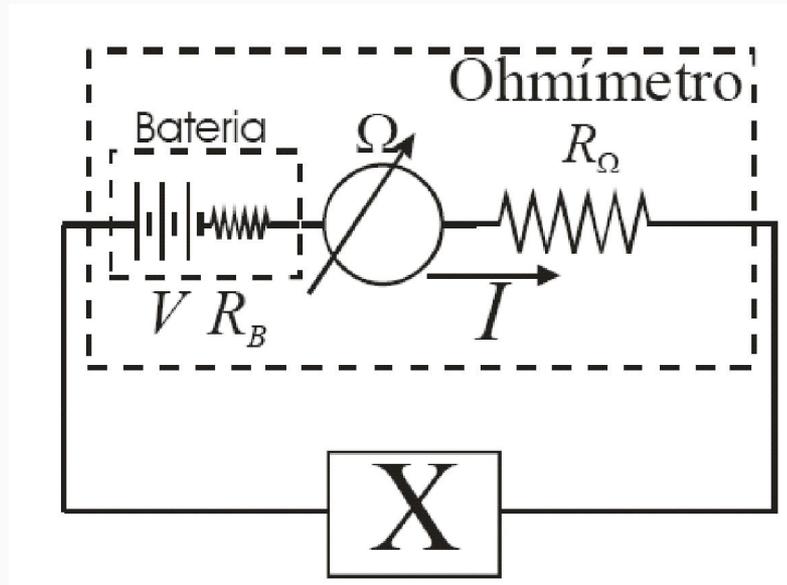
# Procedimento 1: Direto

- multímetro como ohmímetro:

**Ideal**  $R_{resistor} = R_{medido}$

**Real**  $R_{medido} = R_{ohm} + R_R$

Bateria  
interna

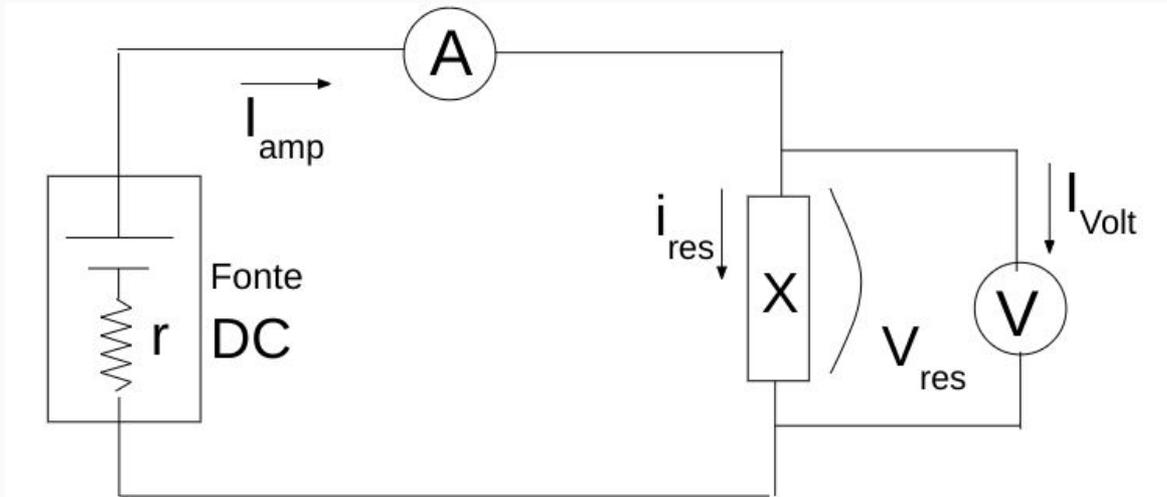


# Procedimento 2

- Voltímetro em paralelo somente com resistor
- Amperímetro em série com malha resistor + Voltímetro

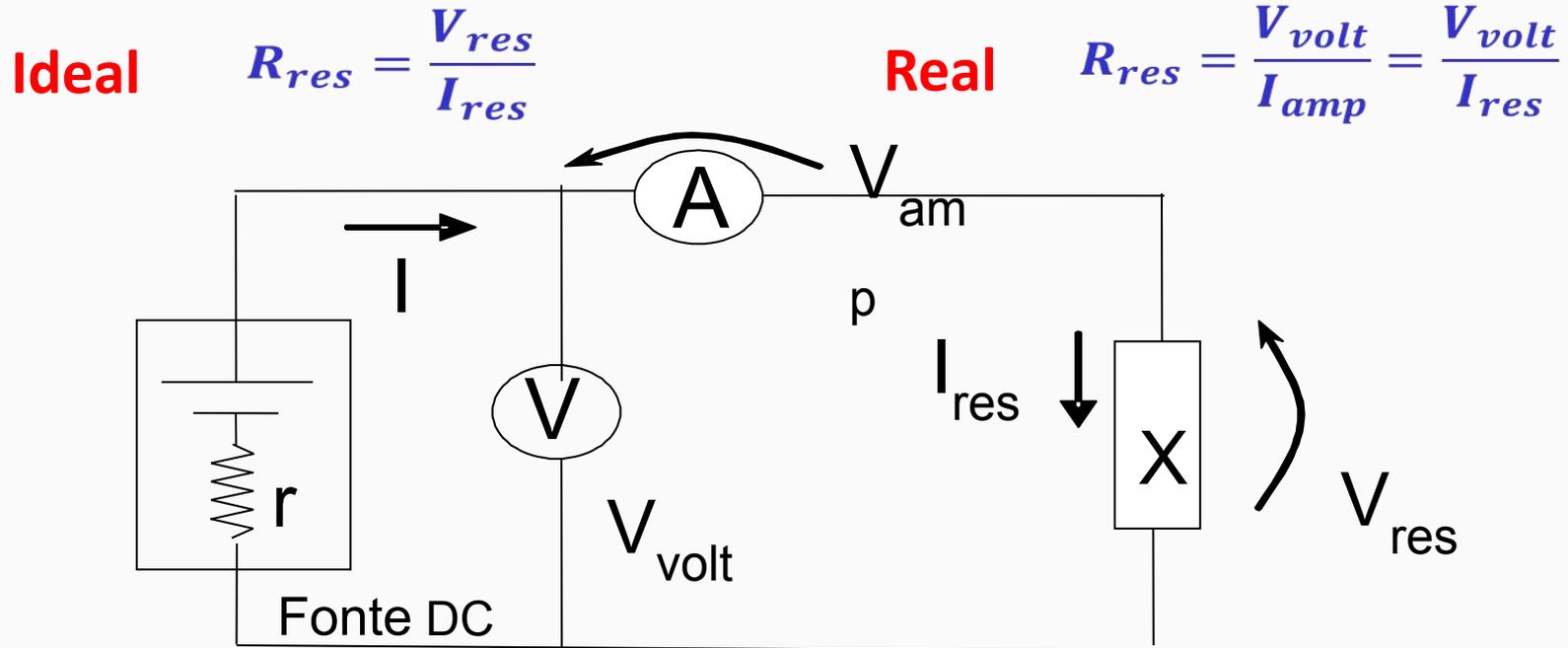
**Ideal**  $R_{res} = \frac{V_{res}}{I_{res}}$

**Real**  $R_{res} = \frac{V_{volt}}{I_{amp}} = \frac{V_{res}}{I_{amp}}$



# Procedimento 3

- Voltímetro em paralelo
- Amperímetro em série com resistor

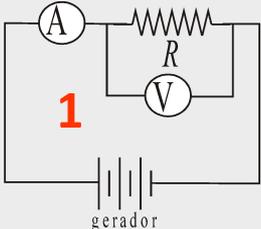
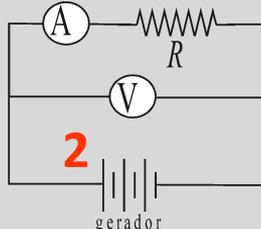


# Valores nominais

$$R_{\text{volt}} = 10 \text{ M}\Omega$$

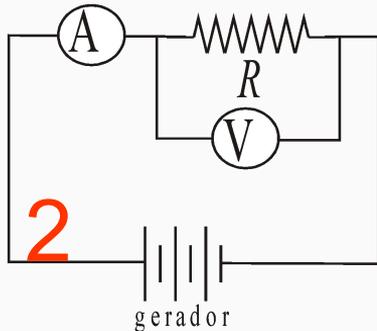
$$R_{\text{amp}} = 2 \text{ }\Omega$$

$$R_{\text{ohm}} = 1 \text{ }\Omega$$

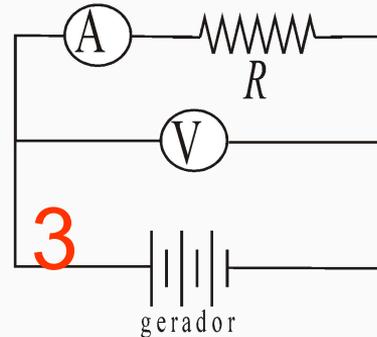
	1 $\Omega$	100 $\Omega$	6,8 M $\Omega$
$R_{\text{medido}} = R_{\text{ohm}} + R_R$	2	101	6.800.001
 <p><b>1</b></p> $R_{\text{medido}} = \frac{R_{\text{volt}} R_R}{(R_{\text{volt}} + R_R)}$	1	100	4.047.619
 <p><b>2</b></p> $R_{\text{medido}} = R_{\text{amp}} + R_R$	3	102	6.800.002

# Avaliações dos procedimentos

- Dependendo do valor da resistência elétrica a ser estudada, um circuito é mais adequado que o outro
- Para altas resistências, o procedimento 1 e 3 são mais adequados que o 2 e vice-versa.
  - Altas resistências significam ser comparáveis à resistência do voltímetro



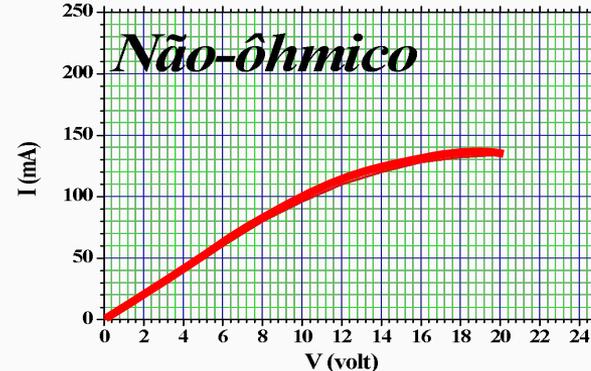
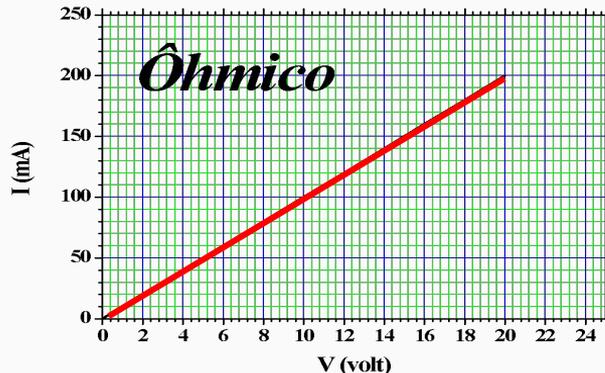
$$R_{\text{medido}} = \frac{V}{i} = \frac{V_R}{i_V + i_R} < R$$



$$R_{\text{medido}} = \frac{V}{i} = \frac{V_A + V_R}{i} = R_A + R$$

# Aula de hoje: Curva Característica

- Para estudar elementos resistivos em um circuito levantamos sua curva característica:
  - Ela corresponde ao gráfico da corrente ( $i$ ) em função da tensão ( $V$ )
    - Caracterizar o comportamento do elemento resistivo
      - Ôhmico: resistência é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia linearmente com a tensão
      - Não-ôhmico: resistência não é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia não-linearmente com a tensão



# Avaliando a resistência

- Resistor ôhmico

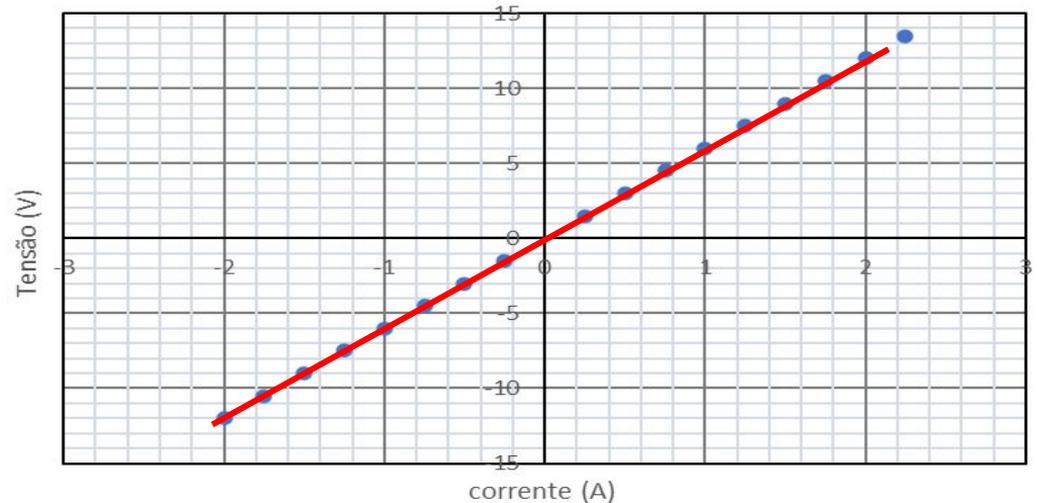
- Aplicar valores positivos e negativos de tensão
- Gráfico  $V \times I$  - reta passando pela origem
  - Coeficiente angular =  $R$  (constante)
  - Coeficiente linear = 0

$$V = R I$$

## Ajustar Reta

Coeficiente angular =  $R$

Coeficiente linear = 0



# Aula de hoje: Curva Característica

- Resistor não ôhmico

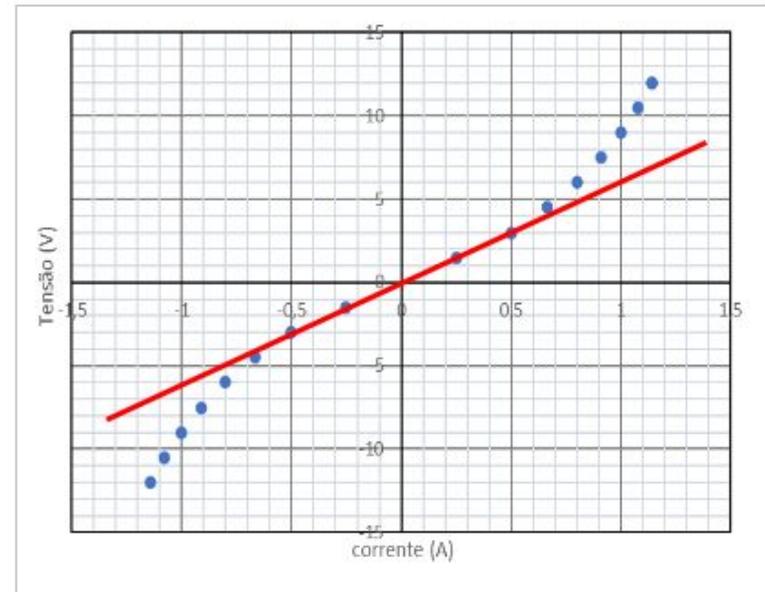
- Aplicar valores positivos e negativos de tensão
- Gráfico  $V \times I$  – comportamento simétrico mas não linear
  - Maioria tem comportamento linear para tensões baixas
  - Definição de uma região ôhmica

$$V = R I$$

Ajustar reta no maior número possível de pontos incluindo origem

Coeficiente angular = R

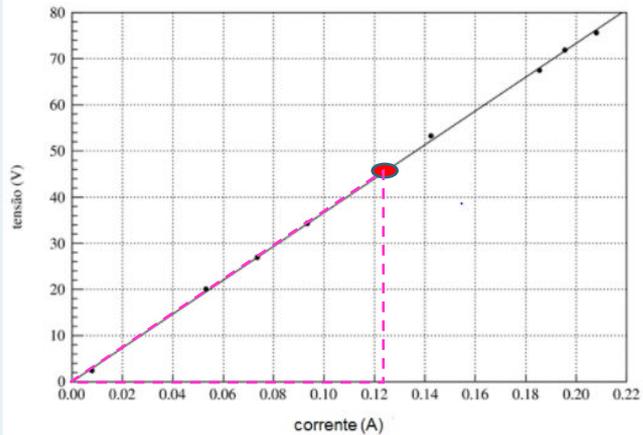
Coeficiente linear = 0



# Exercício em aula

O gráfico abaixo apresenta os valores de tensão e corrente medidos para um resistor durante o experimento de Curvas Características. Obtenha o o valor da resistência elétrica desse resistor usando o ajuste de reta apresentado na figura. Note que o resistor é ôhmico e a reta de ajuste passa pela origem.

Atenção: A unidade precisa ser fornecida e será avaliada. No caso de resistência use ohms e não o símbolo usual ( $\Omega$ ). Nesse tipo de exercício não é necessário se preocupar com o número de significativos. Use vírgula como separador de unidade.



## Calcular resistência

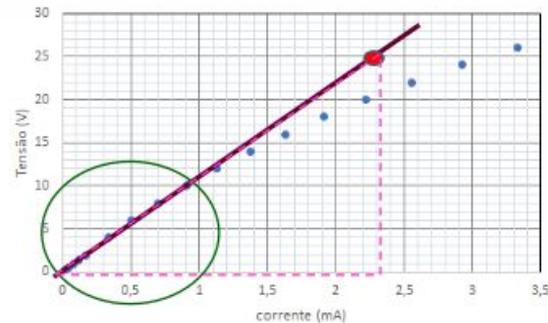
Coeficiente angular da reta ajustada

Coeficiente linear = 0 (passa pela origem)

O gráfico abaixo apresenta os valores de tensão e corrente medidos para um resistor não ôhmico durante o experimento de Curvas Características. Como é frequente para muitos resistores não ôhmicos, existe um intervalo de valores de tensão no qual esses resistores se comportam como se fossem ôhmicos. Normalmente esse intervalo ocorre para baixos valores de tensão, próximos a origem. Isto significa que graficamente é possível ajustar uma reta para os pontos desse intervalo passando pela origem do gráfico.

Levando esse fato em consideração, obtenha o valor da resistência elétrica desse resistor para esse intervalo de valores no qual ele tem um comportamento ôhmico. Em outras palavras, ajuste uma reta que passe pelo maior número de pontos incluindo a origem do gráfico.

Atenção: A unidade precisa ser fornecida e será avaliada. No caso de resistência use ohms e não o símbolo usual ( $\Omega$ ). Nesse tipo de exercício não é necessário se preocupar com o número de significativos. Use vírgula como separador de unidade.



## Calcular resistência na região ôhmica

Ajustar reta passando pela origem + maior número de pontos

Avaliar coeficiente angular da reta

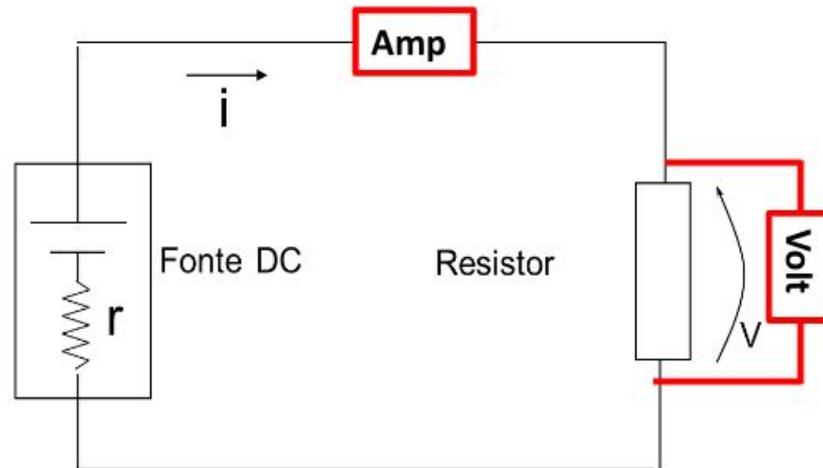
# Atividade prática

# Atividades

- Montar curvas características (dois resistores)
  - Ler valores nos multímetros
    - Dados resistor + Dados lâmpada
      - 8 Positivos (4 entre 0 e 2V) + 8 Negativos (4 entre 0 e -2V)
  - Calcular incerteza (usando manual com escala ideal)
- Calcular resistência para cada  $V \times I$ 
  - Calcular média ponderada (resistor de  $100 \Omega$ )
- Fazer gráficos  $V \times I$  (dois resistores)
  - Ajuste reta no resistor + ajuste na lâmpada (pontos iniciais)

# Circuito a ser utilizado nas medidas

- Medir simultaneamente:
  - Voltímetro em paralelo
  - Amperímetro em série
    - Dois multímetros



- Comparação entre o valor da média ponderada e aquele obtido graficamente para o resistor de  $100 \Omega$ .
- Simulação dos valores de tensão no caso da lâmpada são razoáveis?
- Valor da resistência da lâmpada medido com o ohmímetro é razoável?
- Dispositivos são ôhmicos ou não?
- Valores das incertezas e adequabilidade dos métodos gráficos.

- Divulgação da pesquisa realizada em detalhes.
- A pesquisa é fundamentada levando em conta conhecimentos prévios da área de pesquisa
- Deve ser mostrada a relevância dessa pesquisa para determinada área de conhecimento.

# Relatório - Divisão

- Ordem de apresentação:
  - **Resumo:**
    - Propostas + métodos + resultados
  - **Introdução**
    - Justificativa (Proposta), Objetivos, Parte teórica
  - **Descrição Experimental**
    - Procedimento e Arranjo experimental
  - **Resultados**
    - Tabelas, gráficos, incertezas com justificativas
  - **Discussão**
    - Comparações entre métodos ou valores teóricos,
    - Críticas: método, resultados, incertezas
  - **Conclusão**
    - Resposta a proposta apresentada
  - **Referências**
  - **Apêndices (opcional)**

# Relatório - Resumo

- Deve conter:
  - Objetivos do trabalho
  - Método utilizado
  - Resultados finais
  - Conclusões principais
- Máximo de **20 linhas**.

# RESUMO - Exemplo

Com o intuito de efetuar uma simulação da questão da FUVEST de 2004 sobre o movimento de um satélite em volta da Terra, foi realizada uma série de medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. As oscilações deste pêndulo foram filmadas com uma câmera de XXX frames por segundo. As medidas do comprimento e ângulo do pêndulo foram realizadas utilizando uma régua grande fixada em um fundo liso, cuja escala era possível de se ver durante as filmagens. Foi dada ênfase à flutuação dos dados em torno do seu valor médio quando se repetem as medições utilizando as mesmas condições experimentais. Os dados foram analisados usando os procedimentos estatísticos usuais. O histograma dos dados obtidos das 219 medições apresentou um formato bimodal com  $T_1 = 0,7079 (16) \text{ s}$  e  $T_2 = 0,7805 (14) \text{ s}$ , respectivamente para o primeiro e segundo picos. A discrepância entre os valores experimentais e o calculado ( $T_{\text{calc}} = 0,764 (53) \text{ s}$ ) foi discutida levando em consideração tanto as condições experimentais quanto as aproximações realizadas no cálculo teórico. Pôde-se concluir que essa discrepância é causada por ...

Com o intuito de efetuar uma simulação da questão da FUVEST de 2004 sobre o movimento de um satélite em volta da Terra, foi realizada uma série de medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. As oscilações deste pêndulo foram filmadas com uma câmera de XXX frames por segundo. As medidas do comprimento e ângulo do pêndulo foram realizadas utilizando uma régua grande fixada em um fundo liso, cuja escala era possível de se ver durante as filmagens. Foi dada ênfase à flutuação dos dados em torno do seu valor médio quando se repetem as medições utilizando as mesmas condições experimentais. Os dados foram analisados usando os procedimentos estatísticos usuais. O histograma dos dados obtidos das 219 medições apresentou um formato bimodal com  $T_1 = 0,7079 (16) \text{ s}$  e  $T_2 = 0,7805 (14) \text{ s}$ , respectivamente para o primeiro e segundo picos. A discrepância entre os valores experimentais e o calculado ( $T_{\text{calc}} = 0,764 (53) \text{ s}$ ) foi discutida levando em consideração tanto as condições experimentais quanto as aproximações realizadas no cálculo teórico. Pôde-se concluir que essa discrepância é causada por ...

Com o intuito de efetuar uma simulação da questão da FUVEST de 2004 sobre o movimento de um satélite em volta da Terra, foi realizada uma série de medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. As oscilações deste pêndulo foram filmadas com uma câmera de XXX frames por segundo. As medidas do comprimento e ângulo do pêndulo foram realizadas utilizando uma régua grande fixada em um fundo liso, cuja escala era possível de se ver durante as filmagens. Foi dada ênfase à flutuação dos dados em torno do seu valor médio quando se repetem as medições utilizando as mesmas condições experimentais. Os dados foram analisados usando os procedimentos estatísticos usuais. O histograma dos dados obtidos das 219 medições apresentou um formato bimodal com  $T_1 = 0,7079$  (16) s e  $T_2 = 0,7805$  (14) s, respectivamente para o primeiro e segundo picos. A discrepância entre os valores experimentais e o calculado ( $T_{\text{calc}} = 0,764$  (53) s) foi discutida levando em consideração tanto as condições experimentais quanto as aproximações realizadas no cálculo teórico. Pôde-se concluir que essa discrepância é causada por ...

Com o intuito de efetuar uma simulação da questão da FUVEST de 2004 sobre o movimento de um satélite em volta da Terra, foi realizada uma série de medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. As oscilações deste pêndulo foram filmadas com uma câmera de XXX frames por segundo. As medidas do comprimento e ângulo do pêndulo foram realizadas utilizando uma régua grande fixada em um fundo liso, cuja escala era possível de se ver durante as filmagens. Foi dada ênfase à flutuação dos dados em torno do seu valor médio quando se repetem as medições utilizando as mesmas condições experimentais. Os dados foram analisados usando os procedimentos estatísticos usuais. O histograma dos dados obtidos das 219 medições apresentou um formato bimodal com  $T_1 = 0,7079 (16) \text{ s}$  e  $T_2 = 0,7805 (14) \text{ s}$ , respectivamente para o primeiro e segundo picos. A discrepância entre os valores experimentais e o calculado ( $T_{\text{calc}} = 0,764 (53) \text{ s}$ ) foi discutida levando em consideração tanto as condições experimentais quanto as aproximações realizadas no cálculo teórico. Pôde-se concluir que essa discrepância é causada por ...

Com o intuito de efetuar uma simulação da questão da FUVEST de 2004 sobre o movimento de um satélite em volta da Terra, foi realizada uma série de medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. As oscilações deste pêndulo foram filmadas com uma câmera de XXX frames por segundo. As medidas do comprimento e ângulo do pêndulo foram realizadas utilizando uma régua grande fixada em um fundo liso, cuja escala era possível de se ver durante as filmagens. Foi dada ênfase à flutuação dos dados em torno do seu valor médio quando se repetem as medições utilizando as mesmas condições experimentais. Os dados foram analisados usando os procedimentos estatísticos usuais. O histograma dos dados obtidos das 219 medições apresentou um formato bimodal com  $T_1 = 0,7079 (16) \text{ s}$  e  $T_2 = 0,7805 (14) \text{ s}$ , respectivamente para o primeiro e segundo picos. A discrepância entre os valores experimentais e o calculado ( $T_{\text{calc}} = 0,764 (53) \text{ s}$ ) foi discutida levando em consideração tanto as condições experimentais quanto as aproximações realizadas no cálculo teórico. **Pôde-se concluir que essa discrepância é causada por ...**

# Relatório - Introdução

- Situa o leitor sobre as motivações e relevância do trabalho para a área de pesquisa, além de apresentar os embasamentos teóricos utilizados tendo em vista os objetivos do trabalho.
- Deve conter:
  - Objetivos - **clareza sobre a pergunta realizada** (pode ser também apresentado como um item à parte).
  - O que já se sabe sobre esse assunto e resultados de medidas anteriores (referenciar).
  - Informações teóricas, com equações utilizadas dos modelos.

# Objetivo - exemplo

Este trabalho tem como objetivo estudar o movimento de queda de corpos viscosos em duas situações: quando a resistência do meio pode ser considerada como sendo desprezível, e o movimento sendo descrito pelo modelo de queda livre e em um meio com viscosidade e densidade significantes, sendo a força de atrito dada pela Lei de Stokes.

- Um corpo em queda em um meio viscoso sofre a ação de forças contrárias ao seu movimento (Figura 1) como, por exemplo, as forças devido ao empuxo e o atrito [1]. A importância de cada força depende, entre outros fatores, das características do meio, tais como densidade e viscosidade. A expressão da força resultante para um corpo em queda em um meio viscoso pode ser descrita como:

$$\vec{F} = \vec{F}_g + \vec{F}_{at} + \vec{F}_{ep} \quad (1)$$

$\vec{F}$  onde é a força resultante,  $\vec{F}_g$  é a força peso,  $\vec{F}_{at}$  é a força de atrito e  $\vec{F}_{ep}$  é a força devido ao empuxo (...)

- Um corpo em queda em um meio viscoso sofre a ação de forças contrárias ao seu movimento (Figura 1) como, por exemplo, as forças devido ao empuxo e o atrito [1]. A importância de cada força depende, entre outros fatores, das características do meio, tais como densidade e viscosidade. A expressão da força resultante para um corpo em queda em um meio viscoso pode ser descrita como:

$$\vec{F} = \vec{F}_g + \vec{F}_{at} + \vec{F}_{ep} \quad (1)$$

$\vec{F}$  onde é a força resultante,  $\vec{F}_g$  é a força peso,  $\vec{F}_{at}$  é a força de atrito e  $\vec{F}_{ep}$  é a força devido ao empuxo (...)

- Um corpo em queda em um meio viscoso sofre a ação de forças contrárias ao seu movimento (Figura 1) como, por exemplo, as forças devido ao empuxo e o atrito [1]. A importância de cada força depende, entre outros fatores, das características do meio, tais como densidade e viscosidade. A expressão da força resultante para um corpo em queda em um meio viscoso pode ser descrita como:

$$\vec{F} = \vec{F}_g + \vec{F}_{at} + \vec{F}_{ep} \quad (1)$$

$\vec{F}$  onde é a força resultante,  $\vec{F}_g$  é a força peso,  $\vec{F}_{at}$  é a força de atrito e  $\vec{F}_{ep}$  é a força devido ao empuxo (...)

- Um corpo em queda em um meio viscoso sofre a ação de forças contrárias ao seu movimento (Figura 1) como, por exemplo, as forças devido ao empuxo e o atrito [1]. A importância de cada força depende, entre outros fatores, das características do meio, tais como densidade e viscosidade. A expressão da força resultante para um corpo em queda em um meio viscoso pode ser descrita como:

$$\vec{F} = \vec{F}_g + \vec{F}_{at} + \vec{F}_{ep} \quad (1)$$

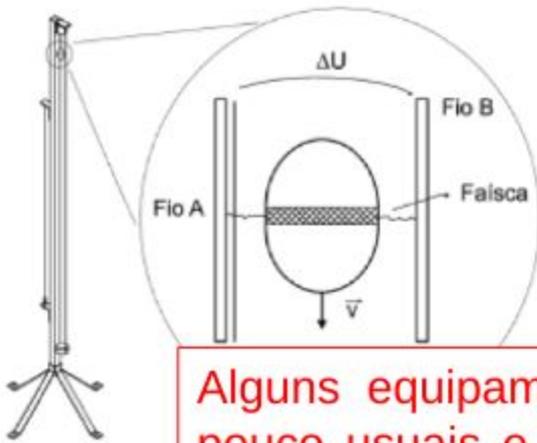
$\vec{F}$  onde é a força resultante,  $\vec{F}_g$  é a força peso,  $\vec{F}_{at}$  é a força de atrito e  $\vec{F}_{ep}$  é a força devido ao empuxo (...)

# Relatório - Descrição Experimental

- Descrição completa e objetiva dos procedimentos experimentais:
  - Arranjo experimental (não fazer uma lista!)
  - Montagem
  - Procedimento experimental
  - Características dos instrumentos e incertezas de leitura
  - Cuidados particulares e detalhes relevantes.

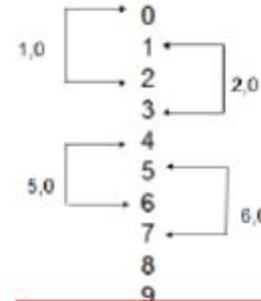
# Relatório - Descrição Experimental

- Tenha em mente que:

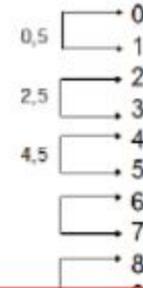


Alguns equipamentos são pouco usuais e difíceis de serem descritos.

Esquema 1



Esquema 2



Detalhes experimentais devem ser explicados e justificados.

# Relatório - Descrição Experimental

Para estudar a queda de um corpo em um meio pouco viscoso, utilizou-se o arranjo experimental visto na Figura 2. Nesse arranjo, um corpo em forma de ovo, caía ...

Utilizou-se uma régua para medir a distância entre as faíscas de duas formas: entre instantes consecutivos (1-2, 3-4, etc) e entre instantes intercalados pulando uma marca (1-3, 2-4, etc). Nenhum ponto foi utilizado como extremo de dois intervalos, garantindo assim a independência das medidas ....

No estudo em um meio viscoso, utilizou-se um cilindro de acrílico de aproximadamente 1 m de comprimento e diâmetro interno de 70,24 (5) mm cheio de óleo. Esferas metálicas foram lançadas dentro do óleo e tiveram o seu tempo de queda cronometrado quando passavam por uma região selecionada do tubo. A seleção dessa região foi feita considerando-se ...

Para estudar a queda de um corpo em um meio pouco viscoso, utilizou-se o arranjo experimental visto na Figura 2. Nesse arranjo, um corpo em forma de ovo, caía ...

Utilizou-se uma régua para medir a distância entre as faíscas de duas formas: entre instantes consecutivos (1-2, 3-4, etc) e entre instantes intercalados pulando uma marca (1-3, 2-4, etc). Nenhum ponto foi utilizado como extremo de dois intervalos, garantindo assim a independência das medidas ....

No estudo em um meio viscoso, utilizou-se um cilindro de acrílico de aproximadamente 1 m de comprimento e diâmetro interno de 70,24 (5) mm cheio de óleo. Esferas metálicas foram lançadas dentro do óleo e tiveram o seu tempo de queda cronometrado quando passavam por uma região selecionada do tubo. A seleção dessa região foi feita considerando-se ...

Para estudar a queda de um corpo em um meio pouco viscoso, utilizou-se o arranjo experimental visto na Figura 2. Nesse arranjo, um corpo em forma de ovo, caía ...

Utilizou-se uma régua para medir a distância entre as faíscas de duas formas: entre instantes consecutivos (1-2, 3-4, etc) e entre instantes intercalados pulando uma marca (1-3, 2-4, etc). Nenhum ponto foi utilizado como extremo de dois intervalos, garantindo assim a independência das medidas ....

No estudo em um meio viscoso, utilizou-se um cilindro de acrílico de aproximadamente 1 m de comprimento e diâmetro interno de 70,24 (5) mm cheio de óleo. Esferas metálicas foram lançadas dentro do óleo e tiveram o seu tempo de queda cronometrado quando passavam por uma região selecionada do tubo. A seleção dessa região foi feita considerando-se ...

Para estudar a queda de um corpo em um meio pouco viscoso, utilizou-se o arranjo experimental visto na Figura 2. Nesse arranjo, um corpo em forma de ovo, caía ...

Utilizou-se uma régua para medir a distância entre as faíscas de duas formas: entre instantes consecutivos (1-2, 3-4, etc) e entre instantes intercalados pulando uma marca (1-3, 2-4, etc). Nenhum ponto foi utilizado como extremo de dois intervalos, garantindo assim a independência das medidas ....

No estudo em um meio viscoso, utilizou-se um cilindro de acrílico de aproximadamente 1 m de comprimento e diâmetro interno de 70,24 (5) mm cheio de óleo. Esferas metálicas foram lançadas dentro do óleo e tiveram o seu tempo de queda cronometrado quando passavam por uma região selecionada do tubo. A seleção dessa região foi feita considerando-se ...

# Relatório - Resultados e Análise

- Deve conter:

- Tabelas de dados e resultados (Tabelas extensas ou com dados utilizados de forma indireta são apresentados como anexo (apêndice))
- Cálculos e fórmulas utilizadas
- Gráficos (devem ser auto-explicativos)
- Tabelas
- Análise estatística
- Comentários sobre os porquês de cada etapa e os valores obtidos.

Na **tabela 2** são apresentados os valores de raio médio e tempo médio de queda para os 10 grupos de esferas estudados. Os valores de tempo de queda de cada esfera são apresentados no anexo B. (...)

Para cada grupo de esferas foi calculado a velocidade limite, o valor da constante de Landerburg (equação 4) e a velocidade corrigida. Esses valores podem ser vistos na **tabela 3**. Os valores obtidos mostram que a correção de Landerburg é mais significativa para o conjunto de esferas 2. Esse fato pode ser observado comparando-se as **Figuras 5 e 6**, que apresentam o gráfico da velocidade limite e velocidade corrigida pelo raio ao quadrado, respectivamente. (...)

# Resultados - exemplo

## Referência de onde os dados podem ser encontrados

Na tabela 2 são apresentados os valores de raio médio e tempo médio de queda para os 10 grupos de esferas estudados. Os valores de tempo de queda de cada esfera são apresentados no anexo B. (...)

Para cada grupo de esferas foi calculado a velocidade limite, o valor da constante de Landerburg (equação 4) e a velocidade corrigida. Esses valores podem ser vistos na tabela 3. Os valores obtidos mostram que a correção de Landerburg é mais significativa para o conjunto de esferas 2. Esse fato pode ser observado comparando-se as Figuras 5 e 6, que apresentam o gráfico da velocidade limite e velocidade corrigida pelo raio ao quadrado, respectivamente. (...)

## Referência de qual equação foi utilizada

# Resultados - exemplo

Na tabela 2 são apresentados os valores de raio médio e tempo médio de queda para os 10 grupos de esferas estudados. Os valores de tempo de queda de cada esfera são apresentados no anexo B. (...)

Para cada grupo de esferas foi calculado a velocidade limite, o valor da constante de Landerburg (equação 4) e a velocidade corrigida. Esses valores podem ser vistos na tabela 3. Os valores obtidos mostram que a correção de Landerburg é mais significativa para o conjunto de esferas 2. Esse fato pode ser observado comparando-se as Figuras 5 e 6, que apresentam o gráfico da velocidade limite e velocidade corrigida pelo raio ao quadrado, respectivamente. (...)

**Comentário sobre o resultado encontrado e justificativa**

**Tabela 1:** Diâmetro (D) dos conjuntos (n=1,2,...) de esferas metálicas medidos com um paquímetro.

D1 (mm)	D2 (mm)
60,01 (2)	102,86 ± 0,02
60,00(2)	102,80 ± 0,02
60,03(2)	102,88 ± 0,02

Legenda:

- Identificação
- Descrição

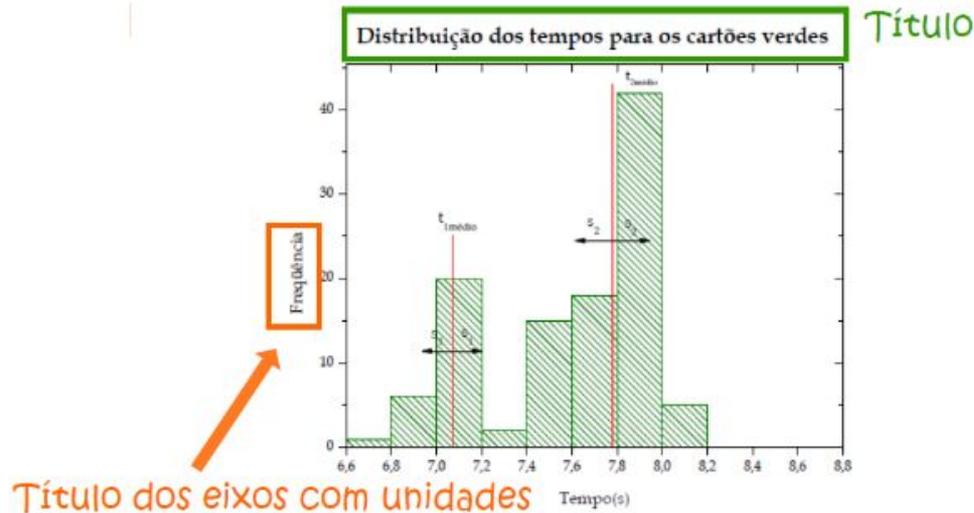
Cabeçalho da tabela:

- Categorias e unidades

Tabela:

- Valores e incertezas

# Figuras (gráficos, histogramas, etc) - exemplo



Identificação **Figura 4.** Histograma dos tempos para os cartões verdes, com discriminação do valor médio de cada pico ( $t_{1médio}$  e  $t_{2médio}$ ) e representação dos respectivos desvios padrões  $s_1$  e  $s_2$ .

Legenda sempre abaixo da figura

Descrição

- Deve conter:

- Argumentação se os objetivos foram atingidos ou não
- Comparação com valores de referência e realizar a análise
- Crítica dos resultados (qualidade dos dados e resultados)
- Discutir o que os resultados obtidos acrescentam ao que já se sabia.
- Explicar o que deu errado (se for o caso)
- Sugestões para melhorias e comentários pertinentes sobre o experimento.

# Discussão - Exemplo

Os valores obtidos para a gravidade não foram compatíveis com o valor fornecido pelo IAG (valor) dentro de três incertezas considerando os dois métodos de medidas propostos. Isso sugere que o modelo de queda livre não descreve bem o movimento de queda de um corpo no ar e existe uma outra força agindo sobre o corpo. Considerando-se que o empuxo do ar é muito pequeno, e ...

O valor da viscosidade obtidos com a Lei de Stokes mostrou-se incompatível com a viscosidade do óleo a 22 °C considerando três incertezas. Entretanto, o valor encontrado é compatível com a temperatura do óleo a 18 °C dentro de uma incerteza, indicando que pode ter ocorrido um erro na medição de temperatura. Outra hipótese é que o óleo utilizado não seja o mesmo que o Lubrax MGI ...

Os valores obtidos para a gravidade não foram compatíveis com o valor fornecido pelo IAG (valor) dentro de três incertezas considerando os dois métodos de medidas propostos. Isso sugere que o modelo de queda livre não descreve bem o movimento de queda de um corpo no ar e existe uma outra força agindo sobre o corpo. Considerando-se que o empuxo do ar é muito pequeno, e ...

O valor da viscosidade obtidos com a Lei de Stokes mostrou-se incompatível com a viscosidade do óleo a 22 °C considerando três incertezas. Entretanto, o valor encontrado é compatível com a temperatura do óleo a 18 °C dentro de uma incerteza, indicando que pode ter ocorrido um erro na medição de temperatura. Outra hipótese é que o óleo utilizado não seja o mesmo que o Lubrax MGI ...

Os valores obtidos para a gravidade não foram compatíveis com o valor fornecido pelo IAG (valor) dentro de três incertezas considerando os dois métodos de medidas propostos. Isso sugere que o modelo de queda livre não descreve bem o movimento de queda de um corpo no ar e existe uma outra força agindo sobre o corpo. Considerando-se que o empuxo do ar é muito pequeno, e ...

O valor da viscosidade obtidos com a Lei de Stokes mostrou-se incompatível com a viscosidade do óleo a 22 °C considerando três incertezas. Entretanto, o valor encontrado é compatível com a temperatura do óleo a 18 °C dentro de uma incerteza, indicando que pode ter ocorrido um erro na medição de temperatura. Outra hipótese é que o óleo utilizado não seja o mesmo que o Lubrax MGI ...

# Relatório - Conclusão

- Deve conter:

- Uma frase breve relembrando o quais eram os objetivos e o que foi feito
- O que pode ser concluído sobre o resultado da experiência a partir dos dados analisados e da discussão feita anteriormente
- Citação dos resultados numéricos obtidos
- Sugestões para trabalhos futuros no mesmo assunto, baseadas no que foi aprendido com esse experimento.

# Relatório - Conclusão

- Frases como as citadas abaixo **NÃO** podem aparecer na conclusão:
  - “A experiência foi um sucesso...”
  - “Deu tudo certo!”
  - “Responde aos objetivos.”
  - “Não foi possível realizar o experimento”
  - “Não sei o que aconteceu para dar errado”
  - “A experiência deu errado provavelmente por um dos dois motivos: erro na tomada de dados ou erros de cálculos...”

# CONCLUSÃO - Exemplo

Foram efetuadas medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. Essas medidas foram realizadas com o objetivo de estudar ....

O histograma dos dados apresentou um formato bimodal, resultando em dois picos, o primeiro situado em 7,079 (5) s e o segundo em 7,805 (5) s. Ambos os picos apresentaram a semi-largura a meia altura condizente com o desvio padrão amostral  $s = 0,13$  s e  $0,17$  s, respectivamente, referente ao período de 10 oscilações. Dos dados apresentados no histograma, obteve-se os seguintes valores para o período de oscilação:  $T_1 = 0,7079$  (16) s e  $T_2 = 0,7805$  (14) s, respectivamente para o primeiro e segundo picos. O formato bimodal do histograma pode ser interpretado como uma possível contagem de 9 oscilações em vez de 10 ou uma oscilação não uniforme do pêndulo.

Cálculos para a obtenção de T a partir do parâmetro h foram realizados com o intuito de testar o modelo adotado. A comparação dos resultados experimentais  $T_1$  e  $T_2$ , com o resultado calculado ( $T_{\text{calc}} = 0,764$  (53) s) indica a necessidade de se refazer as medições do parâmetro h, uma vez que os resultados calculados a partir desse parâmetro possuem uma incerteza muito grande.

Uma proposta de melhoria para a medida do parâmetro h com maior precisão em experimentos futuros seria ....

Foram efetuadas medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. Essas medidas foram realizadas com o objetivo de estudar ....

O histograma dos dados apresentou um formato bimodal, resultando em dois picos, o primeiro situado em 7,079 (5) s e o segundo em 7,805 (5) s. Ambos os picos apresentaram a semi-largura a meia altura condizente com o desvio padrão amostral  $s = 0,13$  s e  $0,17$  s, respectivamente, referente ao período de 10 oscilações. Dos dados apresentados no histograma, obteve-se os seguintes valores para o período de oscilação:  $T_1 = 0,7079$  (16) s e  $T_2 = 0,7805$  (14) s, respectivamente para o primeiro e segundo picos. O formato bimodal do histograma pode ser interpretado como uma possível contagem de 9 oscilações em vez de 10 ou uma oscilação não uniforme do pêndulo.

Cálculos para a obtenção de T a partir do parâmetro h foram realizados com o intuito de testar o modelo adotado. A comparação dos resultados experimentais  $T_1$  e  $T_2$ , com o resultado calculado ( $T_{\text{calc}} = 0,764$  (53) s) indica a necessidade de se refazer as medições do parâmetro h, uma vez que os resultados calculados a partir desse parâmetro possuem uma incerteza muito grande.

Uma proposta de melhoria para a medida do parâmetro h com maior precisão em experimentos futuros seria ....

### Resultados obtidos

## O que pode ser concluído dos resultados obtidos

Foram efetuadas medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. Essas medidas foram realizadas com o objetivo de estudar ....

O histograma dos dados apresentou um formato bimodal, resultando em dois picos, o primeiro situado em 7,079 (5) s e o segundo em 7,805 (5) s. Ambos os picos apresentaram a semi-largura a meia altura condizente com o desvio padrão amostral  $s = 0,13$  s e  $0,17$  s, respectivamente, referente ao período de 10 oscilações. Dos dados apresentados no histograma, obteve-se os seguintes valores para o período de oscilação:  $T_1 = 0,7079$  (16) s e  $T_2 = 0,7805$  (14) s, respectivamente para o primeiro e segundo picos. O formato bimodal do histograma pode ser interpretado como uma possível contagem de 9 oscilações em vez de 10 ou uma oscilação não uniforme do pêndulo.

Cálculos para a obtenção de T a partir do parâmetro h foram realizados com o intuito de testar o modelo adotado. A comparação dos resultados experimentais  $T_1$  e  $T_2$ , com o resultado calculado ( $T_{\text{calc}} = 0,764$  (53) s) indica a necessidade de se refazer as medições do parâmetro h, uma vez que os resultados calculados a partir desse parâmetro possuem uma incerteza muito grande.

Uma proposta de melhoria para a medida do parâmetro h com maior precisão em experimentos futuros seria ....

## Sugestão de experimento futuro

# Relatório - Referências

- Serve para que se possa buscar mais informações sobre o assunto.
- Dá os devidos créditos para os trabalhos realizados anteriormente.

# CONCLUSÃO - Exemplo

- Livro:

Autor, *título*, edição (se não for a primeira), editora, cidade onde o livro foi editado, ano da edição.

B.B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*, Freeman, New York, 1983.

- Artigo:

Autor(es) (se for mais de 3 autores, colocar *et al.* ), *título* (às vezes não é colocado), jornal (abreviatura), **volume**, (ano), página que inicia o artigo, DOI.

M.A.F. Gomes, *Fractal Geometry in Crumpled Paper Balls*, Am. J. Phys. **55** (1987) 649, DOI: 10.1119/1.15094.

X. Liu *et al.*, Phys. Rev. C **106** (2022) 03430, DOI:10.1103/PhysRevC.106.034304

- Referência de Internet

Autor (se houver), endereço URL, data do acesso ao documento

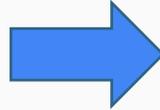
<http://portal.if.usp.br/labdid/pt-br/manuais> (acessado em 28/10/2022)

- Ordem de **apresentação**:
  - **Resumo**
  - **Introdução**
  - **Descrição Experimental**
  - **Resultados**
  - **Discussão**
  - **Conclusão**
  - **Referências**
  - **Apêndices (opcional)**

# Relatório – Ordem de escrita

- Ordem de **apresentação**:

- **Resumo**
- **Introdução**
- **Descrição Experimental**
- **Resultados**
- **Discussão**
- **Conclusão**
- **Referências**
- **Apêndices (opcional)**



- Ordem de **escrita**:

- **Descrição Experimental**
- **Resultados e Apêndices**
- **Introdução e Referências**
- **Discussão**
- **Conclusão**
- **Resumo**

- Na hora de escrever, ter sempre em mente:
  - O objetivo do estudo realizado
  - O tipo de leitor:
    - pesquisador que **entende do assunto**, mas **nunca viu nada** sobre essa experiência
  - A experiência já foi realizada e finalizada:
    - Verbos em tempo passado.
    - Utilizar 3ª pessoa e/ou voz passiva.

# Relatório - Formatação

- Tamanho: máximo de 10 páginas
- Fontes: Arial ou Times
- Tamanho: 10 ou 12
- Margens: 2,0 cm
- Espaçamento: 1,5 linha
- Formato papel: A4
- Folha de rosto:
  - nome da disciplina e professora
  - nome dos alunos
  - título da experiência
  - data

# Para a próxima aula (16/06):

- No moodle (aba Experimento # 5 -Lei de Ohm):
  - Exercício de casa - **Sexta de manhã** (até dia 16/06).
- Apostila do curso (página principal do moodle):
  - Capítulo VI - Resfriamento de um Líquido
  - Entrega do relatório – exp. 5. (um por grupo)

Gisell Ruiz Boiset

[gisell@if.usp.br](mailto:gisell@if.usp.br)

Bloco F – Conjunto  
Alessandro Volta – sl. 209

