

Introdução às Medidas em Física

4300152

9ª Aula (02/06/2023)

Licenciatura em Matemática – Turma T42

Ricardo Andrade Terini

rterini@if.usp.br

Bloco F – Conjunto Alessandro Volta – sl. 105

Agradecimentos aos profs. Elisabeth M. Yoshimura, Nemitala Added e Paula

Experiência 5:

Curvas características (aulas 8 e 9)

Objetivos:

Estudar medidas elétricas

- *Aprender a utilizar instrumentos para medidas elétricas: ohmímetro, voltímetro e amperímetro*
- *Montar circuitos elétricos simples para obter curvas características de elementos resistivos*
- *Verificar a influência dos instrumentos no resultado experimental*

Análise gráfica de dados

- *Apresentar dados de forma gráfica*
- *Fazer ajuste linear manual – parâmetros da reta*
- *Verificar adequação de modelo (Lei de Ohm)*

relembrando

Conceitos básicos – Tensão elétrica ou DDP

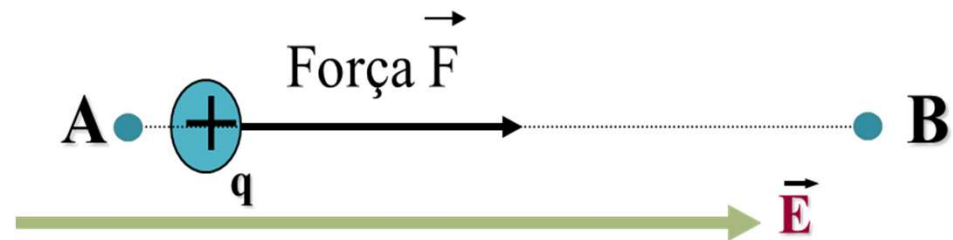
A **tensão elétrica** (V) é a *diferença de energia potencial elétrica* da partícula entre dois pontos, *por unidade de carga elétrica*.

$$V_A - V_B = \frac{\tau_{AB}}{q}$$

Unidade: volt (V) = J / C

- Ela é definida como o **trabalho por unidade de carga** realizado durante o deslocamento de uma carga positiva de um ponto a outro, sob a ação de um campo elétrico (E).
- Se o campo elétrico (E) é **uniforme** entre dois pontos a uma distância d um do outro, podemos escrever que :

$$V_{AB} = \frac{dW}{dq} = E \cdot d$$



$$(>V, >E, >F_e = qE)$$



Conceitos básicos - Corrente elétrica

- A **corrente elétrica** (i) é definida como o movimento de cargas elétricas *em uma direção preferencial*, produzida por uma tensão elétrica.
- O caso mais comum de corrente elétrica é o movimento de elétrons livres em um material condutor.
- A **intensidade da corrente** é dada por:

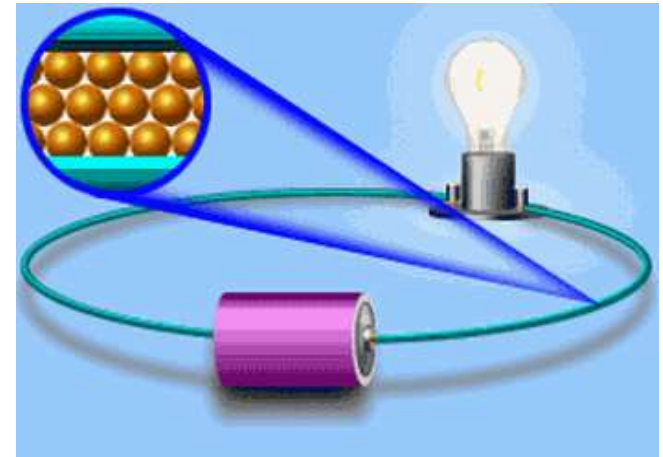
$$i = \frac{dQ}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

c. instantânea

ou

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

c. média



$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}$$

- Sua unidade no SI é o **ampere**, uma das unidades de base do *Sistema Internacional*.

Conceitos básicos - Resistência elétrica

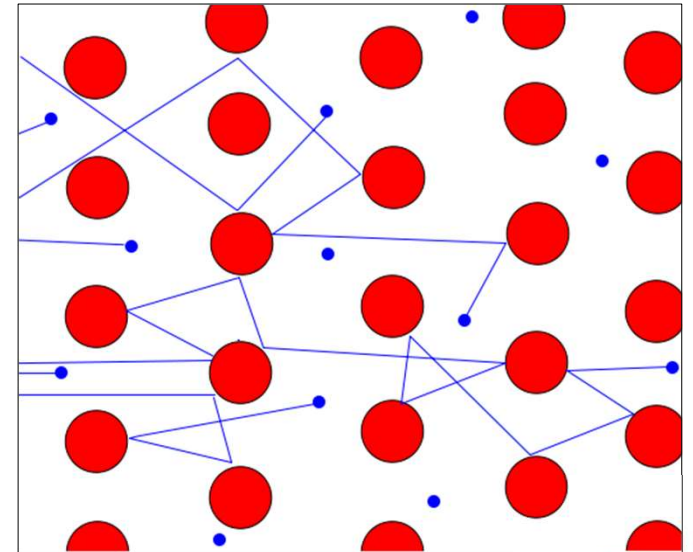
A **resistência elétrica** (R) é uma característica de materiais condutores ou não, relacionada com a **difículdade à passagem de corrente elétrica** através do material.

Ela é definida pela *razão* entre a d.d.p. V aplicada a esse elemento e a corrente elétrica i que flui por ele.

$$R = \frac{V}{i} \quad \uparrow i = \frac{1}{R} V \downarrow$$

- A resistência depende do **material** e da **geometria** do condutor, e, em geral, **aumenta com a temperatura**.

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



relembrando

Conceitos Básicos - Lei de Ohm

Quando R é constante, o elemento resistivo é chamado de **ôhmico**, pois obedece à **Lei de Ohm**:

$$V = R \cdot i, \text{ com } R \text{ constante}$$



É uma lei **empírica**, que se aplica a muitos materiais e a muitas situações, mas **não é universal**.

Resistores ôhmicos comerciais

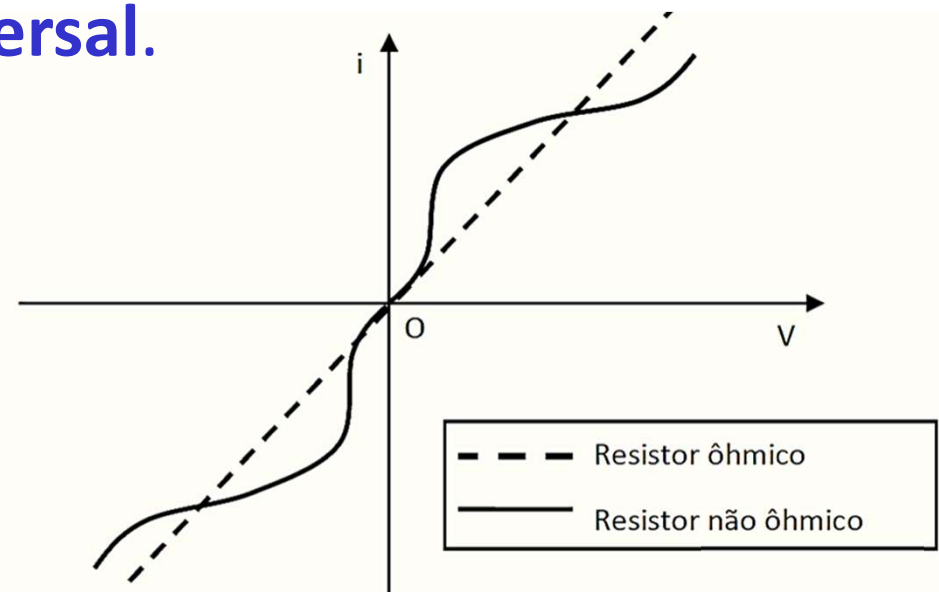
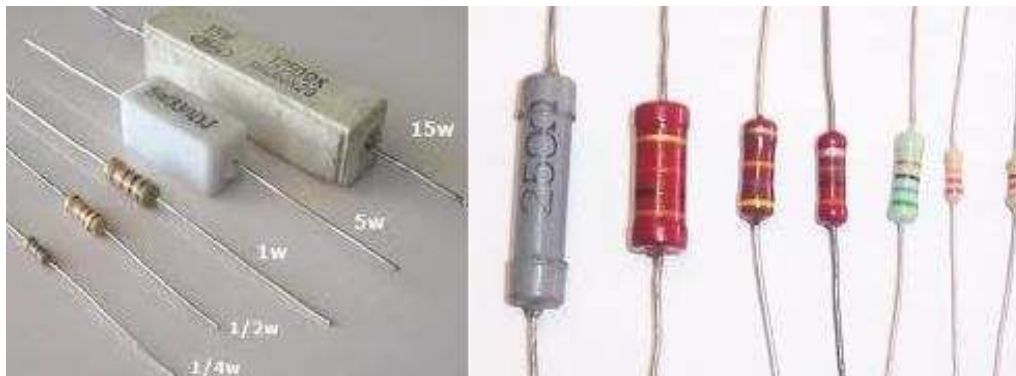


Figura 2.1: Curva característica de dois elementos resistivos hipotéticos.

relembrando

Potência Elétrica

Potência elétrica pode ser definida como o trabalho realizado pela corrente elétrica em uma unidade de tempo. Todo resistor dissipa potência elétrica na forma de calor.

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = VI$$

$$V = RI$$

$$P = RI^2$$

A unidade SI de potência elétrica é o **watt** (W).

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \Omega \cdot \text{A}^2$$

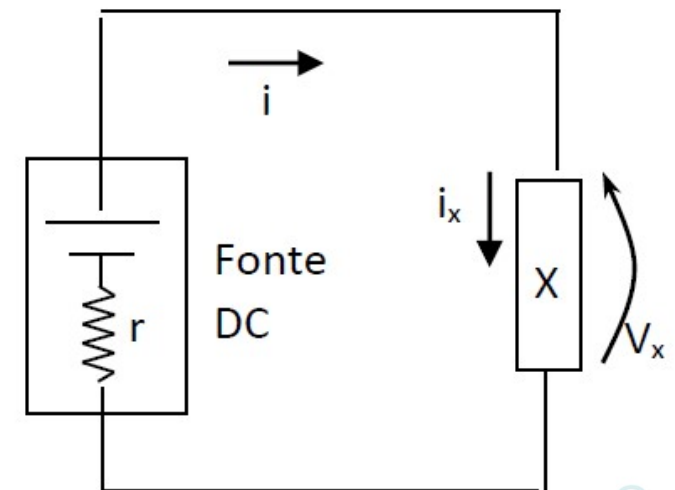
Circuitos elétricos simples com elementos resistivos

São circuitos em que não há *capacitores* ou *indutores*, **somente** elementos resistivos.

Os resistores têm o papel de **reduzir a corrente elétrica** que flui no circuito.

Em geral, *se não houver mudanças de temperatura apreciáveis*, a **Lei de Ohm** é obedecida nesses circuitos.

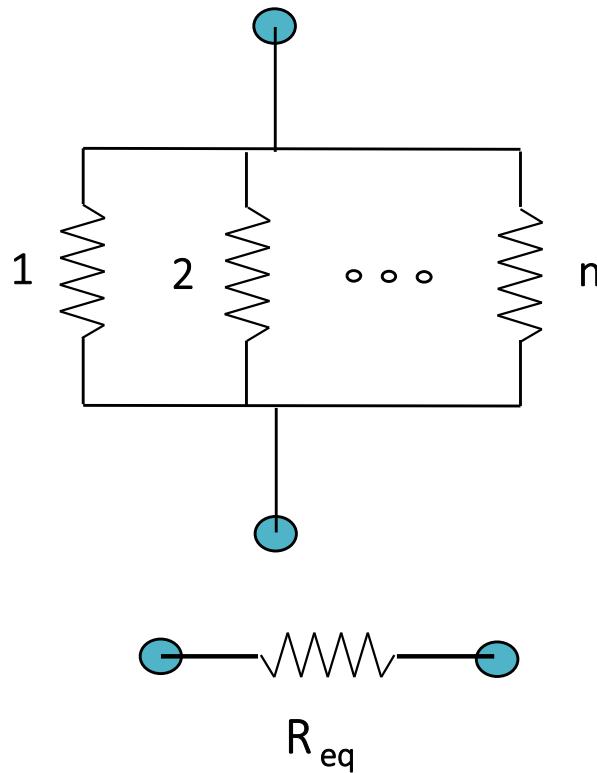
O **circuito mais simples** é (*com símbolos*):



relembrando

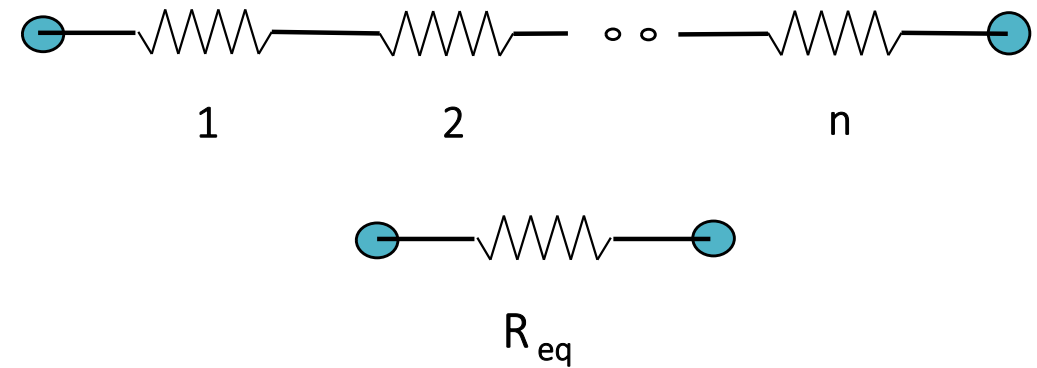
Associações - Resistência Equivalente

RESISTORES EM PARALELO



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

RESISTORES EM SÉRIE



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

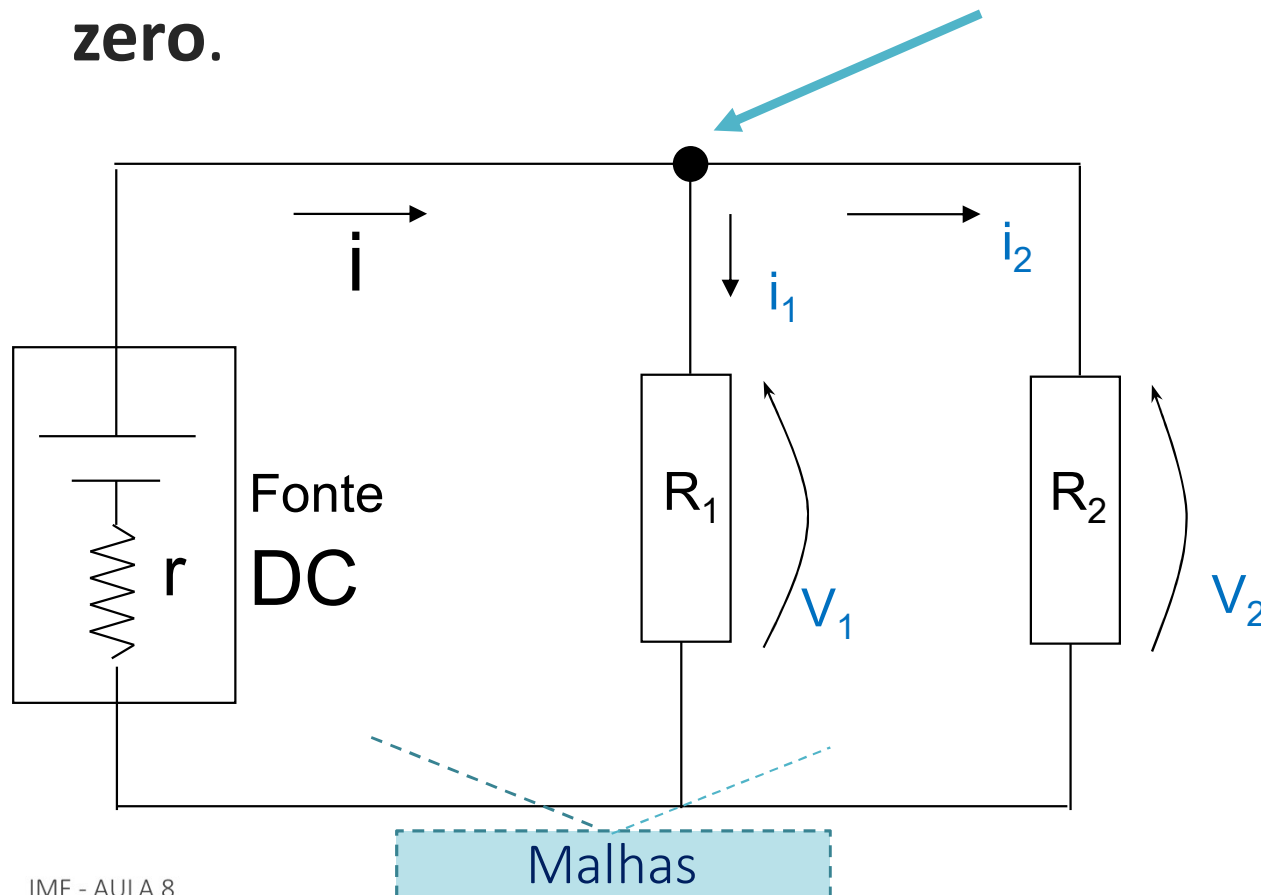
Para n resistores iguais (R):

Série: $R_{eq} = n R$

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

Leis de Kirchhoff

- A **soma das tensões** em todos os elementos do circuito fechado é igual a **zero**;
- A **soma das correntes** em um **nó** do circuito é igual a **zero**.



$$V_1 + V_2 = 0$$
$$i + i_1 + i_2 = 0$$

- Malha fechada: $V_1 = -V_2$
- Corrente total entrando em um nó = corrente total saindo nesse nó.

Curva Característica

Para estudar elementos resistivos em um circuito obtemos sua *curva característica*, que é o gráfico da corrente (i) em função da tensão (V), ou vice-versa.

Esse gráfico nos permite caracterizar o comportamento (linear ou não) do elemento resistivo e, portanto, do circuito.

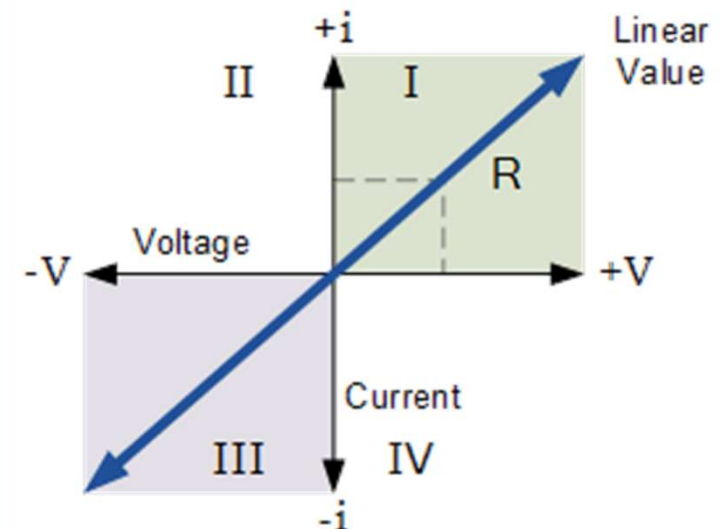


Para isso é necessário medir grandezas elétricas, como *corrente*, *tensão* e *resistência*. Como fazer?



Multímetro

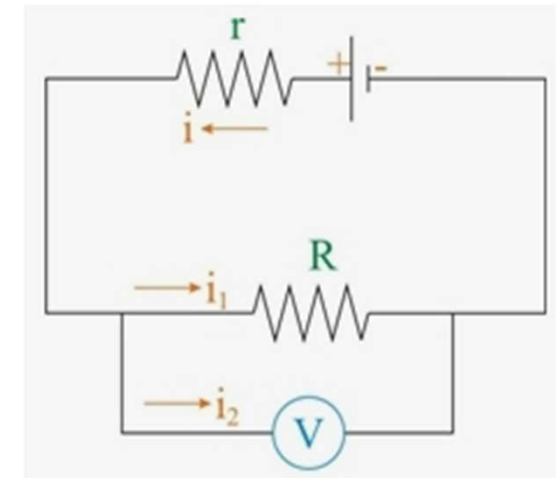
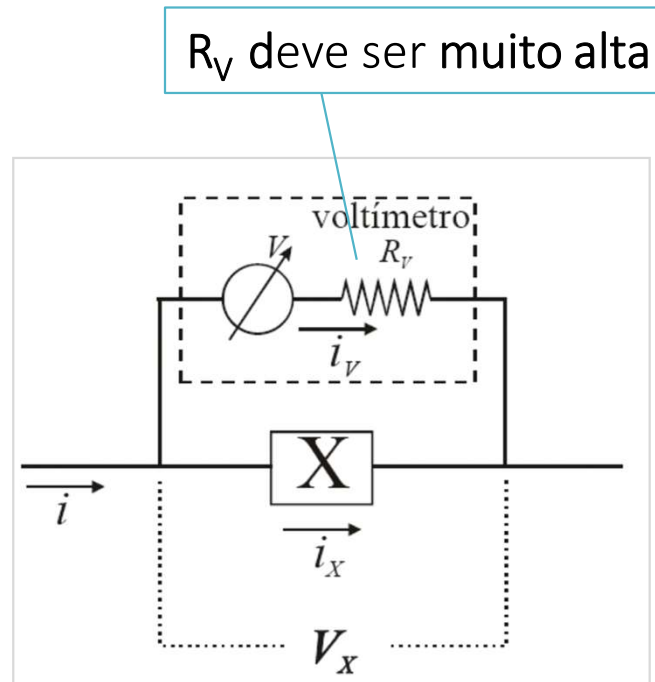
Instrumento (*analógico ou digital*) que atua como amperímetro, voltímetro ou ohmímetro.



Voltímetro

Quando o multímetro opera para medir tensão.

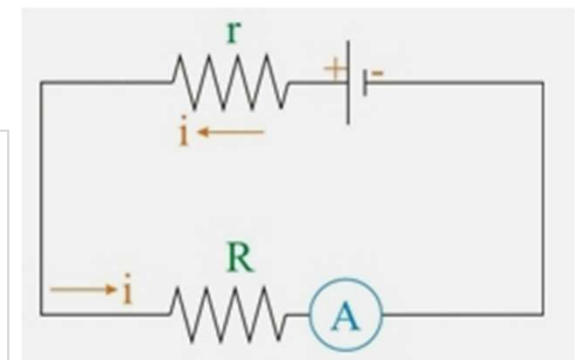
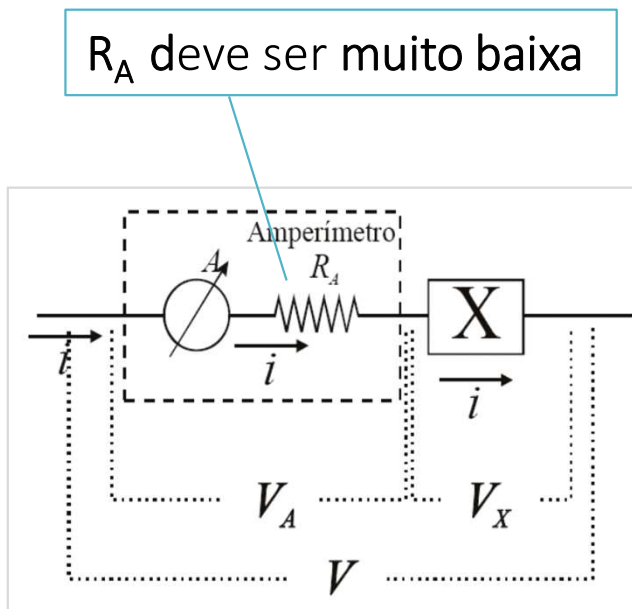
- É conectado em paralelo ao elemento (X) de que se quer medir a tensão.



Amperímetro

Quando o multímetro opera para medir corrente.

- É conectado em série com o elemento (X) onde se quer medir a corrente.

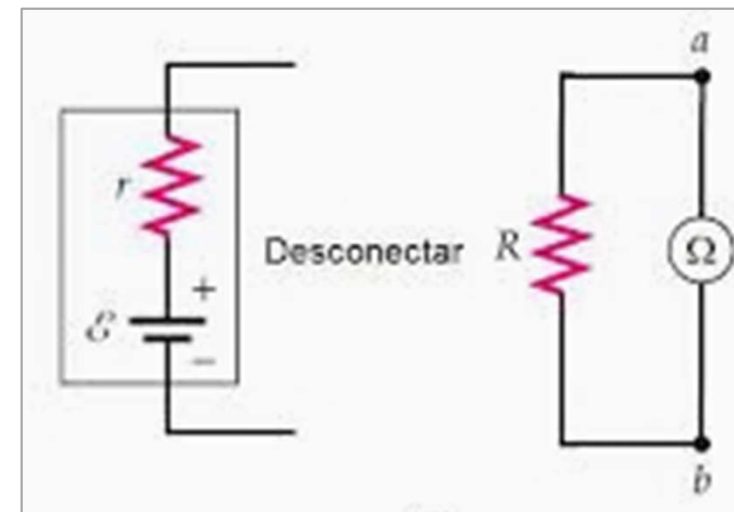
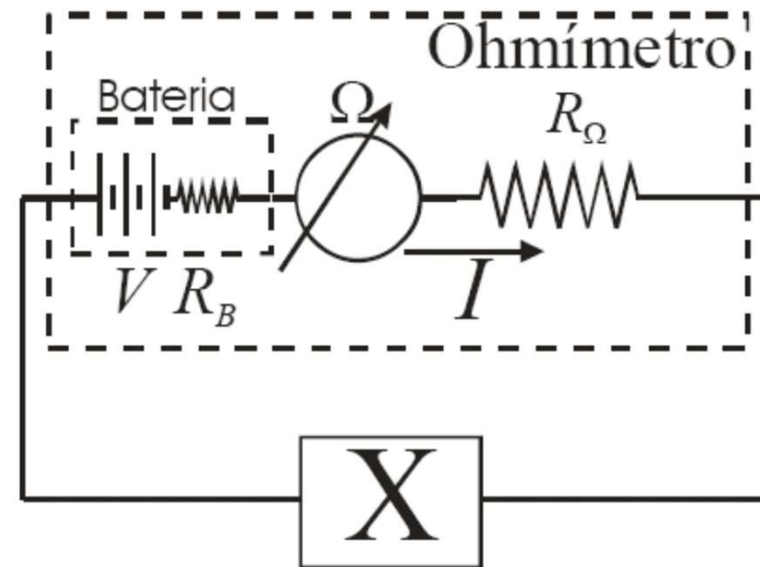


Ohmímetro

Quando o multímetro está operando para **medir resistência**:

Ele sempre é montado:

- **em paralelo ao elemento** do qual se quer medir a resistência,
- **e sem fonte de tensão ligada ao mesmo** (i.e., com o circuito desligado).



Qual é a incerteza do multímetro?

A. Tensão DC

(Ex.: Leitura: **1,790 V**)

Faixa	Precisão	resolução
200mV	$\pm(0,5\%+3D)$	100 μ V
2V		1mV
20V		10mV
200V		100mV
1000V	$\pm(1,0\%+5D)$	1V

- Em geral, é fornecida:
 - a *incerteza estatística* (em porcentagem) e
 - a *sistemática* (em dígitos)



Ex.: (V_{DC}) Incerteza = 0,5% + 3D - O que isso significa?

$$0,5\% L : (0,5 / 100) * 1,790 = 0,009 \text{ V}$$

$$3D: 0,003 \text{ V}$$

Incerteza total da medida: (superestimando) = **0,012 V**

Da aula anterior

Exp. 5-1: Medidas de resistência elétrica (a completar)

Utilizar três metodologias diferentes:

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

Procedimento 1: Direto

Multímetro = Ohmímetro



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

Procedimentos 2 e 3: com circuitos elétricos e medidas de V e de i

(multímetro 1 = Voltímetro)

(multímetro 2 = Amperímetro)

$$R_{resistor} = \frac{V_{resistor}}{i_{resistor}} \approx \frac{V_{voltímetro}}{i_{amperímetro}}$$

Multímetros **ALTERAM** as tensões e correntes medidas...

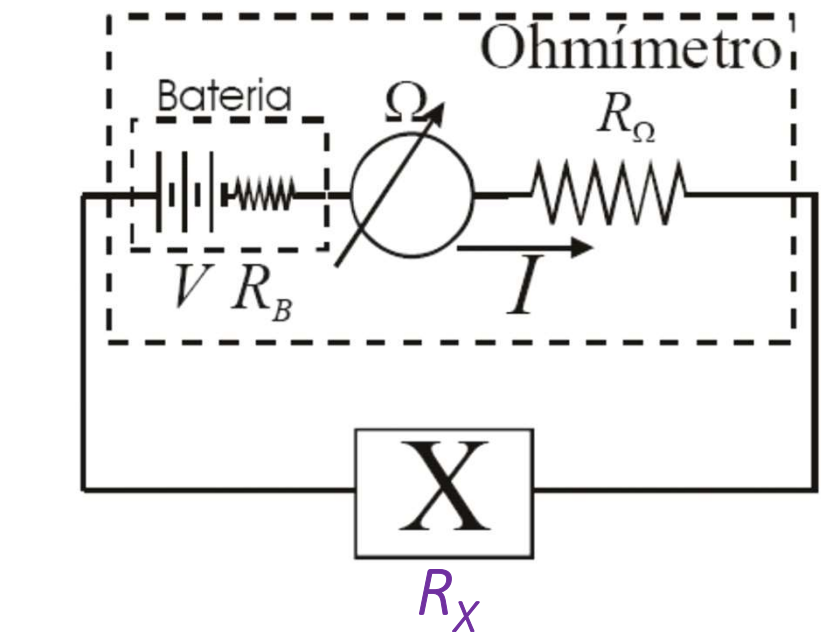
✓ Procedimento 1

Medir a resistência R_X de resistores comerciais usando o multímetro na função de **ohmímetro**.

Obs.: A bateria do ohmímetro possui uma resistência interna (R_B):

A resistência R_B , em geral, não é levada em consideração, pois é considerada pela eletrônica do aparelho:

$$i = \frac{V}{R_X + R_B + R_\Omega}$$
$$R_X = \frac{V}{i} - R_B - R_\Omega$$



Se $R_X \gg (R_B + R_\Omega)$ essa resistência interna pode ser desprezada e a **resistência medida** $V / i \cong R_X$.
Se não, a medida pode ficar imprecisa.

Procedimento 2

O Voltímetro possui resistência interna R_{volt} muito grande;

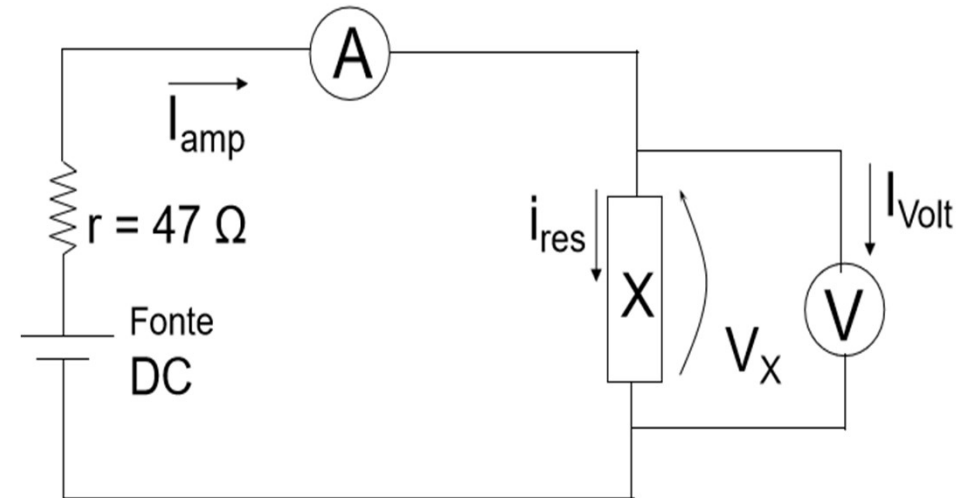
- Provoca “desvio” pequeno de corrente.

$$V_{volt} = V_R \quad ; \quad i_{amp} = i_{volt} + i_R$$

$$R_{volt} i_{volt} = R_R i_R$$

$$R_{medido} = \frac{V_{volt}}{i_{amp}} = \frac{V_R}{i_{volt} + i_R}$$

$$R_{medido} = \frac{V_R}{i_R \left(1 + \frac{R_R}{R_{volt}}\right)} = \frac{R_R R_{volt}}{(R_R + R_{volt})}$$

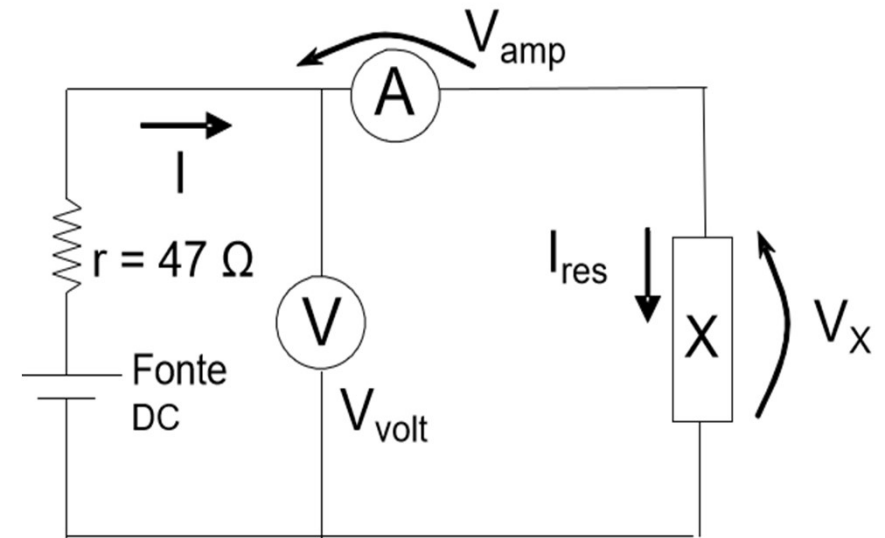


Se $R_{volt} \gg R_R$
implica em $i_R \gg i_{volt}$
e
a resistência
medida $R_{medido} \cong R_R$

Procedimento 3

O Amperímetro, por construção, possui resistência interna R_{amp} muito pequena;

- Provoca queda de tensão pequena.



$$V_{volt} = V_{amp} + V_R$$

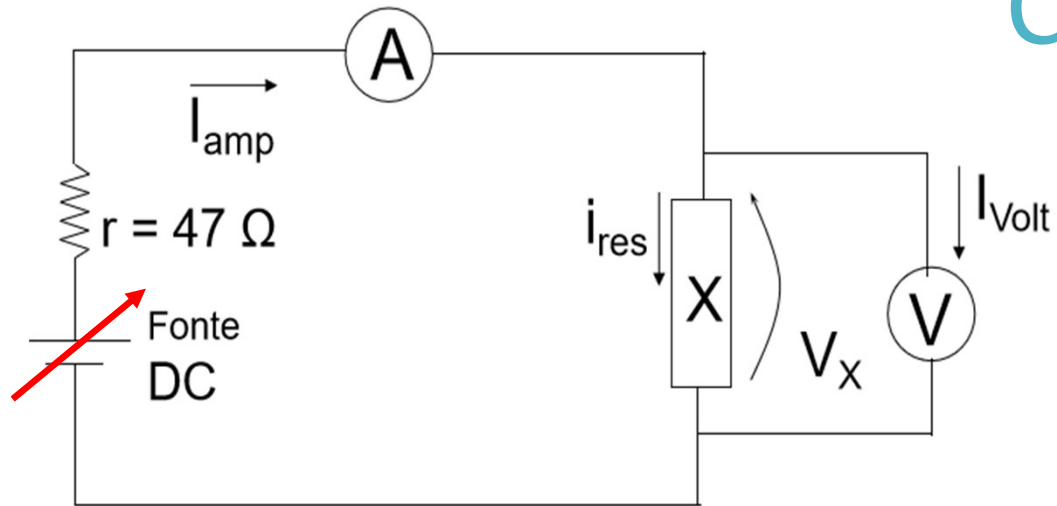
$$i_{amp} = i_R$$

$$R_{medido} = \frac{V_{volt}}{i_{amp}} = \frac{V_{amp} + V_R}{i_R} = R_{amp} + R_R$$

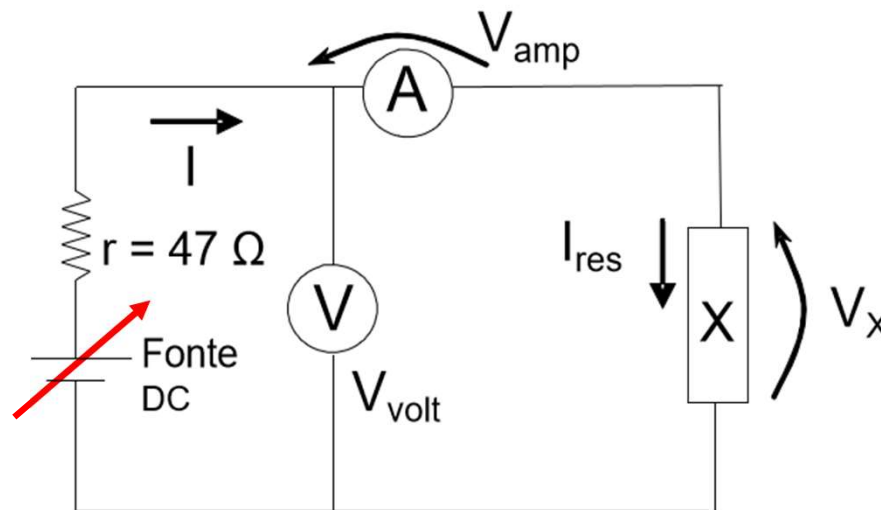
Se $R_{amp} \ll R_R$
A resistência medida
 $R_{medido} \cong R_R$.

Circuitos 2 e 3

2



3



Lembrete:
Em cada
circuito, qual a
corrente máxima
 i_x possível para
cada resistor a
ser medido
($1\ \Omega$, $100\ \Omega$, e
 $6,8\ \text{M}\Omega$)?

Simulação:

https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html

19

Análise de Dados

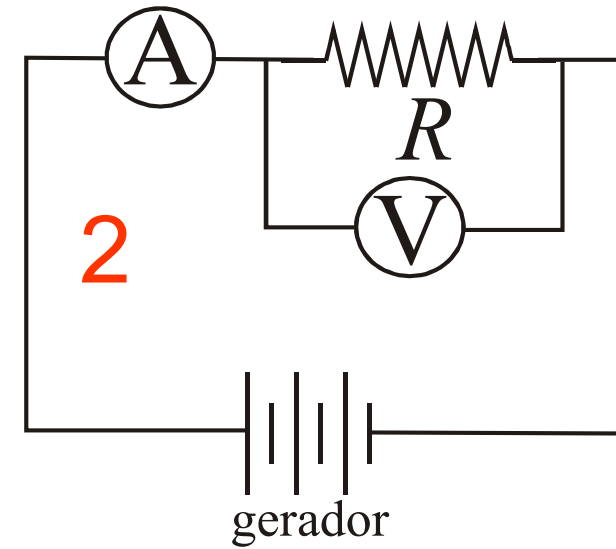
- Obter R_{medido} dos três resistores disponíveis, **pelas três maneiras solicitadas** (9 valores). (Tabs. 2, 3, 4, 5)
- Consultar o manual do multímetro para obter as **incertezas nas medidas** (anotar as fórmulas).
- Propagar as incertezas de acordo com cada cálculo.
- Comparar os valores obtidos para cada um dos resistores pelos três métodos (entre si e com valor nominal esperado) (*na lousa*) (Tabs. 2 e 5)
- Qual o melhor procedimento de medida em cada caso? Por que?

Conclusões

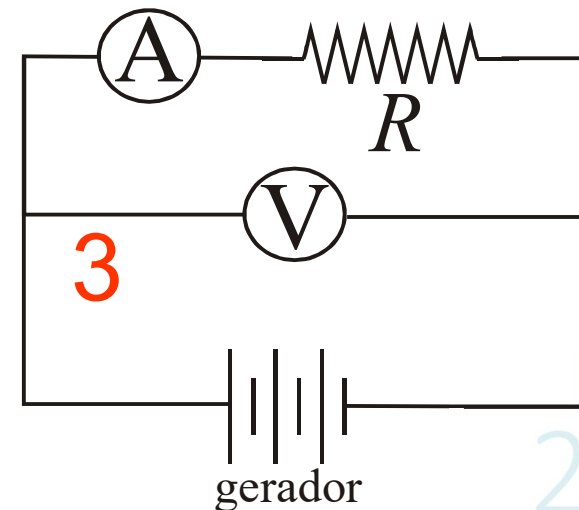
- Dependendo do valor da resistência elétrica a ser estudada, um circuito é mais adequado que o outro.
- Para altas resistências, os procedimentos **1** e **3** são mais adequados que o **2** e vice-versa.

Obs.: Altas resistências significam resistências comparáveis à resistência do voltímetro.

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



$$R_{medido} = \frac{V}{i} = \frac{V_{Amp} + V_X}{i} = R_{Amp} + R_X$$



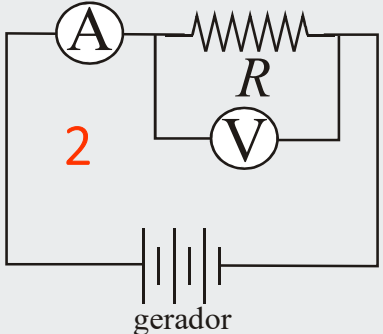
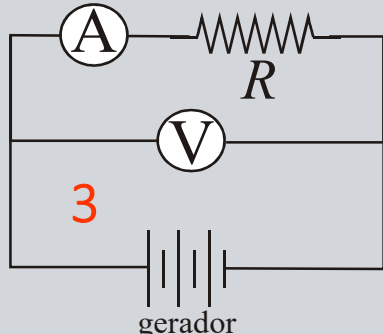
Valores nominais

Supondo:

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

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

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

R_R	1 Ω	100 Ω	6,8 M Ω
$R_{\text{medido}} = R_{\text{ohm}} + R_R$	2	101	6.800.001
 $R_{\text{medido}} = \frac{R_{\text{volt}} R_R}{(R_{\text{volt}} + R_R)}$	1	100	4.047.519
 $R_{\text{medido}} = R_{\text{amp}} + R_R$	3	102	6.800.002

Procedimento Experimental - hoje

Obter a **curva característica** de dois elementos resistivos:

- Um resistor comercial
- Uma lâmpada



Isto é, medir a corrente no circuito em função da tensão aplicada.

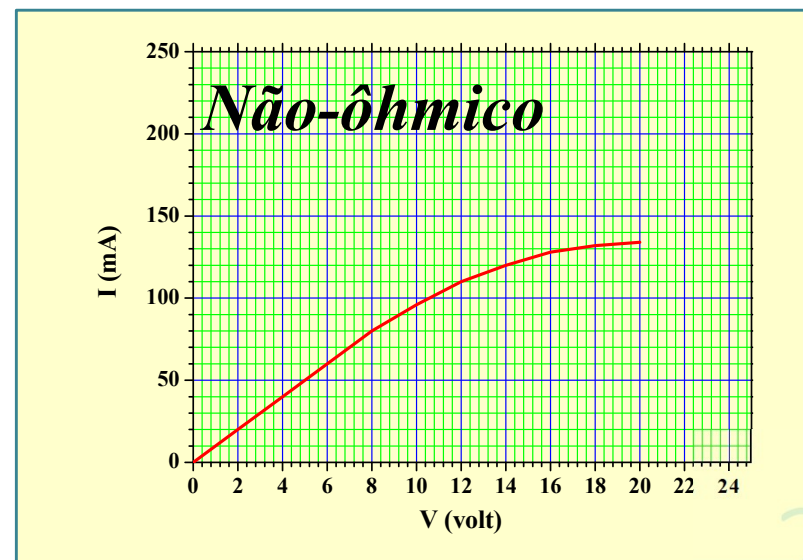
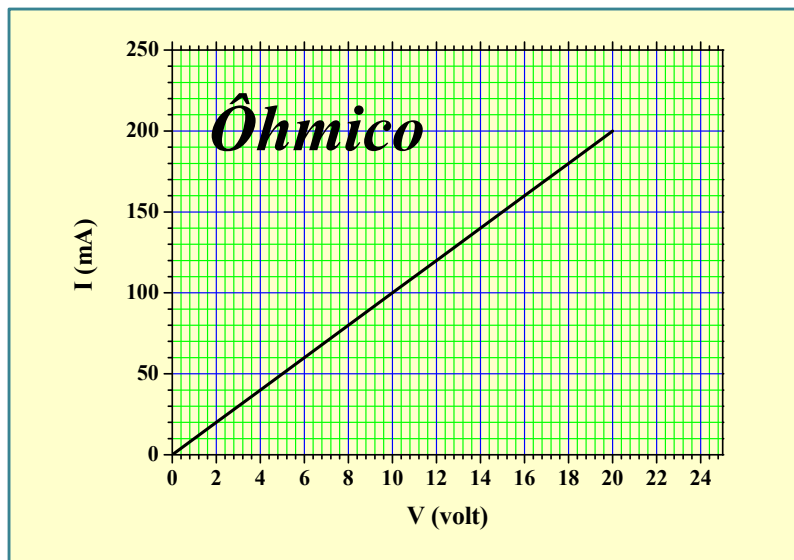
- Qual das duas montagens de circuitos estudadas anteriormente é mais adequada para esta medida?
- Exp. 5-2:
- **Colete 16 pontos, variando a tensão até aprox. 20 V.**
 - Medir para valores **positivos (8)** e **negativos (8)**
 - Medir 4 valores de 0 a 2,0 V e outros 4 de 0 a -2,0 V.

Curva Característica

Curva característica, isto é, o gráfico da corrente (i) em função da tensão (V) para o elemento do circuito.

Obj.: 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.

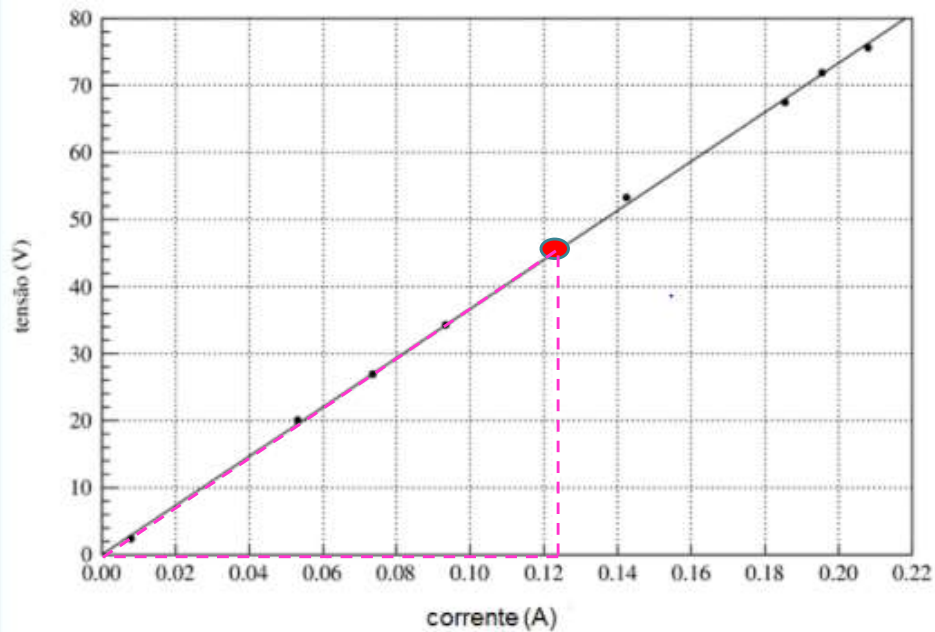


Exp. - Determinação da resistência

Resistor ôhmico

Aplicar valores + e - de tensão

Gráf. $V \times I$ - reta passando pela origem



Calcular resistência

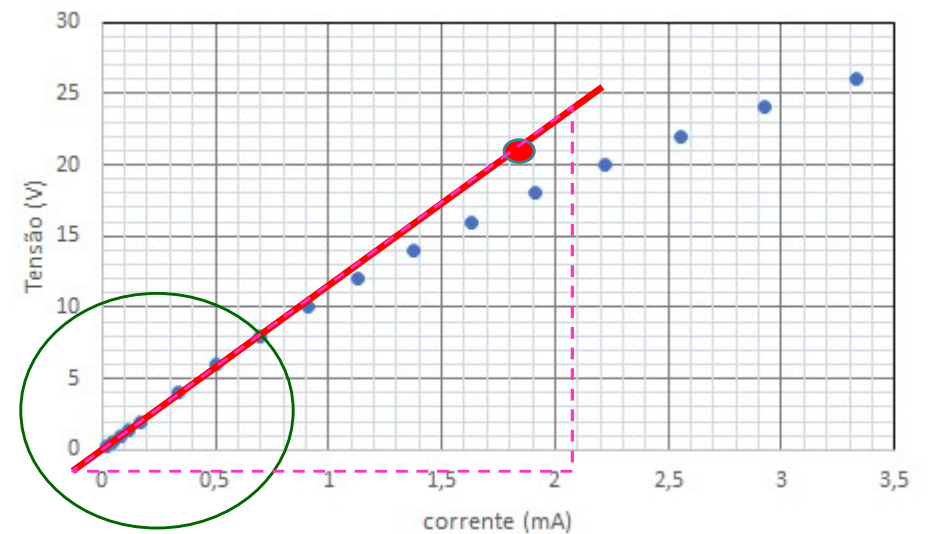
- Coeficiente angular da reta ajustada
- Coeficiente linear = 0 (passa pela origem)

(+ incertezas)

Resistor não-ôhmico

Aplicar valores + e - de tensão

Gráf. $V \times I$ - curva simétrica mas não-linear



Calcular resistência na região ôhmica

- Ajustar reta passando pela origem + o maior número de pontos possível
- Avaliar coeficiente angular da reta

Exercício em classe – 5.2

-DISCIPLINAS
Apoio às Disciplinas

Disciplinas » Suporte » Português - Brasil (pt_br)

4300152 - Introdução às Medidas em Física (2023)

Início / Meus Ambientes / 2023 / IF / 430 / 4300152-2023 / Experimento # 5 -Lei de Ohm / Exercícios classe 5.2

questionário

ambiente

Exercícios classe 5.2

Abre: quinta, 1 jun 2023, 00:01
Fecha: sábado, 3 jun 2023, 00:00

Método de avaliação: Nota mais alta

Resumo das suas tentativas anteriores

Tentativa	Estado	Revisão
Visualização prévia	Em progresso	

Continuar a última prévia

Análise de Dados

- Construa os gráficos de i em função de V_x , sem esquecer de considerar a incerteza de cada ponto (*nos 2 eixos*).
- O resistor comercial é um elemento ôhmico? E a lâmpada? Como você concluiu isso?
 - **Se o elemento é ôhmico**, calcule o valor de sua **resistência** a partir do gráfico.
- Caso contrário, o que ocorre com a resistência do elemento quando aumentamos a tensão elétrica aplicada? Que fatores podem contribuir para alterar a resistência elétrica medida?
 - **Se houver uma região na qual o elemento possa ser considerado ôhmico**, obtenha os valores da resistência.

Relatórios - orientação

Organização na apresentação

Resumo

Propostas + métodos + resultados

Introdução

Justificativa (Proposta), Objetivos, Parte teórica

Procedimento/Arranjo experimental - **descrição** simplificada

Resultados e análise de dados – completa (diretos/indiretos)

Tabelas, **incertezas com justificativas**, cálculos.

Gráficos e ajustes de reta – derivação de coeficientes

Discussão dos dados e Conclusão

Comparações entre métodos ou valores teóricos.

Qualidade dos ajustes

Críticas: método, resultados, incertezas

Resposta às propostas apresentadas

Referências bibliográficas

Mais detalhes: Apostila de IMF, cap. V.

Relatório – Capa e Resumo

Deve conter:

Disciplina e professor

Título do experimento

No. do Grupo e seus membros

Turma e Data

Resumo: Objetivos do trabalho

Método utilizado

Resultados finais

Conclusões principais

(Máximo de 20 linhas)

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 o que se pretende (pode ser também 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.

Relatório - Descrição Experimental

Descrição completa e objetiva dos procedimentos experimentais:

Arranjo experimental

Montagem (figura)

Procedimento experimental

Características dos instrumentos e incertezas de leitura

Cuidados particulares e detalhes relevantes.

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)

Análise estatística

Comentários sobre os porquês de cada etapa e os valores obtidos.

Relatório - Discussão

Deve conter:

Argumentação se os objetivos foram atingidos ou não

Comparação com valores de referência e a análise cabível.

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.

Relatório - Conclusão

Deve conter:

Uma frase breve lembrando 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 principais resultados numéricos obtidos.

Sugestões para trabalhos futuros no mesmo assunto, baseadas no que foi aprendido com esse experimento.

Referências

Para que se possa buscar mais informações sobre o assunto.

Dá os devidos créditos para os trabalhos anteriores.

Relatório – Formatação (sug.)

Tamanho: **máximo de 10 páginas**

Fontes: **Arial** ou **Times**

Tamanho: **10** ou **12**

Margens: **2,0 cm**

Espaçamento: **1,5** linha

Formato papel: **A4**

Para a próxima aula (16/06):

- No *Moodle* (aba Experimento # 5 -Lei de Ohm):
Exercício **individual** (até dia 16/06).
- Apostila do curso (página principal do moodle):
Experiência VI - Resfriamento de um Líquido

**Para o dia 07/06 (quarta
feira):** Entrega do relatório – exp. 5. (**um por grupo**)