



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

## ATIVIDADES PARA FIXAÇÃO DE APRENDIZADO DOS EXPERIMENTOS DE FÍSICA EXPERIMENTAL III

Professores Participantes:

Alice Sizuko Iramina  
Antonio Medina Neto  
Francielle Sato  
Gustavo Sanguino Dias  
Wilson Ricardo Weinand

Maringá, abril de 2017

| Nome | RA | Curso/Turma |
|------|----|-------------|
|      |    |             |

## Experimento I

### Resistência nominal e utilização do multímetro

#### I. Resistência nominal ( $R_n$ )

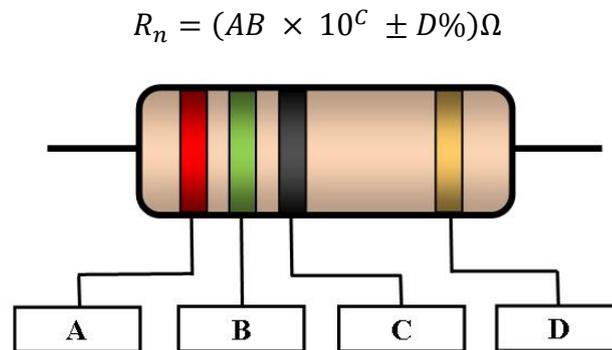


Figura 1. Código de cores para a leitura da resistência nominal ( $R_n$ ) de um resistor.

Tabela 1. Código de cores para a leitura da resistência nominal ( $R_n$ ).

| Cor      | Dígito | Tolerância |
|----------|--------|------------|
| Preta    | 0      |            |
| Marrom   | 1      |            |
| Vermelha | 2      |            |
| Laranja  | 3      |            |
| Amarela  | 4      |            |
| Verde    | 5      |            |
| Azul     | 6      |            |
| Violeta  | 7      |            |
| Cinza    | 8      |            |
| Branca   | 9      |            |
| Dourada  |        | 5%         |
| Prateada |        | 10%        |
| Sem cor  |        | 20%        |

## II. Multímetro

### a. Ohmímetro – Medida da resistência elétrica (R)

Selecione a função ohmímetro no multímetro, se houver seleção de escala, selecione também a escala adequada, conecte os cabos em COM e V/ $\Omega$  no multímetro e nas extremidades do resistor, conforme ilustra a Fig. 2.

Obtenha o valor da resistência nominal e meça as resistências, dos mesmos, utilizando os multímetros, na função ohmímetro, de escala automática e selecionável, dos resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ . Anote seus resultados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados das resistências obtidas para os resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ .

|       | $R_n (\Omega)$ | $(R_{EXP(auto.)} \pm \Delta R_{EXP(auto.)}) (\Omega)$ | $(R_{EXP(sel.)} \pm \Delta R_{EXP(sel.)}) (\Omega)$ |
|-------|----------------|---|---|
| $R_1$ |                |   |   |
| $R_2$ |                |   |   |
| $R_3$ |                |   |   |

$R_n$ : resistência nominal;  $R_{EXP(auto.)}$ : resistência medida no multímetro de escala automática;  $R_{EXP(sel.)}$ : resistência medida no multímetro com seleção de escala;  $\Delta R_{EXP(auto.)}$ : erro experimental na medida com o multímetro de escala automática;  $\Delta R_{EXP(sel.)}$ : erro experimental na medida com o multímetro de escala analógica.

### b. Voltímetro - Medida de diferença de potencial (d.d.p.)

Conecte o multímetro na função voltímetro (V $\overline{=}$  ou DC) e ajuste a fonte de alimentação contínua para uma tensão  $V_{fonte} = ( \quad \pm \quad )$ Volts (V), conforme ilustra a Fig.3.

Utilizando a placa de *bornes* monte o circuito conectando o resistor  $R_1$  e a fonte de alimentação contínua, conforme mostra a Fig. 4. Conecte o multímetro, na função voltímetro, para a medida da diferença de potencial no resistor ( $V_R$ ), veja novamente a Fig.4. Repita a mesma medida trocando o resistor  $R_1$  por  $R_2$  e depois por  $R_3$ , e anote os dados obtidos na Tabela 3.

### c. Amperímetro - Medida de corrente elétrica (I)

No mesmo circuito utilizado para a medida da diferença de potencial no resistor, desconecte o multímetro do circuito, e o conecte novamente, na função amperímetro (A $\overline{=}$  ou DC), para a medida da corrente elétrica que atravessa o resistor, conforme ilustra a Fig. 5. Realize a medida da corrente elétrica para os resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  e anote os dados obtidos na Tabela 3.

Tabela 3. Dados obtidos para as medidas de d.d.p., corrente elétrica e cálculo da razão  $V_R/I_R$  para os resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ .

|       | $(R_{EXP} \pm \Delta R_{EXP}) \Omega$ | $(V_R \pm \Delta V) V$ | $(I_R \pm \Delta I) mA$ | $(V_R/I_R) \pm \delta$ |
|-------|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| $R_1$ |                                       |                        |                         |                        |
| $R_2$ |                                       |                        |                         |                        |
| $R_3$ |                                       |                        |                         |                        |

$R_{EXP}$ : resistência medida;  $V_R$ : diferença de potencial no resistor;  $I_R$ : corrente elétrica que atravessa o resistor;  $\Delta V$ : erro na medida de  $V_R$ ;  $\Delta I$ : erro na medida de  $I_R$ ;  $\delta$ : erro associado à razão  $V_R/I_R$ .

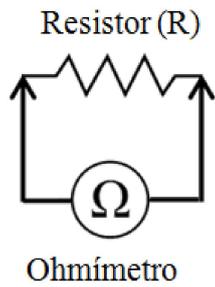


Figura 2. Esquema da montagem do ohmímetro com um resistor (R).

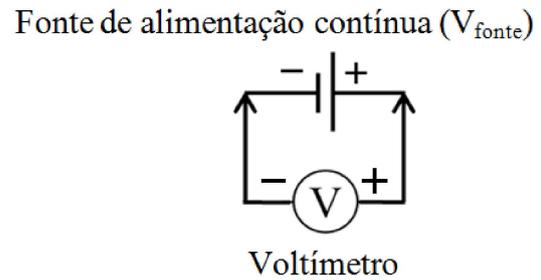


Figura 3. Esquema da montagem para a medida da d.d.p. de uma fonte de tensão contínua.

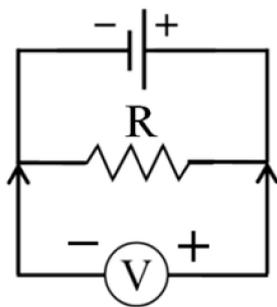


Figura 4. Esquema da montagem para a medida da d.d.p. em um resistor em um circuito.

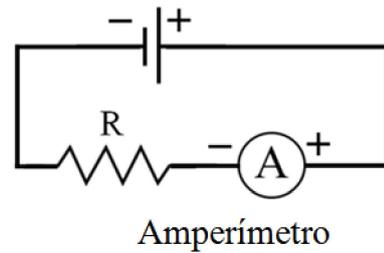


Figura 4. Esquema da montagem para a medida da d.d.p. em um resistor em um circuito.

### III. Medidas em circuito com três resistores

Monte o circuito da Fig. 6, e utilizando o multímetro nas funções ohmímetro, voltímetro e amperímetro, realize as medidas necessárias para o preenchimento da Tabela 4.

A tensão da fonte deve ser ajustada para  $V_{fonte} = \underline{\hspace{2cm}} V$ .



| Nome | RA | Curso/Turma |
|------|----|-------------|
|      |    |             |

## Experimento II

### Elementos resistivos lineares e não lineares

#### I. Resistor de porcelana

Escolha um resistor com resistência de \_\_\_\_\_  $\Omega$ ;

Com a fonte zerada, monte o circuito da Fig. 1;

Varie a tensão da fonte de 0,2 em 0,2 V até 1 V e de 0,5 em 0,5 V de 1 a 5 V, e anote os valores das tensões e suas respectivas correntes elétricas na Tabela 1.

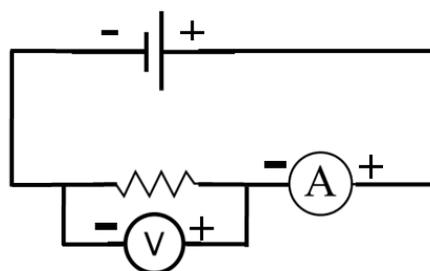


Figura 1. Circuito para medida da  $i$  em função da  $V$ .

#### II. Filamento metálico da lâmpada

Com a fonte zerada, substitua o resistor de porcelana pela lâmpada do circuito da Fig. 1;

Varie a tensão da fonte de 0,2 em 0,2 V até 1 V e de 0,5 em 0,5 V de 1 a 5 V, e anote os valores das tensões e suas respectivas correntes elétricas na Tabela 2. Cuidado! A tensão máxima da lâmpada é de 12 V, para evitar danos e acidentes, varie a tensão da fonte lentamente!

#### III. Foto resistor LDR

A relação entre a resistência elétrica e a intensidade da luz incidente no LDR, pode ser expressa por:

$$R = R_0 L^\alpha \quad (1)$$

Sendo  $R$  a resistência em Ohms,  $L$  é o fluxo luminoso sobre a área do LDR em Lux e  $R_0$  e  $\alpha$  ( $\alpha < 0$ ) constantes.

Com a fonte zerada, monte o sistema ilustrado na Fig. 2;

Desloque a lâmpada na marcação mais distante do LDR;

Com o multímetro de escala selecionável, encontre a melhor escala para a leitura das resistências, esta escala não deve ser mudada durante a realização das medidas. Observação a marcação final da haste está a aproximadamente 3 cm do LDR;

Desloque a lâmpada de 1 em 1 cm até a marcação final da haste, anotando suas respectivas resistências. Anote as distâncias e as resistências na Tabela 3.

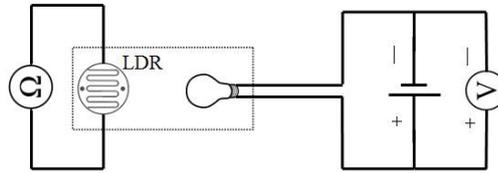


Figura 2. Conexão para a medida da resistência em função da temperatura para um foto resistor LDR.

#### IV. Termistor NTC

O comportamento da resistência elétrica de um termistor NTC em função da temperatura é dado pela equação

$$R(T) = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}, \quad (2)$$

na qual  $R_0$  e  $T_0$  são constantes e  $B$  é o coeficiente de temperatura do NTC.

Conecte o ohmímetro ao sistema constituído pelo NTC e o termômetro, conforme ilustra a Fig.3;

Anote o valor da temperatura ambiente e sua respectiva resistência na Tabela 4. Não mude a escala do ohmímetro durante a realização medida, para isso ajuste a melhor escala em  $T_0$  utilizando o multímetro com escala selecionável;

Conecte o sistema a tomada em sua bancada, e anote a resistência a cada 2 °C até 70 °C;

**Atenção: A temperatura varia rapidamente, por isso preste atenção na leitura do termômetro. Ao atingir 70 °C retire o sistema da tomada imediatamente, e não toque no sistema para evitar acidentes devido à alta temperatura.**

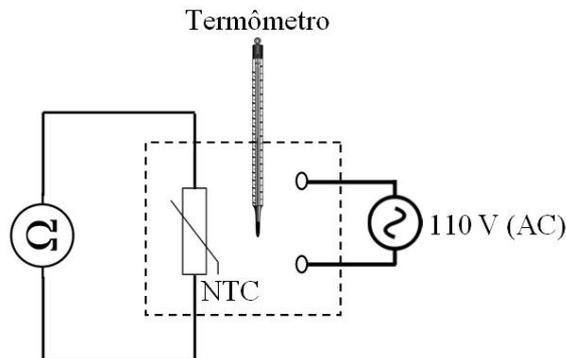


Figura 3. Sistema para a medida da resistência em função da temperatura para um termistor NTC.







| Nome | RA | Curso/Turma |
|------|----|-------------|
|      |    |             |

## Experimento III

### Associação de Resistores

#### I. Associação em série

- Escolha dois resistores ôhmicos, meça suas resistências e anote as potências nominais e os valores das resistências medidas, na Tabela 1;
- Faça o dimensionamento de cada resistor para uma tensão na fonte de 10 V, de forma que  $P_{nominal} > P_{dissipada}$ ;
- Com a fonte zerada, monte o circuito da Fig. 1;
- Com a fonte desconectada do circuito, meça a resistência equivalente ( $R_{EQ}^{exp}$ ), e anote o valor na Tabela 1;
- Ajuste a fonte de tensão para 10 V;
- Com o multímetro de escala selecionável, meça a d.d.p em cada resistor e a total ( $V_T$ ), e anote os valores na Tabela 1;
- Com o multímetro de escala automática, meça a corrente elétrica em cada resistor e a total ( $i_T$ ), e anote os valores na Tabela 1;

Tabela 1. Dados obtidos para a associação em série.

|       | $(R \pm \Delta R) (\Omega)$ | $P_{nominal} (W)$ | $P_{dissipada} (W)$ | $(V \pm \Delta V) (V)$ | $(i \pm \Delta i) (mA)$ |
|-------|-----------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| $R_1$ |                             |                   |                     |                        |                         |
| $R_2$ |                             |                   |                     |                        |                         |
|       | $R_{EQ}^{exp} =$            |                   |                     | $V_T =$                | $i_T =$                 |

- Calcule a resistência equivalente ( $R_{EQ}^{indireta}$ ) utilizando os valores de  $V_T$  e  $i_T$ .

$$R_{EQ}^{indireta} = \frac{V_T}{i_T} \pm \frac{\Delta V_T}{i_T} \pm \frac{V_T \Delta i_T}{i_T^2}$$

- Calcule a resistência equivalente ( $R_{EQ}^{calculada}$ ) utilizando os valores das resistências de  $R_1$  e  $R_2$ .

$$R_{EQ}^{calculada} = R_1 + R_2 \pm \Delta R_1 \pm \Delta R_2$$

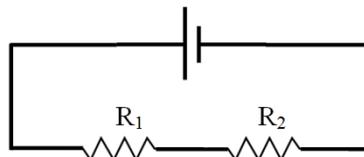


Figura 1. Esquema para a associação em série de resistores

#### II. Associação em paralelo

- Utilizando os mesmos resistores  $R_1$  e  $R_2$  e a mesma tensão na fonte da associação anterior, calcule a potência dissipada para cada resistor e anote os valores na Tabela 2.

11. Monte o circuito da Fig. 2;
12. Com a fonte desconectada do circuito, meça a resistência equivalente ( $R_{EQ}^{exp}$ ), e anote o valor na Tabela 2;
13. Com o multímetro de escala selecionável, meça a d.d.p em cada resistor e a total ( $V_T$ ), e anote os valores na Tabela 2;
14. Com o multímetro de escala automática, meça a corrente elétrica em cada resistor e a total ( $i_T$ ), e anote os valores na Tabela 2;

Tabela 2. Dados obtidos para a associação em paralelo.

|       | $(R \pm \Delta R) (\Omega)$ | $P_{nominal} (W)$ | $P_{dissipada} (W)$ | $(V \pm \Delta V) (V)$ | $(i \pm \Delta i) (mA)$ |
|-------|-----------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| $R_1$ |                             |                   |                     |                        |                         |
| $R_2$ |                             |                   |                     |                        |                         |
|       | $R_{EQ}^{exp} =$            |                   |                     | $V_T =$                | $i_T =$                 |

15. Calcule a resistência equivalente ( $R_{EQ}^{indireta}$ ) utilizando os valores de  $V_T$  e  $i_T$ .

$$R_{EQ}^{indireta} = \frac{V_T}{i_T} \pm \frac{\Delta V_T}{i_T} \pm \frac{V_T \Delta i_T}{i_T^2}$$

16. Calcule a resistência equivalente ( $R_{EQ}^{calculada}$ ) utilizando os valores das resistências de  $R_1$  e  $R_2$ .

$$R_{EQ}^{calculada} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \pm \left( \frac{R_2^2 \Delta R_1}{(R_1 + R_2)^2} + \frac{R_1^2 \Delta R_2}{(R_1 + R_2)^2} \right)$$

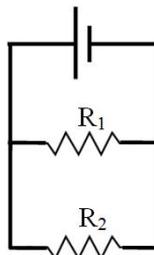


Figura 2. Esquema para a associação em paralelo de resistores.

### III. Associação mista

17. Escolha cinco resistores ôhmicos, meça suas resistências, e anote as potências nominais e os valores das resistências medidas na Tabela 3;
18. Faça o dimensionamento de cada resistor para uma tensão na fonte de 10 V, de forma que  $P_{nominal} > P_{dissipada}$ ;
19. Monte o circuito da Fig. 3;
20. Meça a resistência entre os pontos  $A$  e  $B$ ,  $B$  e  $C$ ,  $C$  e  $D$  e  $A$  e  $D$  (Fig. 3), e anote os valores na Tabela 3;
21. Conecte a fonte ao circuito (Fig. 4), e ajuste-a para uma tensão de 10 V;
22. Conecte o voltímetro (multímetro de escala selecionável) e o amperímetro (multímetro de escala automática), conforme mostra a Fig. 4, e meça, simultaneamente, a d.d.p total ( $V_T$ ) e a corrente elétrica total ( $i_T$ ), e anote os valores na Tabela 3. **Observação:** A escolha do multímetro para as funções amperímetro e voltímetro influenciam na medida, pois a resistência interna de cada escala do multímetro com escala selecionável tem contribuições entre 100 e 10 K $\Omega$ ;
23. Meça as d.d.p's em cada resistor e suas respectivas corrente elétricas e anote os valores medidos na Tabela 3.

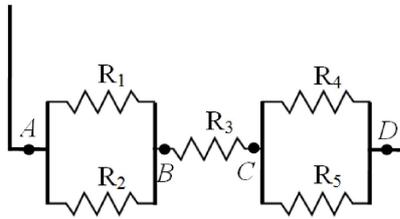


Figura 3. Associação mista de resistores.

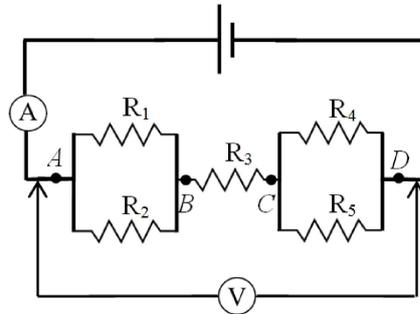


Figura 4. Esquema para a associação mista de resistores.

Tabela 3. Dados obtidos para a associação mista.

|          | $(R \pm \Delta R)$ ( $\Omega$ ) | $P_{\text{nominal}}$ (W) | $P_{\text{dissipada}}$ (W) | $(V \pm \Delta V)$ (V) | $(i \pm \Delta i)$ (mA) |
|----------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|
| $R_1$    |                                 |                          |                            |                        |                         |
| $R_2$    |                                 |                          |                            |                        |                         |
| $R_3$    |                                 |                          |                            |                        |                         |
| $R_4$    |                                 |                          |                            |                        |                         |
| $R_5$    |                                 |                          |                            |                        |                         |
| $R_{AB}$ |                                 |                          |                            |                        |                         |
| $R_{BC}$ |                                 |                          |                            |                        |                         |
| $R_{CD}$ |                                 |                          |                            |                        |                         |
| $R_{AD}$ |                                 |                          |                            |                        |                         |

#### IV. Discussão dos resultados obtidos:

- 1) Mostre, utilizando a Lei de Ohm, que as resistências equivalentes para as associações em série e em paralelo são respectivamente,  $R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i$  e  $R_{eq}^{-1} = \sum_{i=1}^n R_i^{-1}$ .
- 2) Com base nos resultados obtidos no item I:
  - a. O que você conclui sobre o comportamento das correntes elétricas quando os resistores estão associados em série?
  - b. Qual a relação entre as d.d.p. medidas em cada resistor e a d.d.p total fornecida pela fonte?
- 3) Com base nos resultados obtidos no item II:
  - a. O que você conclui sobre o comportamento das d.d.p quando os resistores estão associados em paralelo?
  - b. Qual a relação entre as correntes elétricas medidas em cada resistor e a corrente elétrica total do circuito?
- 4) Nos circuitos utilizados, em série e em paralelo, verifique a conservação da energia.
- 5) Com base nos resultados obtidos no item III:





| $V_5 =$ |        | $V_6 =$ |        | $V_7 =$ |        |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| x (cm)  | y (cm) | x (cm)  | y (cm) | x (cm)  | y (cm) |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |

Tabela 2. Dados para medidas com as duas pontas de prova.

|   | $(x_1, y_1)$ (cm) | $(x_2, y_2)$ (cm) | $\Delta V_{\text{Max}}$ (V) |
|---|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| C |                   |                   |                             |
| D |                   |                   |                             |
| E |                   |                   |                             |

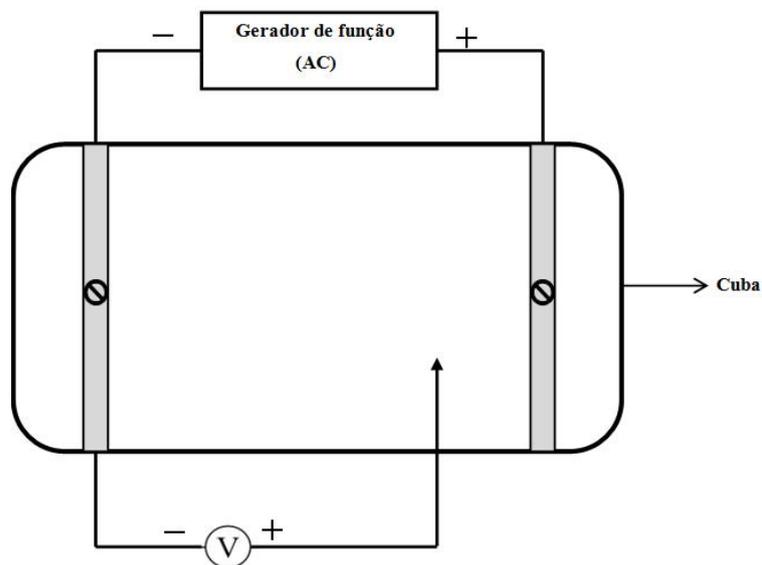


Figura 1. Sistema para a configuração do dipolo elétrico.

## II. Campo elétrico entre placas metálicas paralelas

7. Substitua as pontas pelas placas metálicas;
8. Delimite em uma folha de papel milimetrado uma superfície de 15 cm x 15 cm;
9. Meça a distância entre as placas metálicas,  $L =$  \_\_\_\_\_ cm;
10. Anote 3 pontos para cada uma das 3 superfícies equipotenciais na Tabela 3 e no papel milimetrado;

Tabela 3. Dados obtidos para as superfícies equipotenciais entre as placas paralelas metálicas.

| $V_1 =$ |        | $V_2 =$ |        | $V_3 =$ |        |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| x (cm)  | y (cm) | x (cm)  | y (cm) | x (cm)  | y (cm) |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |
|         |        |         |        |         |        |

### III. Campo elétrico no interior de um anel metálico

11. Na configuração para as placas paralelas, insira o anel metálico entre as placas e determine 5 pontos no interior do anel. Anote-os na Tabela 4.

Tabela 4. Dados obtidos no interior do anel metálico.

| x (cm) | y (cm) | V (V) |
|--------|--------|-------|
|        |        |       |
|        |        |       |
|        |        |       |
|        |        |       |
|        |        |       |

### IV. Discussão dos resultados obtidos:

- 1) Com relação ao experimento do campo elétrico devido a um dipolo elétrico:
  - a. Trace 5 linhas de força do campo elétrico, no papel milimetrado, para esta distribuição de carga. Qual é a relação entre as superfícies equipotenciais e as linhas de força do campo elétrico?
  - b. Para os pontos C, D e E, determine a direção do campo elétrico e seu módulo.
- 2) Com relação ao campo elétrico entre as placas paralelas metálicas:
  - a. Trace 5 linhas de força do campo elétrico, no papel milimetrado, para esta distribuição de carga.
  - b. Determine o módulo, direção e sentido do campo elétrico entre as placas.
- 3) Com relação ao anel metálico entre as placas paralelas:
  - a. Discuta sobre o comportamento do campo elétrico no interior do anel metálico devido aos potenciais medidos.
  - b. Explique o que acontece na superfície do anel, quando este está introduzido entre as placas.
  - c. Discuta sobre o comportamento das linhas de campo elétrico e das superfícies equipotenciais fora do anel metálico. Utilize um esboço das linhas de campo e das superfícies equipotenciais para a discussão.

Anotações \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

| Nome | RA | Curso/Turma |
|------|----|-------------|
|      |    |             |

## Experimento V

### Princípios de Kirchhoff

#### I. Circuito com duas fontes contínuas

1. Selecione três resistores com resistências nominais de  $R_1 = 800 \Omega$ ,  $R_2 = 2.200 \Omega$  e  $R_3 = 1.000 \Omega$ , meça suas resistências e anote na Tabela 1;
2. Para o circuito da Fig.1, considerando  $\varepsilon_A = 15 \text{ V}$ ,  $\varepsilon_B = 12 \text{ V}$  e os resistores ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) selecionados no item anterior, calcule os valores da corrente elétrica ( $I_{\text{calc}}$ ), d.d.p ( $V_{\text{calc}}$ ) e a potência dissipada ( $P_{\text{calc}}$ ) em cada resistor, e anote na Tabela 1;
3. Verifique se os resistores que você selecionou são adequados ao circuito, ou seja, verifique se  $P_{\text{nominal}} > P_{\text{dissipada}}$ . Caso não esteja adequado troque o resistor por um de potência nominal maior e refaça os itens 1 e 2;

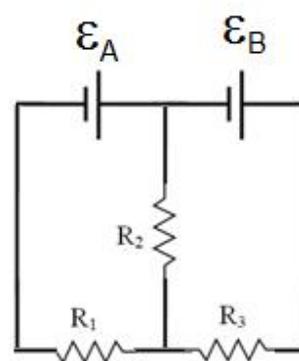


Figura 1: Circuito de duas malhas.

Tabela 1. Valores calculados e experimentais para o circuito da Figura 1, utilizando  $\varepsilon_A = 15 \text{ V}$  e  $\varepsilon_B = 12 \text{ V}$ .

|       | $R \pm \Delta R (\Omega)$ | $I_{\text{calc}} (\text{mA})$ | $V_{\text{calc}} (\text{V})$ | $P_{\text{calc}} (\text{W})$ | $I \pm \Delta I (\text{mA})$ | $V \pm \Delta V (\text{V})$ | $P_{\text{diss}} \pm \Delta P (\text{W})$ |
|-------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|
| $R_1$ |                           |                               |                              |                              |                              |                             |   |
| $R_2$ |                           |                               |                              |                              |                              |                             |   |
| $R_3$ |                           |                               |                              |                              |                              |                             |   |

4. Monte o circuito da Fig. 1 e ajuste as fontes de tensão para  $\varepsilon_A = 15 \text{ V}$  e  $\varepsilon_B = 12 \text{ V}$ ;
5. Meça a d.d.p, a corrente elétrica e calcule a potência dissipada em cada resistor. Anote os valores na Tabela 1. Para as medidas de corrente elétrica utilize o multímetro de escala automática;
6. Diminua o valor da tensão da fonte A ( $\varepsilon_A$ ), mantendo  $\varepsilon_B = 12 \text{ V}$ , e meça a corrente ( $i_2$ ) no resistor  $R_2$ . Anote na Tabela 2 os valores da corrente  $i_2$  para os três diferentes valores da tensão  $\varepsilon_A$ ;

Tabela 2. Corrente no resistor  $R_2$  para diferentes tensões na fonte A.

| $\varepsilon_A (\text{V})$ sugerido | $\varepsilon_A \pm \Delta \varepsilon_A (\text{V})$ | $i_2 \pm \Delta i_2 (\text{mA})$ |
|-------------------------------------|---|----------------------------------|
| 15,0                                |   |                                  |
| 9,5                                 |   |                                  |
| 4,0                                 |   |                                  |



| Nome | RA | Curso/Turma |
|------|----|-------------|
|      |    |             |

## Experimento VI

### Resistividade de um fio de níquel-cromo e ponte de fio de níquel-cromo

#### I. Resistividade de um fio de níquel-cromo (Ni-Cr)

A influência do comprimento e da área da seção reta do fio resistivo em sua resistência é expressa por:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

sendo  $\rho$  a resistividade, em  $\Omega \cdot m$ ,  $L$  o comprimento e  $A$  área da seção do fio resistivo.

1. Anote o número da barra e sua respectiva área de seção reta ( $A$ ):

|               |     |
|---------------|-----|
| Nº da barra = | A = |
|---------------|-----|

2. Monte o sistema indicado na Fig. 1;

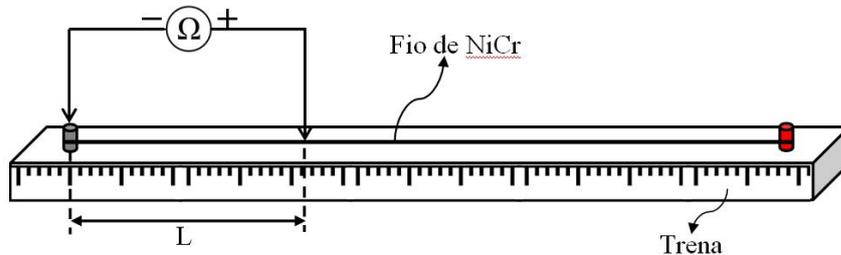


Figura 1: Sistema para a medida da resistência do fio de NiCr em função do comprimento do fio.

3. Meça a resistência do fio de Ni-Cr a cada 10 cm até 100 cm do comprimento do fio, e anote os valores na Tabela 1;

Tabela 1. Medidas da resistência em função do comprimento do fio de Ni-Cr.

| $R \pm \Delta R$ ( $\Omega$ ) | $L \pm \Delta L$ (cm) |
|-------------------------------|-----------------------|
|                               |                       |
|                               |                       |
|                               |                       |
|                               |                       |
|                               |                       |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

4. Meça a resistência em  $L = \underline{\hspace{2cm}}$  cm para diferentes espessuras de fios de Ni-Cr, e anote o nº das barras, suas respectivas áreas e as resistências medidas na Tabela 2;

Tabela 2. Medidas da resistência em função da área de seção dos fios de Ni-Cr para um comprimento fixo.

| Nº da barra | A (m <sup>2</sup> ) | A <sup>-1</sup> (m <sup>-2</sup> ) | R ±ΔR(Ω) |
|-------------|---------------------|------------------------------------|----------|
|             |                     |                                    |          |
|             |                     |                                    |          |
|             |                     |                                    |          |
|             |                     |                                    |          |
|             |                     |                                    |          |
|             |                     |                                    |          |
|             |                     |                                    |          |
|             |                     |                                    |          |
|             |                     |                                    |          |

## II. Ponte de fio de Ni-Cr (Ponte de Wheastone)

Na condição de equilíbrio da ponte de Wheatsone a corrente elétrica que atravessa o galvanômetro ( $i_G$ ) é nula. Desta forma o valor da resistência desconhecida ( $R_y$ ), em função do resistor padrão ( $R_p$ ) é dado por:

$$R_y = R_p \frac{L-x}{x} \tag{2}$$

sendo  $L$  o comprimento do fio de Ni-Cr e  $x$  a distância, com relação a extremidade do fio, na qual  $i_G = 0$ , como ilustra a Fig. 2.

1. Escolha 4 resistores, meça suas resistências. Escolha o resistor de resistência intermediária e o denote como o  $R_p$ . Anote as resistências na Tabela 3;
2. Anote o valor do comprimento do fio de Ni-Cr ( $L$ ) na Tabela 3;
3. Monte o sistema indicado na Fig. 2, posicionando o resistor  $R_p$  e um dos outros resistores como  $R_y$ ;
4. Ajuste a fonte para uma tensão de 0,7 V;
5. Meça o valor de  $x$  para a condição de equilíbrio para cada um dos três resistores;



| Nome | RA | Curso/Turma |
|------|----|-------------|
|      |    |             |

## Experimento VII

### Circuito RC

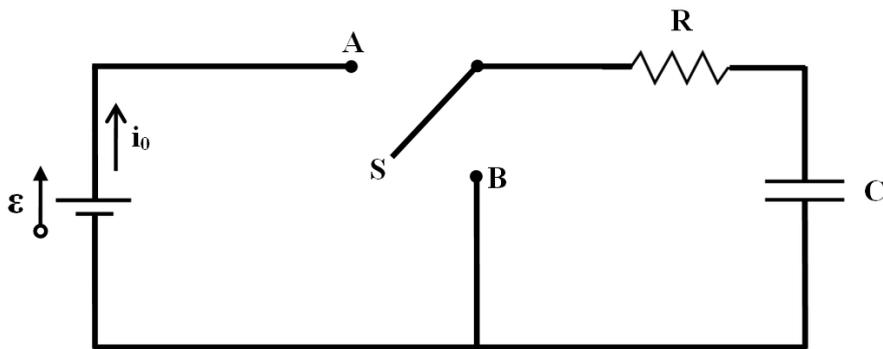


Figura 1. Circuito RC-série sob corrente contínua: ( $\varepsilon$ ) f.e.m. da fonte contínua; ( $i_0$ ) corrente inicial; (S) chave; (A e B) posições no circuito para conexão da chave S; (R) resistor ôhmico e (C) capacitor.

#### I. Considerações gerais

##### Processo de carga do capacitor

Considerando o circuito RC em série mostrado na Fig. 1, com a chave S na posição A, aplicando a lei das malhas obtemos a equação diferencial que descreve o circuito:

$$R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = \varepsilon, \quad (1)$$

sendo,  $Q$  a carga no capacitor,  $C (= Q/V)$  a capacitância do capacitor,  $R$  a resistência do resistor e  $\varepsilon$  a f.e.m. da fonte contínua.

Resolvendo a eq.(1) para a carga, temos:

$$Q(t) = Q_{m\acute{a}x} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (2)$$

na qual,  $Q_{m\acute{a}x} (= C\varepsilon)$  é a carga máxima no capacitor e  $\tau (= RC)$  é a constante de tempo para o processo de carga do capacitor.

Com a solução para o processo de carga do capacitor (eq. (2)), podemos obter as demais equações que descrevem o processo:

$$i(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (\text{corrente elétrica do circuito}) \quad (3)$$

$$V_R(t) = i(t)R \quad (\text{d.d.p no resistor}) \quad (4)$$

$$V_C(t) = \frac{Q(t)}{C} \quad (\text{d.d.p no capacitor}) \quad (5)$$

## Processo de descarga do capacitor

Considerando o circuito RC em série mostrado na Fig. 1, com a chave  $S$  na posição B, aplicando a lei das malhas obtemos a equação diferencial que descreve o circuito:

$$R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0, \quad (6)$$

sendo  $Q$  a carga no capacitor,  $C (= Q/V)$  a capacitância do capacitor e  $R$  a resistência do resistor.

Resolvendo a eq.(6) para a carga, temos:

$$Q(t) = Q_{\text{máx}} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (7)$$

na qual,  $Q_{\text{máx}} (= C\varepsilon)$  é a carga máxima no capacitor e  $\tau (= RC)$  é a constante de tempo para o processo de carga do capacitor.

Com a solução para o processo de carga do capacitor (eq. (2)), podemos obter as demais equações que descrevem o processo:

$$i(t) = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (\text{corrente elétrica do circuito}) \quad (8)$$

$$V_R(t) = i(t)R \quad (\text{d.d.p no resistor}) \quad (9)$$

$$V_C(t) = \frac{Q(t)}{C} \quad (\text{d.d.p no capacitor}) \quad (10)$$

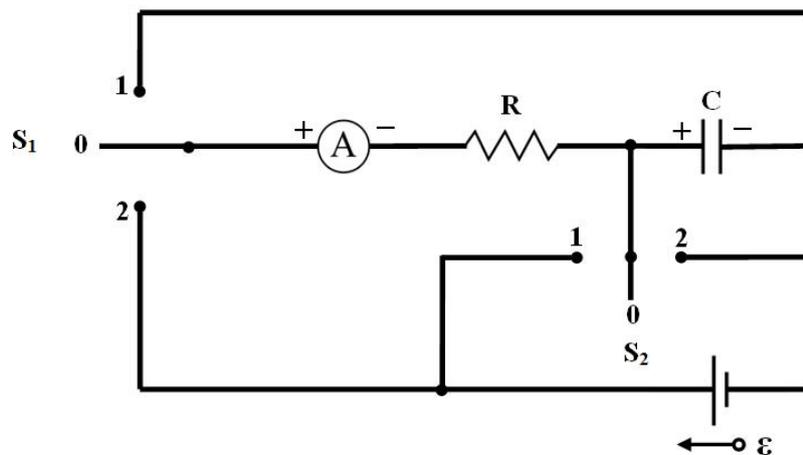


Figura 2. Esquema para a montagem do circuito RC-série sob corrente contínua.

1. Anote os valores da capacitância ( $C$ ) e da resistência ( $R$ ) do capacitor e do resistor, respectivamente;  
 $C =$  \_\_\_\_\_  $R =$  \_\_\_\_\_
2. Monte o esquema da Fig. 2, observando com cuidado as polaridades do capacitor, amperímetro e da fonte. Posicione as chaves  $S_1$  e  $S_2$  na posição “0” (posição central);
3. Ligue a fonte e ajuste-a para 20 V;  
**Observação: Antes de posicionar as chaves  $S_1$  e  $S_2$ , leiam a Tabela 3 e observem quais os circuitos deverão obter para as combinações das chaves.**

### *1ª Parte - Análise da corrente*

## II. Processo de carga do capacitor

4. Conecte o voltímetro no capacitor e verifique se a d.d.p é nula, caso não seja descarregue o capacitor instantaneamente (ver Tabela 3);

5. Conecte o voltímetro no resistor. Você pode optar por conectar simultaneamente um voltímetro no capacitor e um no resistor;
6. Posicione, sucessivamente,  $S_1$  e  $S_2$  na posição “2”, e anote os valores iniciais da corrente elétrica ( $i_0$ ), da d.d.p no capacitor ( $V_{C0}$ ) e da d.d.p no resistor ( $V_{R0}$ ) na Tabela 1. Caso esteja com o voltímetro conectado apenas no resistor, você deve conectar, posterior a medida de  $V_{R0}$ , o voltímetro no capacitor e proceder com a medida;
7. Registre o tempo para os valores da corrente no circuito, em intervalos de 0,2 mA, após ligar simultaneamente, o cronômetro e a chave  $S_2$  na posição “0”. Mantenha o cronômetro ligado até o capacitor se carregar totalmente;
8. Posicione a chave  $S_1$  para a posição “0”. Assim, você terá, as duas chaves na posição “0”. Mantenha o(s) voltímetro(s) conectado(s);

### III. Processo de descarga no capacitor

9. Posicione, sucessivamente,  $S_1$  e  $S_2$  na posição “1”, e anote os valores iniciais da corrente elétrica ( $i_0$ ), da d.d.p no capacitor ( $V_{C0}$ ) e da d.d.p no resistor ( $V_{R0}$ ) na Tabela 2. Caso esteja com o voltímetro conectado apenas no resistor, você deve conectar, posterior a medida de  $V_{R0}$ , o voltímetro no capacitor e proceder com a medida;
10. Da mesma maneira que foi realizado para o processo de carga, registre o tempo para os valores da corrente no circuito, em intervalos de 0,2 mA, após ligar simultaneamente, o cronômetro e a chave  $S_2$  na posição “0”. Mantenha o cronômetro ligado até o capacitor se descarregar totalmente;

#### *2ª parte - Análise da d.d.p nos terminais do resistor ( $V_R$ ) e do capacitor ( $V_C$ )*

11. Certifique-se de que o capacitor está descarregado, caso não esteja descarregue o capacitor instantaneamente (ver Tabela 3);
12. Posicione as chaves  $S_1$  e  $S_2$  na posição “0”;
13. Com o voltímetro conectado ao resistor, posicione a chave  $S_1$  na posição “2” e registre para os mesmos valores das correntes elétricas medidas no processo de carga, a d.d.p no resistor ( $V_R$ ) até que a corrente atinja o valor mínimo medido anteriormente, e anote os valores medidos na Tabela 1;
14. Posicione as chaves  $S_1$  e  $S_2$  na posição “0”;
15. Com o voltímetro conectado ao resistor, posicione a chave  $S_1$  na posição “0” e registre para os mesmos valores das correntes elétricas medidas no processo de descarga, a d.d.p no resistor ( $V_R$ ) até que a corrente atinja o valor mínimo, em módulo, medido anteriormente, e anote os valores medidos na Tabela 2;
16. Posicione as chaves  $S_1$  e  $S_2$  na posição “0”;
17. Certifique-se de que o capacitor está descarregado, caso não esteja descarregue o capacitor instantaneamente (ver Tabela 3);
18. Com o voltímetro conectado ao capacitor, posicione a chave  $S_1$  na posição “2” e registre para os mesmos valores das correntes elétricas medidas no processo de carga, a d.d.p no capacitor ( $V_C$ ) até que a corrente atinja o valor mínimo medido anteriormente, e anote os valores medidos na Tabela 1;
19. Posicione as chaves  $S_1$  e  $S_2$  na posição “0”;
20. Com o voltímetro conectado ao capacitor, posicione a chave  $S_1$  na posição “0” e registre para os mesmos valores das correntes elétricas medidas no processo de descarga, a d.d.p no capacitor ( $V_C$ ) até que a corrente atinja o valor mínimo, em módulo, medido anteriormente, e anote os valores medidos na Tabela 2;

Tabela 1. Dados experimentais para o processo de carga do capacitor.

| t (s) | $i \pm \Delta i$ (mA) | $V_R \pm \Delta V$ (V) | $V_C \pm \Delta V$ (V) |
|-------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 0     | $i_0 =$               | $V_{R0} =$             | $V_{C0} =$             |
|       |                       |                        |                        |
|       |                       |                        |                        |
|       |                       |                        |                        |
|       |                       |                        |                        |





| Nome | RA | Curso/Turma |
|------|----|-------------|
|      |    |             |

## Experimento VIII

### Campo magnético

#### I. Considerações gerais

O módulo campo magnético no centro de uma bobina retangular de  $N$  espiras, de lados  $a$  e  $b$ , devido á uma corrente elétrica ( $i$ ) que a percorre é dado pela expressão:

$$B_B = \frac{2N\mu_0 i(a^2+b^2)^{1/2}}{\pi ab} \quad (1)$$

O campo magnético resultante ( $\vec{B}_R$ ) no centro da espira retangular devido à contribuição da componente horizontal do campo magnético terrestre local ( $\vec{B}_T$ ) e do campo da bobina ( $\vec{B}_B$ ) é dado por:

$$\vec{B}_R = \vec{B}_T + \vec{B}_B \quad (2)$$

A Figura 1 ilustra as contribuições dos campos magnéticos  $\vec{B}_T$  e  $\vec{B}_B$  no centro da bobina retangular.

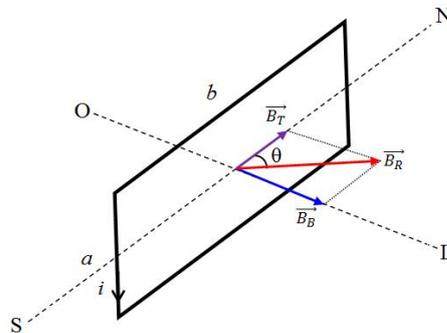


Figura 1. Contribuição do campo magnético da bobina e do campo magnético da Terra no centro de uma espira retangular. Sendo N, S, L e O são as coordenadas geográficas norte, sul, leste e oeste, respectivamente.

A relação entre o  $|\vec{B}_T|$  e  $|\vec{B}_B|$  é dada por:

$$\tan\theta = \frac{|\vec{B}_B|}{|\vec{B}_T|} \quad (3)$$

na qual  $\theta$  é o ângulo entre  $\vec{B}_T$  e  $\vec{B}_R$ .

O módulo campo magnético de uma espira quadrada, de  $N$  voltas de lado  $a$ , em função da distância, ao longo do seu eixo, percorrida por uma corrente elétrica  $i$  sendo expresso por:

$$B_B(x) = \frac{4N\mu_0 a^2 i}{\pi(a^2+4x^2)\sqrt{2a^2+4x^2}} \quad (4)$$





