



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)

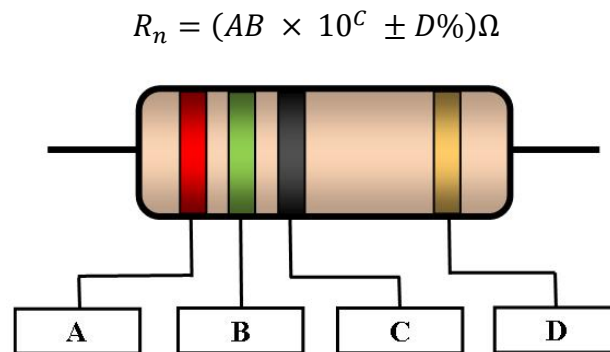


Figura 1. Código de cores para a leitura da resistência nominal (R_n) de um resistor.

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/ Ω 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 (Ω)	$(R_{EXP(auto.)} \pm \Delta R_{EXP(auto.)})$ (Ω)	$(R_{EXP(sel.)} \pm \Delta R_{EXP(sel.)})$ (Ω)
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= $\overline{\overline{\quad}}$ 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 ($A=\overline{\overline{\quad}}$ 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; ΔV : erro na medida de V_R ; ΔI : erro na medida de I_R ; δ : erro associado à razão V_R/I_R .

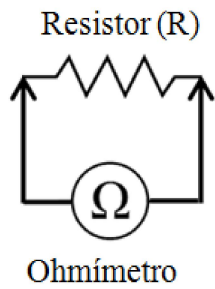


Figura 2. Esquema da montagem do ohmímetro com um resistor (R).

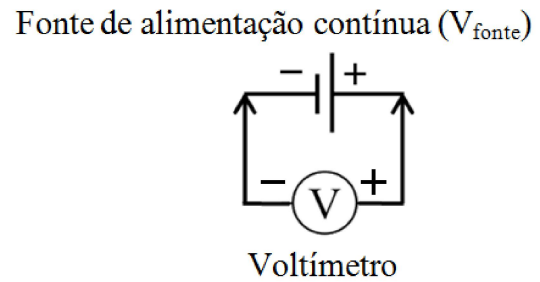


Figura 3. Esquema da montagem para a medida da d.d.p. de uma fonte de tensão contínua.

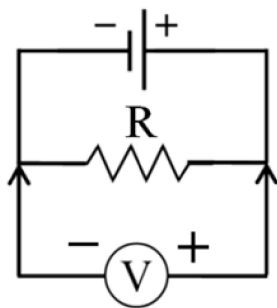


Figura 4. Esquema da montagem para a medida da d.d.p. em um resistor em um circuito.

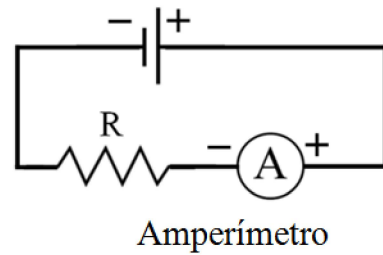


Figura 4. Esquema da montagem para a medida da d.d.p. em um resistor em um circuito.

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 _____ Ω ;

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.

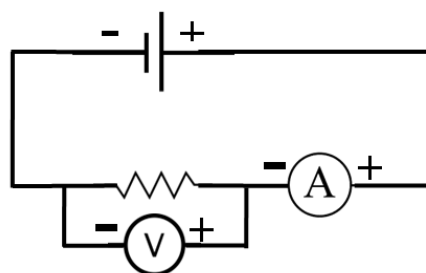


Figura 1. Circuito para medida da i em função da V .

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 α ($\alpha < 0$) 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.

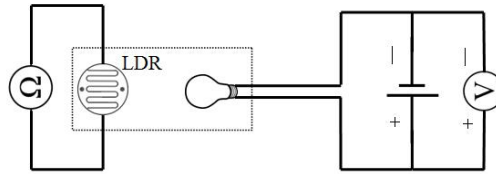


Figura 2. Conexão para a medida da resistência em função da temperatura para um foto resistor LDR.

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.

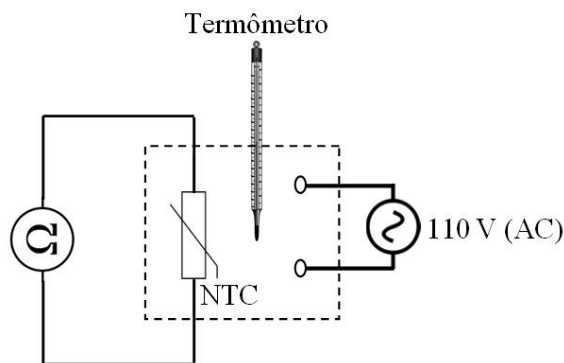


Figura 3. Sistema para a medida da resistência em função da temperatura para um termistor NTC.

Tabela 4. Dados obtidos para o resistor NTC.

$(T \pm \Delta T) \text{ }^\circ\text{C}$	T (K)	1/T (K^{-1})	$(R \pm \Delta R) \text{ } \Omega$

VI. Discussão dos resultados obtidos:

- 1) Construa um gráfico de i em função de V e um de R em função V comparando o comportamento do resistor porcelana e do filamento da lâmpada. Quais dos elementos resistivos são ôhmicos? Justifique sua resposta com base nos comportamentos dos gráficos construídos.

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 .

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

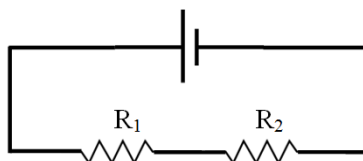


Figura 1. Esquema para a associação em série de resistores

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 .

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

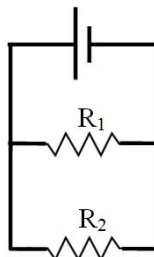


Figura 2. Esquema para a associação em paralelo de resistores.

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 Ω ;
23. Meça as d.d.p's em cada resistor e suas respectivas corrente elétricas e anote os valores medidos na Tabela 3.

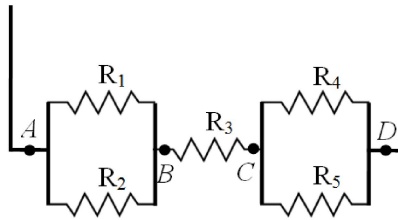


Figura 3. Associação mista de resistores.

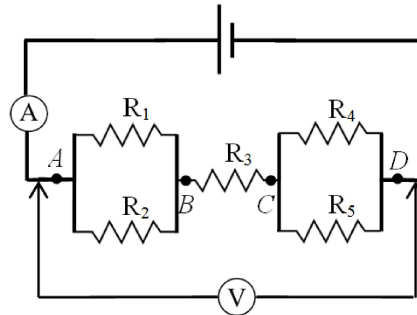


Figura 4. Esquema para a associação mista de resistores.

Tabela 3. Dados obtidos para a associação mista.

	$(R \pm \Delta R)$ (Ω)	P_{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)	ΔV_{Max} (V)
C			
D			
E			

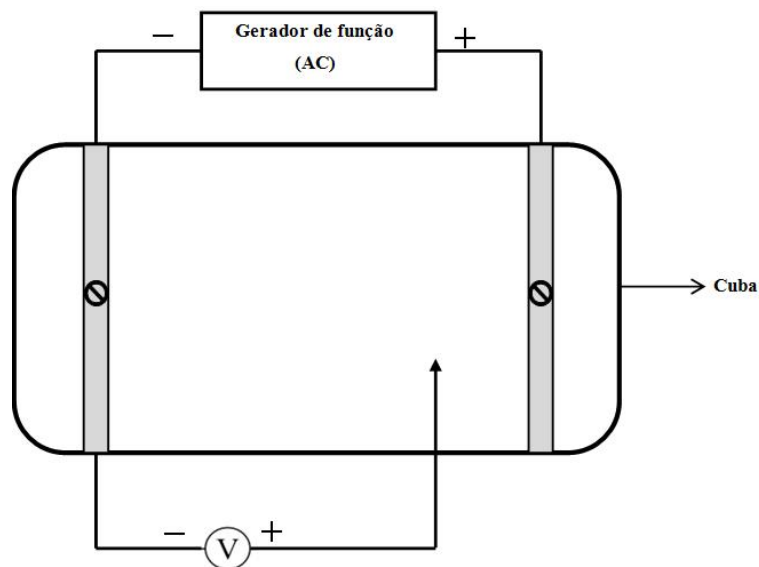


Figura 1. Sistema para a configuração do dipolo elétrico.

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_{calc}), d.d.p (V_{calc}) e a potência dissipada (P_{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;

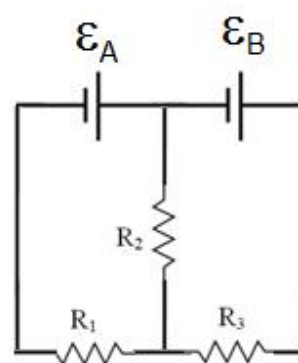


Figura 1: Circuito de duas malhas.

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 (ε_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 ε_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 ρ 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;

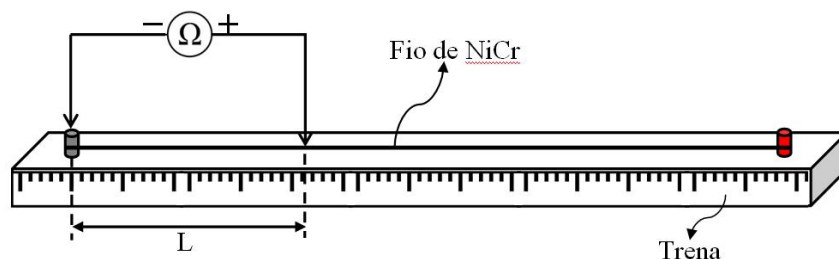


Figura 1: Sistema para a medida da resistência do fio de NiCr em função do comprimento do fio.

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.

$R \pm \Delta R$ (Ω)	$L \pm \Delta L$ (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 ²)	A ⁻¹ (m ⁻²)	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

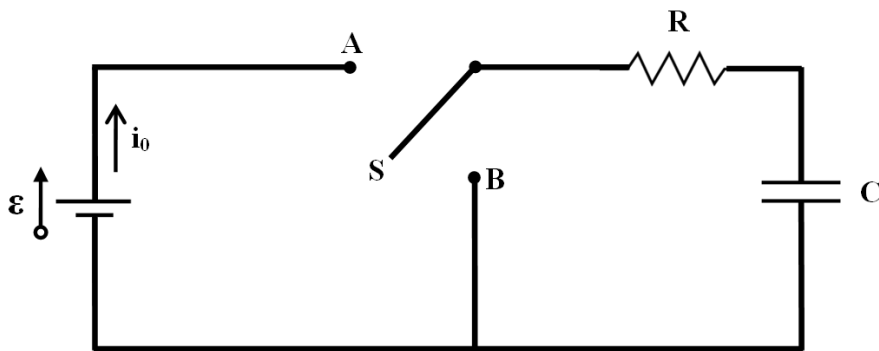


Figura 1. Circuito RC-série sob corrente contínua: (ε) f.e.m. da fonte contínua; (i_0) corrente inicial; (S) chave; (A e B) posições no circuito para conexão da chave S; (R) resistor ôhmico e (C) capacitor.

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 ε 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:

$$Q(t) = Q_{m\acute{a}x} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (7)$$

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:

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

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

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

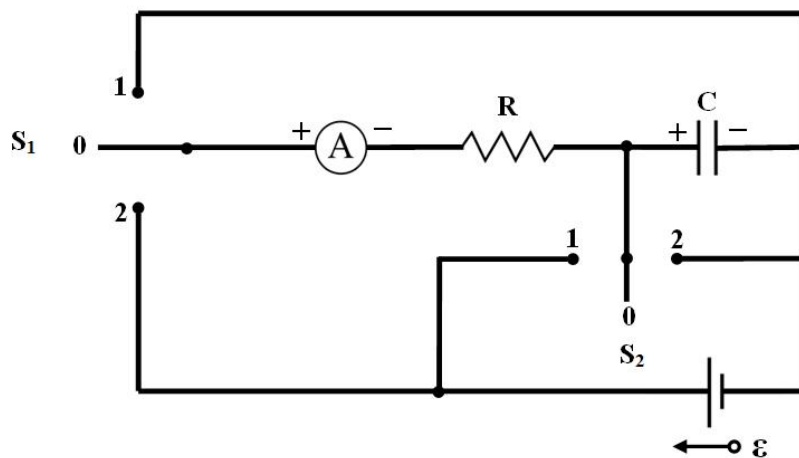


Figura 2. Esquema para a montagem do circuito RC-série sob corrente contínua.

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	$i_0 =$	$V_{R0} =$	$V_{C0} =$

Tabela 2. Dados experimentais para o processo de descarga do capacitor.

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

IV. Discussão dos resultados obtidos:

1) Demonstre as equações de (1) a (5) para o processo de carga no capacitor.

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.

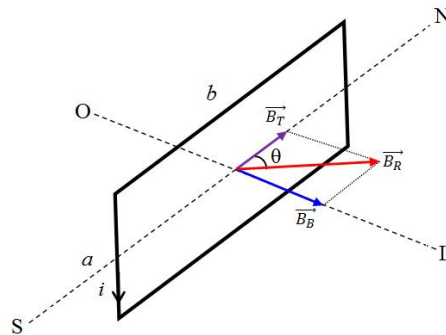


Figura 1. Contribuição do campo magnético da bobina e do campo magnético da Terra no centro de uma espira retangular. Sendo N, S, L e O são as coordenadas geográficas norte, sul, leste e oeste, respectivamente.

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 θ 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:

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

Tabela 3. Dados obtidos para as medidas dos desvios angulares da bússola em função da posição ao longo do eixo da bobina.

x (m)	$\theta \pm \Delta\theta$ (°)	$B_{B(\text{exp})} = B_{T(\text{local})} \text{Tan}\theta$	$B_{B(\text{calc})}$ (ver eq. 4)

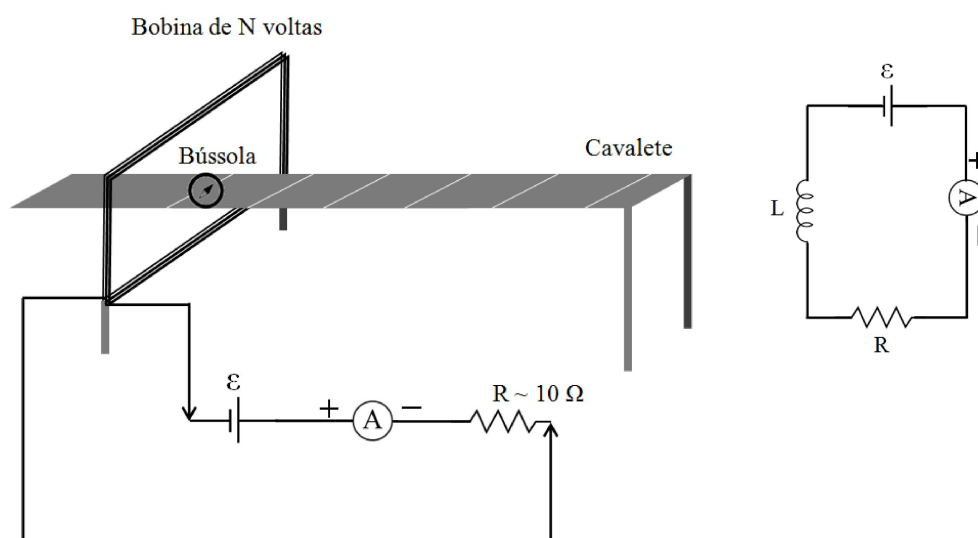


Figura 2. Esquema para a montagem de medidas de campo magnético. No circuito ao lado o indutor (L) é a bobina de N voltas.

III. Discussão dos resultados obtidos:

- 1) Discute sobre o comportamento do \vec{B}_B em função da variação da corrente elétrica.
- 2) Calcule os valores das tangentes dos desvios angulares da bússola ($\text{Tan } \theta$), anotando-os na Tabela 2, e construa o gráfico de $\text{Tan } \theta$ em função da corrente elétrica.

