



Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Campus Blumenau - BNU
Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação - CTE
Departamento de Ciências Exatas e Educação – CEE
Física Experimental III – BLU6210

Experimento 03 – Lei de Ohm

Introdução

Quando um campo elétrico eletrostático é estabelecido em um condutor, as cargas do condutor são submetidas à ação de uma força elétrica dada pela equação:

$$\vec{F} = q_0 \vec{E}$$

que produz o movimento de cargas no material em um sentido preferencial e, portanto, uma corrente elétrica. A resposta do meio material à presença do campo elétrico (relação entre a corrente e o campo) depende da natureza do meio material a uma temperatura constante.

Para uma grande variedade de materiais isotrópicos, líquidos e sólidos (especialmente metais) e excluindo-se materiais gasosos, esta relação é aproximadamente linear, dada pela Lei de Ohm:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

onde σ é uma constante característica do material, chamada de condutividade elétrica, \vec{j} é a densidade de corrente, cuja relação com a corrente I é dada por:

$$I = \int \vec{j} \cdot \hat{n} ds$$

isto é, a corrente que flui por unidade de área de seção reta.

Também é possível reescrever a equação da Lei de Ohm como:

$$\vec{E} = \rho \vec{j}$$

sendo ρ a resistividade elétrica do material, que é inversamente proporcional à condutividade elétrica e cuja relação está explicitada abaixo:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Se a Lei de Ohm é válida para um material, ρ permanece constante independente do módulo do campo elétrico (para uma temperatura constante). Para uma gama de materiais, foi observado experimentalmente que a resistividade varia com a temperatura a partir da seguinte equação:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

onde ρ e ρ_0 são respectivamente as resistividades nas temperaturas T e T_0 , α é chamado coeficiente de temperatura da resistividade, que é geralmente positivo para metais, podendo assumir valores negativos para materiais semicondutores.

A partir das equações anteriores é possível relacionar o valor da corrente I com a diferença de potencial V nas extremidades de um condutor. Se considerarmos um fio condutor de comprimento L e seção reta uniforme de área A , a corrente será dada por:

$$I = JA$$

e a diferença de potencial por:

$$V = EL$$

Substituindo essas igualdades na Lei de Ohm, obtém-se que:

$$V = \frac{\rho L}{A} I$$

sendo

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

onde R é denominada a resistência do material e é constante se ρ possui um valor constante.

Essa expressão é uma segunda versão da Lei de Ohm, a qual indica a proporcionalidade linear entre a corrente e a diferença de potencial (assim como há uma proporcionalidade linear entre o campo elétrico e a densidade de corrente na outra versão da Lei de Ohm). A unidade de medida de resistência no sistema internacional de medidas é denominada ohm (Ω), sendo

$$1 \Omega = 1 V/A$$

ou seja, uma corrente de $1 A$ atravessando uma resistência de 1Ω produz uma queda de potencial de $1 V$.

A Lei de Ohm não é uma “Lei fundamental” (como a segunda Lei de Newton) e sim um modelo idealizado que descreve empiricamente o comportamento de alguns materiais, isto é, não descreve o comportamento geral para qualquer material. Existem materiais que não possuem comportamento linear entre tensão e corrente, e esses são chamados de materiais não-ôhmicos ou não lineares, como por exemplo diodos e LEDs, transistores e lâmpadas de neon.

Os resistores são utilizados em circuitos elétricos para diferentes fins. Esses dispositivos podem ser associados em série ou em paralelo, conforme ilustrado na Figura 01, com o intuito de se obter uma resistência particular no circuito.

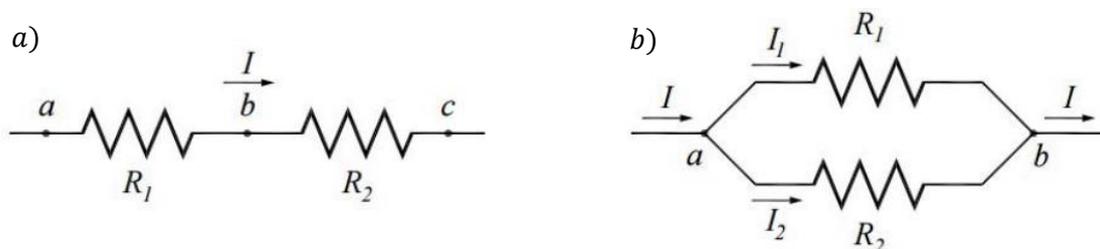


Figura 01: Resistores associados a) em série e b) em paralelo.

A resistência total dessas associações (configuração em série e em paralelo de dois resistores) pode ser substituída por uma resistência equivalente R_{eq} , conforme ilustrado na Figura 02.

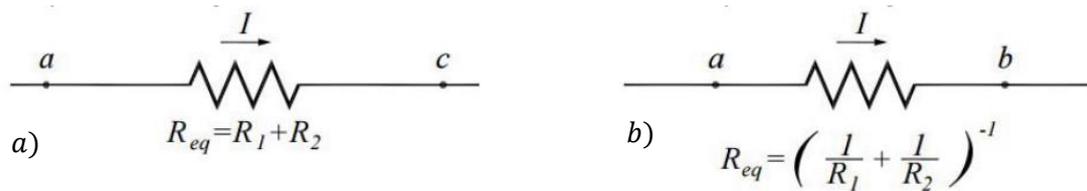


Figura 02: Resistência equivalente de dois resistores associados a) em série e b) em paralelo.

Para demonstrar o resultado apresentado na Figura 02, vamos considerar inicialmente apenas dois resistores. Na associação em série, a soma das diferenças de potencial em cada resistor é igual à diferença de potencial total aplicada sobre o conjunto:

$$V = V_{ab} + V_{bc}$$

$$V = R_1 I + R_2 I$$

$$V = (R_1 + R_2) I$$

$$V = R_{eq} I$$

sendo R_{eq} a resistência equivalente do circuito e definida como:

$$R_{eq} = \frac{V}{I} = R_1 + R_2$$

No caso de N resistores associados em série, a resistência equivalente é a soma das resistências de todos os N resistores:

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^N R_i$$

Na associação em paralelo, a tensão V nos terminais de cada resistor é a mesma. Assim, a soma das correntes em cada ramo é igual à corrente total do conjunto:

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

$$I = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}}$$

sendo R_{eq} a resistência equivalente do circuito e definida como:

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

No caso de N resistores associados em paralelo, o inverso da resistência equivalente é a soma dos inversos de cada uma das N resistências:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$$

Objetivos

- Demonstrar experimentalmente a Lei de Ohm;
- Determinar a resistência de diferentes resistores;
- Verificar as propriedades das associações de resistores.

Resumo do Experimento

Nesse experimento será estudado o comportamento de circuitos compostos por uma fonte de tensão (contínua) e diferentes configurações de associações de resistores (isolados, em série e em paralelo) para verificar a validade da Lei de Ohm ($V = RI$), onde V é a diferença de potencial e I é a corrente resultante através do resistor (de resistência elétrica R).

Materiais

- 1 Multímetro;
- 1 Protoboard;
- 3 Resistores ($R_1 = 330 \Omega$, $R_2 = 470 \Omega$ e $R_3 = 560 \Omega$);
- 1 Fonte de tensão "DC Programmable Power Supply PI-9889";
- 4 Cabos com extremidade de conexão banana;
- 4 Conectores tipo jacaré;
- Jumpers (quantidade necessária).

Procedimento Experimental

Serão realizados cinco diferentes procedimentos experimentais. No procedimento A será medida a corrente que atravessa cada resistor isolado (R_1 , R_2 e R_3) em função da diferença de potencial aplicada, a fim de inferir a resistência de cada resistor. No procedimento B serão utilizados três resistores ligados em série formando um circuito fechado com a fonte de corrente contínua. No procedimento C, os resistores serão associados em paralelo, formando um circuito fechado com a fonte de corrente contínua. Nos procedimentos D e E serão montados dois circuitos com associações mistas em série e paralelo. Cada procedimento será explicado em detalhes a seguir.

Procedimento A

- 1) Ligue a fonte de tensão;
- 2) Aperte o botão "Stop" da fonte de tensão (para cortar a tensão), o led verde "Voltage" começará a piscar;
- 3) Conecte a fonte e o amperímetro no resistor R_1 utilizando os conectores do tipo jacaré, conforme esquema ilustrado na Figura 01. OBS: Para evitar avaria no amperímetro, inicie com a escala de 20 A, e caso haja necessidade, mude a escala para 200 mA;

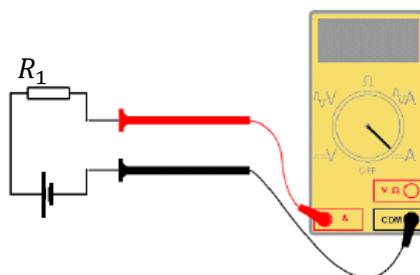


Figura 01: Esquema de montagem do procedimento A.

- 4) Selecione a tensão 0 V na fonte de tensão e em seguida aperte o botão "Start" na própria fonte;
- 5) Faça a leitura da corrente no amperímetro e registre as medidas na Tabela I;
- 6) Em seguida mude a tensão para 0,1 V (por meio do seletor "Coarse") e faça a leitura da corrente no amperímetro, registrando as medidas na Tabela I;
- 7) Repita o procedimento variando a tensão de 0,1 V em 0,1 V até 1,0 V;
- 8) Faça o mesmo procedimento para os outros dois resistores disponíveis (R_2 e R_3).

Procedimento B

- 1) Coloque a fonte de tensão em 0 V e aperte o botão "Stop", o led verde "Voltage" começará a piscar;
- 2) Utilize a protoboard para montar uma associação em série dos resistores $R_1 = 330 \Omega$, $R_2 = 470 \Omega$ e $R_3 = 560 \Omega$ e utilizando os conectores jacarés e jumpers, conecte a fonte e o amperímetro na associação de resistores em série, conforme ilustrado na Figura 02. OBS: Para evitar avaria no amperímetro, inicie com a escala de 2 A, e caso haja necessidade, mude a escala para 200 mA;

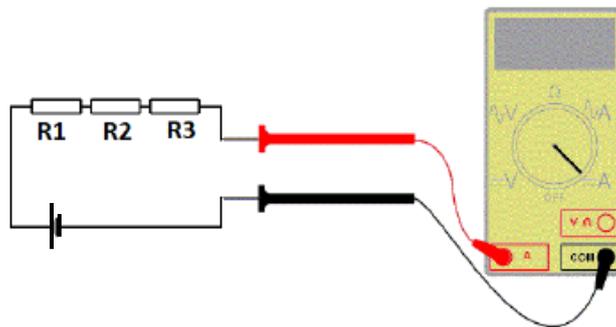


Figura 02: Esquema de montagem do procedimento B.

- 3) Selecione a tensão 0 V na fonte de tensão e em seguida aperte o botão "Start" na própria fonte;
- 4) Faça a leitura da corrente no amperímetro e registre a medida na Tabela II;
- 5) Em seguida mude a tensão para 0,1 V (por meio do seletor "Coarse") e faça a leitura da corrente no amperímetro, registrando a medida na Tabela II;
- 6) Repita o procedimento variando a tensão de 0,1 V em 0,1 V até 1,0 V e anote as medidas na Tabela II.

Procedimento C

- 1) Coloque a fonte de tensão em 0 V e aperte o botão "Stop", o led verde "Voltage" começará a piscar;
- 2) Utilize a protoboard para montar a configuração em paralelo dos resistores $R_1 = 330 \Omega$, $R_2 = 470 \Omega$ e $R_3 = 560 \Omega$ e utilizando os conectores jacarés e jumpers, conecte a fonte e o amperímetro na associação em paralelo dos resistores, conforme Figura 03.

OBS: Para evitar avaria no amperímetro, inicie com a escala de 2 A, e caso haja necessidade, mude a escala para 200 mA;

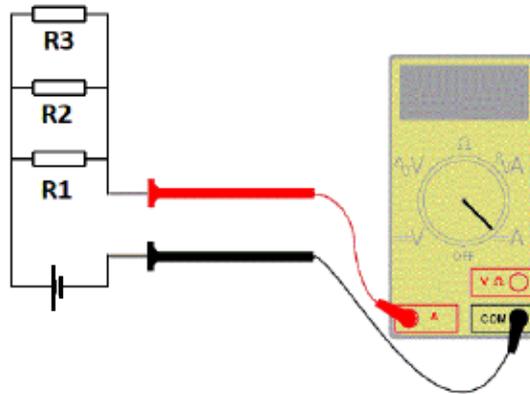


Figura 03: Esquema de montagem do procedimento C.

- 3) Selecione a tensão 0 V na fonte de tensão e em seguida aperte o botão "Start" na própria fonte;
- 4) Faça a leitura da corrente no amperímetro e registre a medida na Tabela III;
- 5) Em seguida mude a tensão para 0,1 V (por meio do seletor "Coarse") e faça a leitura da corrente no amperímetro, registrando a medida na Tabela III;
- 6) Repita o procedimento variando a tensão de 0,1 V em 0,1 V até 1,0 V, completando a Tabela III.

Procedimento D

- 1) Coloque a fonte de tensão em 0 V e aperte o botão "Stop", o led verde "Voltage" começará a piscar;
- 2) Utilize a protoboard, conectores jacarés, jumpers, os resistores, a fonte e o amperímetro para montar a configuração ilustrada na Figura 04. OBS: Para evitar avaria no amperímetro, inicie com a escala de 2 A, e caso haja necessidade, mude a escala para 200 mA;

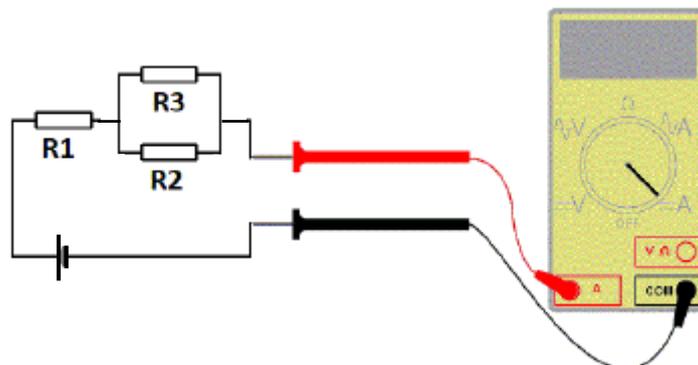


Figura 04: Esquema de montagem do procedimento D.

- 3) Selecione a tensão 0 V na fonte de tensão e em seguida aperte o botão "Start" na própria fonte;

- 4) Faça a leitura da corrente no amperímetro e registre a medida na Tabela IV;
- 5) Em seguida mude a tensão para 0,1 V (por meio do seletor "Coarse") e faça a leitura da corrente no amperímetro, registrando a medida na Tabela IV;
- 6) Repita o procedimento variando a tensão de 0,1 V em 0,1 V até 1,0 V, completando a Tabela IV.

Procedimento E

- 1) Coloque a fonte de tensão em 0 V e aperte o botão "Stop", o led verde "Voltage" começará a piscar;
- 2) Utilize a protoboard, conectores jacarés, jumpers, os resistores, a fonte e o amperímetro para montar a configuração ilustrada na Figura 05. OBS: Para evitar avaria no amperímetro, inicie com a escala de 2 A, e caso haja necessidade, mude a escala para 200 mA;

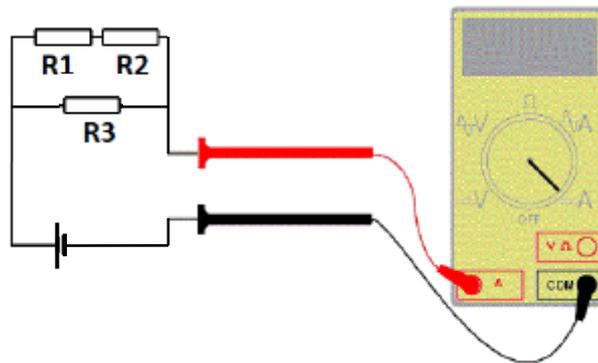


Figura 05: Esquema de montagem do procedimento E.

- 3) Selecione a tensão 0 V na fonte de tensão e em seguida aperte o botão "Start" na própria fonte;
- 4) Faça a leitura da corrente no amperímetro e registre a medida na Tabela V;
- 5) Em seguida mude a tensão para 0,1 V (por meio do seletor "Coarse") e faça a leitura da corrente no amperímetro, registrando a medida na Tabela V;
- 6) Repita o procedimento variando a tensão de 0,1 V em 0,1 V até 1,0 V, completando a Tabela V.