

PRIMEIRA E SEGUNDA LEIS DE OHM

Introdução

No início do século XIX, Georg Simon Ohm verificou experimentalmente que, para alguns condutores, a relação entre a tensão aplicada (V) e a corrente elétrica (I) é uma proporção direta. A constante de proporcionalidade desta relação foi denominada resistência elétrica do material. A resistência elétrica é dada em V/A , usualmente abreviada por ohm (Ω). Assim, de acordo com os experimentos de Ohm, a **1ª Lei de Ohm** é dada por:

$$V = RI \quad (1)$$

A 1ª Lei de Ohm não é uma lei de fundamental, mas uma forma de classificar certos materiais. Os materiais que obedecem à 1ª Lei de Ohm, sintetizada pela Equação (1), são ditos ôhmicos. Para estes materiais, o comportamento do gráfico $V \times I$ é uma reta, cuja inclinação corresponde ao valor da resistência elétrica do material. A resistência elétrica de um material está relacionada com o quanto esse material resiste à passagem de corrente elétrica. Como exemplo de materiais ôhmicos, serão estudados os resistores ôhmicos. A obtenção da curva $V \times I$ permitirá verificar a proporcionalidade entre a tensão aplicada e a corrente elétrica do circuito.

Materiais que não obedecem à Lei de Ohm são denominados não ôhmicos. A relação entre a corrente elétrica e a tensão para esses materiais não obedece a nenhuma relação específica e sua representação gráfica pode ser qualquer tipo de curva, exceto uma reta. Um exemplo deste material é o diodo de junção pn, cujo comportamento será estudado nesta prática. Dentre os diodos de junção pn, existe uma classe especial que é denominada LED (diodos emissores de luz). Para estes dispositivos, a aplicação de uma polarização direta (tensão direta) com valor superior a determinado limiar permite a passagem de uma corrente elétrica. Quando uma corrente atravessa a junção o processo de recombinação dos portadores de carga faz com que ocorra a emissão de luz, com frequência muito bem definida e dependente do tipo de material usado no semicondutor. Assim, a cor da luz do LED não vem do plástico que o envolve, mas depende do material semicondutor usado e das impurezas adicionadas ao material. Se um LED usa plástico vermelho, é porque este plástico tem a mesma cor da luz emitida e não é ele que determina essa radiação; LEDs com plástico transparente ou branco podem emitir luz de diversas cores.

A Figura 1 mostra a estrutura de um LED, onde são evidenciados o catodo (-) e o anodo (+). Esse dispositivo estará polarizado diretamente quando o anodo for positivo em relação ao catodo.

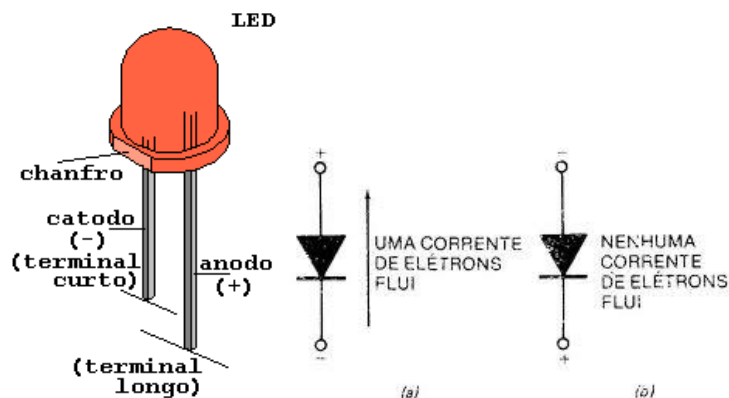


Figura 1: Estrutura interna de um LED e representação simbólica¹.

A resistência elétrica de um LED varia com a tensão aplicada. Assim, quando o LED começa a conduzir, sua resistência elétrica cai causando um aumento muito rápido da corrente. A tensão de limiar característica que cada LED é caracterizada pelo valor de tensão a partir do qual há correntes significativamente maiores do que as correntes “térmicas”, que são as correntes muito baixas que surgem em valores de tensão próximos ao valor da tensão limiar. Para determinar o valor da tensão limiar, é feita uma extrapolação linear como a apresentada na Figura 1, na qual é possível observar que os valores de correntes muito baixas não são incluídos nos dados selecionados para o ajuste. Valores típicos de tensão limiar são apresentados na Tabela 1.

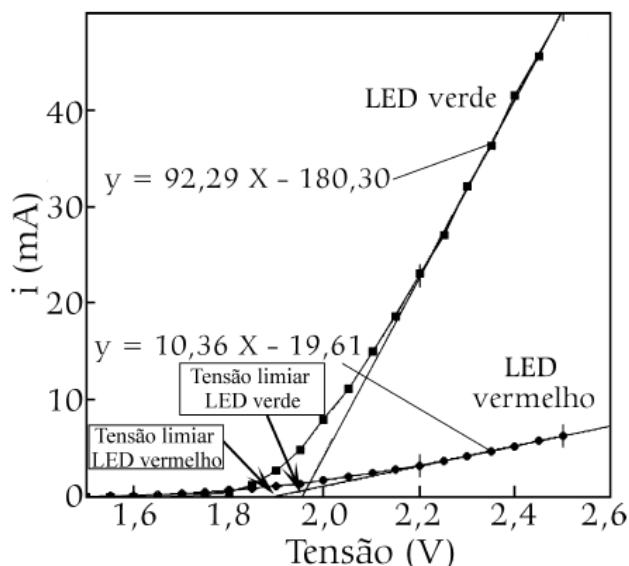


Figura 2: Extrapolação linear para estimativa do valor de tensão limiar do LED².

¹<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096.html>, acessado em 05/03/2012.

² Figura retirada do artigo “Uma Aula sobre o Efeito Fotoelétrico no Desenvolvimento de Competências e Habilidades”, Marisa de Almeida

Tabela 1: Tensão limiar para emissão de luz em diferentes LEDs

Cor	Infravermelho	Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Branco
V_{LED} (V)	1,6	1,6	1,8	1,8	2,1	2,7	2,7

De acordo com a **2ª Lei de Ohm**, a resistência elétrica (R) de um condutor homogêneo de secção transversal constante é dependente das características geométricas do condutor. Seu valor é diretamente proporcional ao comprimento ℓ , inversamente proporcional à área de secção transversal A e depende do material do qual o condutor é feito. Deste modo, podemos expressar a 2ª Lei de Ohm como:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (5)$$

onde ρ é a resistividade elétrica do material, dada em $\Omega \cdot m$ no SI.

Observe atentamente na Figura 3 os parâmetros geométricos utilizados no cálculo da resistência elétrica.

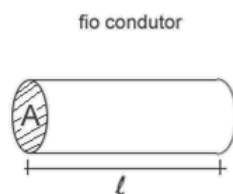


Figura 3: Esquema de um resistor com os parâmetros geométricos usados no cálculo da resistência elétrica.

A resistividade elétrica é uma característica do material usado na constituição do resistor e é dependente da temperatura. Essa característica permite classificar os materiais como condutores, semicondutores e isolantes. Os valores de resistividade do material são tabelados e esta informação pode ser encontrada facilmente na literatura técnica (Tabela 3)³.

Cavalcante, Cristiane R. C. Tavoraro, Dione Fagundes de Souza e João Muzinatti, Física na Escola, vol. 3, n1. 2002.

³ H.D. Young; R. A. Freedman, Física III - Eletromagnetismo, 12ª edição, 2009 e <http://edufer.free.fr/026.html>, acessado em 05/03/2012.

Tabela 3: Valores de resistividade elétrica, à temperatura ambiente.

Material	Resistividade elétrica ($\Omega \cdot m$)
Prata	$1,47 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,72 \times 10^{-8}$
Ouro	$2,44 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
Latão (Cu 60%, Zn 40%)	$8,18 \times 10^{-8}$
Ferro	10×10^{-8}
Aço	20×10^{-8}
Constantan (Cu 60%, Ni 40%)	49×10^{-8}
Porcelana	10^{17}
Borracha	10^{19}
Parafina	10^{25}
Bromo	10^{26}
PET	10^{28}

Atividade experimental

1. Objetivos

O objetivo desta atividade prática é contribuir para a compreensão da 1ª e 2ª Leis de Ohm.

2. Materiais e Métodos

Os materiais necessários para realização deste experimento são:

- Fonte de tensão elétrica;
- Cabos;
- Multímetros;
- Jumpers;
- Placa de teste;
- LEDs;
- Resistores⁴;
- 2 ponteiras (vermelha/verde e preta/azul);
- 2 régua fios metálicos.

⁴ **Observação:** Não utilizar resistores com resistências muito elevadas (acima de 15 k Ω). Você sabe qual a razão dessa restrição?

Roteiro Experimental:

1ª Parte: 1ª Lei de Ohm

- i. Efetue a medida da resistência do resistor disponível na bancada com o multímetro e anote o valor na Tabela 2.
- ii. Monte o circuito de acordo com a Figura 3, seguindo os procedimentos de segurança aprendidos na aula anterior. Muita atenção para a inserção dos instrumentos. A colocação do amperímetro equivocadamente em paralelo no circuito levará a sua queima. A sugestão que o voltímetro seja posicionado de forma que possam ser feitas as medidas de tensão nos dois elementos (resistor e LED) de forma rápida, alterando apenas a conexão de um dos cabos do instrumento no circuito. Este procedimento, contudo, levará a medida de uma das tensões em polaridade invertida, devendo a medida ser anotada na polaridade correta.

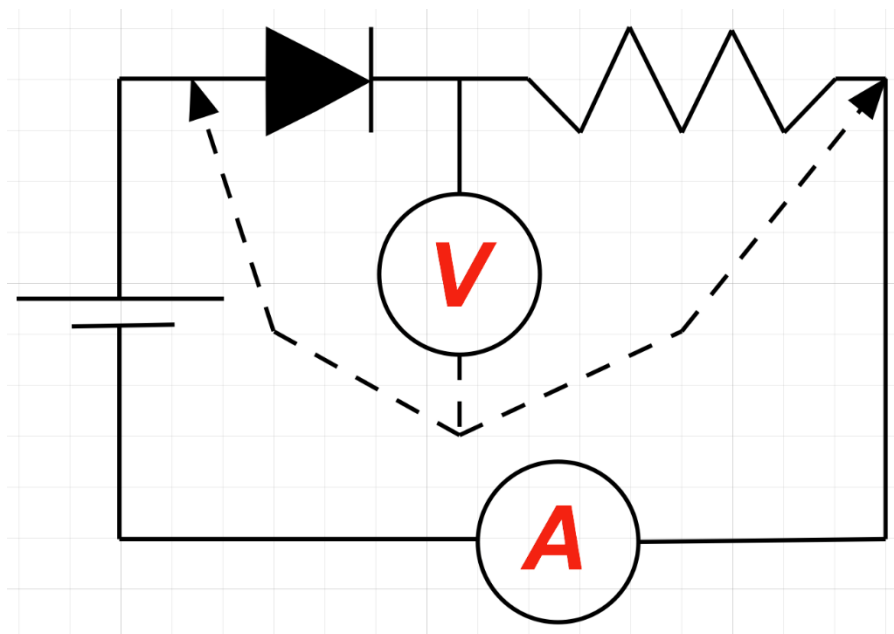


Figura 3: Esquema de ligação do circuito com resistor e LED da experiência de 1ª Lei de Ohm.

- iii. Aplicando os valores de tensão indicados na Tabela 2, meça a tensão no resistor e no LED, utilizando sempre a escala mais adequada.
- iv. Considerando os valores das grandezas medidas no LED, calcule o valor da resistência para cada valor de tensão, usando a 1ª Lei de Ohm, para preencher a última coluna da Tabela 2. Esse cálculo poderá ser feito em casa.

2ª Parte: 2ª Lei de Ohm

- i. Conecte as ponteiros nos respectivos bornes do multímetro na função ohmímetro.
- ii. Meça o valor da resistência interna do ohmímetro na escala de 200 Ω (que será a escala usada no experimento). Para tanto, encoste as ponteiros uma na outra e verifique o valor indicado no instrumento. Há um espaço para anotar esse valor na Tabela 2.
- iii. Meça os valores de resistência correspondentes a cada um dos comprimentos sugeridos na Tabela 2 para as duas régua de Constantan. A escala de medição escolhida deve ser sempre a mais adequada para fornecer a leitura com maior precisão.
- iv. Subtraia de cada valor do item iii o valor determinado no item ii, pois os valores do item iii são referentes à associação em série da resistência interna do instrumento com a resistência do fio metálico.

3. Tabela de Dados

Tabela 2: Dados coletados na atividade prática sobre a 1ª lei de Ohm.

Circuito com Resistor e LED							
Resistência Medida do Resistor :				(_____ \pm _____)		k Ω	
Tensão sugerida na Fonte	Tensão Medida no Resistor	σ_b	Tensão Medida no LED	σ_b	I_{medida}	σ_b	Resistência calculada do LED
(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(mA)	(mA)	(Ω)
0,5							
1,0							
1,1							
1,2							
1,3							
1,4							
1,5							
1,6							
1,7							
1,8							
1,9							
2,0							
3,0							
4,0							
5,0							

Tabela 3: Valores de resistência obtidos para diferentes comprimentos e espessura de fio.

Resistência Interna do ohmímetro: _____				
Material: Constantan; Diâmetro: 0,20 mm				
Comprimento (mm)	σ_b (mm)	Resistência (Ω)	$\sigma_b (= \sigma_c)$ (Ω)	Resultado de R
400	1			(_____ \pm _____) _____
800	1			(_____ \pm _____) _____
1200	1			(_____ \pm _____) _____
1600	1			(_____ \pm _____) _____
2000	1			(_____ \pm _____) _____
Material: Constantan; Diâmetro: 0,40 mm				
Comprimento (mm)	σ_b (mm)	Resistência (Ω)	$\sigma_b (= \sigma_c)$ (Ω)	Resultado de R
400	1			(_____ \pm _____) _____
800	1			(_____ \pm _____) _____
1200	1			(_____ \pm _____) _____
1600	1			(_____ \pm _____) _____
2000	1			(_____ \pm _____) _____

4. Discussão

1ª Parte:

1. Construa um gráfico de V (eixo y) x I (eixo x) com os dados da Tabela 2. Faça o gráfico plotando os pontos com as suas respectivas incertezas.
2. Qual o formato das curvas obtidas (para o resistor e para o LED)? Estes componentes obedecem a 1ª Lei de Ohm? Explique.
3. Para os dados do resistor, faça um ajuste linear e determine a resistência do resistor com a sua respectiva incerteza (no SI). Além do gráfico faça um “print screen” dos parâmetros do ajuste.
4. Compare o resultado obtido no item anterior com os valores determinados na medida da resistência pelo ohmímetro, determinando a diferença percentual entre os valores.
5. Com os dados do LED, faça um ajuste linear com os valores de corrente significativamente maiores do que as correntes “térmicas” e determine a tensão limiar do LED com a sua respectiva incerteza (no SI). Além do gráfico faça um “print screen” dos parâmetros do ajuste. Atente que o gráfico pedido no item 2 tem eixos diferentes dos eixos da Figura 2.
6. Qual o comportamento da resistência do LED com a tensão? Para responder, calcule um valor estimado para a resistência do LED em cada ponto de medida de tensão e corrente usando a **relação da 1ª Lei de Ohm** (complete a última coluna da Tabela 2). Compare este comportamento com o comportamento da resistência dos resistores.

2ª Parte:

1. Para cada das réguas, construa gráficos da resistência por comprimento/área ($R \times L/A$) ou resistência por comprimento ($R \times L$).
2. Que comportamento deve ter esta curva?
3. Faça o ajuste adequado para essa curva e um “print screen” dos parâmetros do ajuste.
4. Determine graficamente as resistividades e utilize os valores obtidos no ajuste para calcular a incerteza na determinação da resistividade.
5. Compare os valores obtidos com os valores tabelados.
6. Considerando a 2ª Lei de Ohm, discuta a dependência esperada da resistência com o comprimento e com o diâmetro e compare com os dados experimentais obtidos.