



CARACTERIZAÇÃO DE COMPONENTES ELETÔNICOS: explorando a lei de Ohm com experimentos didáticos

Márcio Boer RIBEIRO¹

RESUMO

Tradicionalmente, no último ano do ensino médio, estuda-se os fundamentos da teoria eletromagnética. Esses assuntos exigem, em geral, a interpretação de modelos e conceitos nem sempre muito claros para o estudante. Nesse trabalho propomos uma abordagem de tais conceitos baseado na experimentação, através da caracterização de componentes eletrônicos por meio de sua resposta a um campo elétrico controlado.

INTRODUÇÃO

A Física Clássica tem sua maior ênfase no currículo escolar a partir do primeiro ano do ensino médio. Encarada com certa dificuldade, uma alternativa para evidenciar sua relevância prática é o enfoque nos elementos vivenciais e cotidianos do estudante e, a partir daí, formular os princípios gerais da Física consistentes com sua aplicabilidade (GREF, 2000). Escolher o tema e uma linguagem que são comuns ao professor e seu estudante é o primeiro passo. Investir na preparação de uma atividade experimental pode ser uma alternativa.

Nesse trabalho o foco é o conteúdo do terceiro ano do ensino médio que, geralmente, apresenta maior dificuldade por exigir, em alguns assuntos, interpretação de modelos e fenômenos com grande abstração conceitual, por exemplo a noção de campo elétrico e suas propriedades. Nosso objetivo será a caracterização de componentes eletrônicos por meio de sua resposta a um campo elétrico local, pela comparação entre suas curvas ôhmicas.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Pouso Alegre/MG – E-mail: marcio.ribeiro@ifsuldeminas.edu.br .

O MODELO

Isoladamente, um átomo é eletricamente neutro. Para formar, por exemplo, um fio metálico, um número muito grande desses átomos se combinam numa estrutura chamada de rede cristalina. Cada átomo metálico perde, geralmente, um ou dois elétrons tornando-se íons positivos (GREF, 2000). Os elétrons livres que ficam vagando pelos espaços vazios entre os íons da rede cristalina, serão os responsáveis pela alta condutividade elétrica dos metais, figura 1:

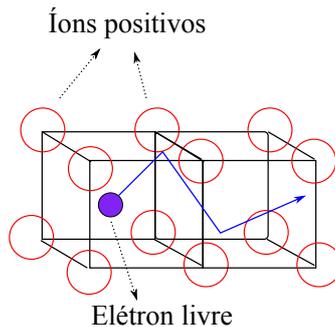


Figura 1: Representação esquemática tridimensional da rede cristalina de um metal. Fonte: elaborada pelo autor.

A condutividade elétrica é a resposta do material a um campo elétrico externo. Essa resposta caracteriza-se por um movimento organizado dos elétrons livres no interior do condutor, que só acontece quando ligado numa fonte de energia elétrica. Assim, o movimento “imposto” pela força elétrica sobre essas cargas sobrepõe o movimento aleatório de origem térmica, resultando no aparecimento de uma corrente elétrica, figura 2:

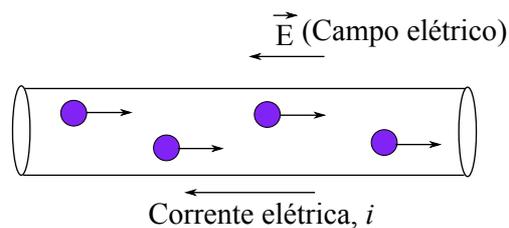


Figura 2: Movimento organizado dos elétrons livres no interior do condutor. Fonte: elaborada pelo autor.

Se uma carga elétrica Δq atravessa uma seção reta de um fio num intervalo de tempo Δt , a intensidade da corrente nesse local será $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$. Podemos definir ainda outra grandeza: a densidade de corrente, \vec{j} . Ela nos dá uma visão localizada de um ponto no condutor onde se estuda o fluxo de carga através de uma seção de

área A . A direção e o sentido de \vec{j} serão iguais aos da velocidade dos portares de carga positivos:

$$J = \frac{i}{A} \quad (1)$$

Em 1826 a lei de Ohm foi formulada por analogia com a lei da condução do calor. Nela, relaciona-se a densidade de corrente que se estabelece no condutor em resposta a um campo elétrico aplicado:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (2)$$

O termo σ é a condutividade elétrica do material.

Nos livros do Ensino Médio, “desdobra-se” a lei de Ohm em duas equações por questões didáticas. Podemos obtê-las a partir da equação 2. Admita que entre os extremos A e B do condutor, de comprimento ℓ , foi aplicada uma diferença de potencial V que deu origem ao campo elétrico uniforme E ; a integral de linha $V = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$ é simplificada na forma $E\ell = V$ (Nussenzveig, 2006). Assim, combinando esse resultado com a definição de densidade de corrente, teremos:

$$\frac{i}{A} = \sigma \frac{V}{\ell} \Rightarrow V = \frac{1}{\sigma} \frac{\ell}{A} i \quad (3)$$

Na equação 3, o termo $\frac{1}{\sigma} = \rho$ é chamado de resistividade elétrica do material e a combinação $\rho \frac{\ell}{A} = R$ é a resistência elétrica do material. Assim,

$$V = Ri \quad (4)$$

e

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

A resistência elétrica de um material quantifica o fato de que uma mesma diferença de potencial e, portanto, um mesmo campo elétrico geram correntes elétricas de intensidades diferentes em condutores diferentes (GASPAR, 2000). Como elemento de circuito, o resistor é um componente elétrico destinado, em geral, a limitar a intensidade dessa corrente elétrica. Sua função é converter, exclusivamente, energia elétrica em calor. De fabricação industrial e para aplicação em eletrônica, o valor de sua resistência elétrica é bem

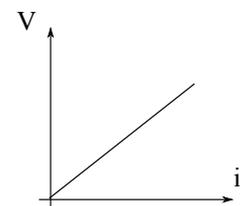


Figura 3: Exemplo de um gráfico de um resistor ôhmico. Fonte: elaborada pelo autor.

determinado. Sua caracterização pode ser feita através da curva I versus V , curva ôhmica. Resistores ôhmicos (ou lineares) são aqueles em que o gráfico I versus V é uma reta, e o coeficiente angular é o valor da resistência elétrica do resistor, figura 3.

MATERIAL E MÉTODOS

A expressão curva característica é muito usada em eletricidade e eletrônica. Monta-se um circuito elétrico num laboratório com o componente que se deseja estudar e, em seguida, é feito o estudo funcional de grandezas como I versus V , V versus R ou R versus I (GASPAR, 2000). Nesse trabalho, adotaremos a curva corresponde ao gráfico I versus V . Utilizamos um resistor comercial com valor fixo de $100 \Omega \pm 5\%$ e um *led* (diodo emissor de luz) de cor verde, facilmente encontrados nas lojas especializadas em componentes eletrônicos.

Para a coleta dos dados da curva característica do resistor e do *led*, montamos os circuitos elétricos a seguir:

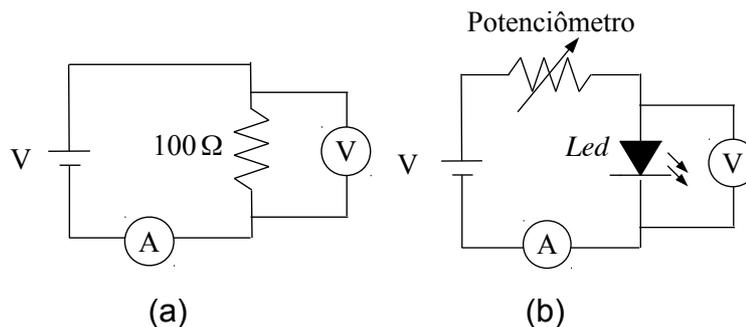


Figura 4: (a) Circuito elétrico para determinação da curva I versus V para o resistor. Fonte: elaborada pelo autor; (b) Circuito elétrico para determinação da curva I versus V do *led*. Fonte: elaborada pelo autor.

Nos diagramas da figura 4, V é uma fonte de tensão contínua variável. Para o experimento com o resistor de 100Ω , variamos a tensão na fonte desde 0 até 1,0 V, anotando as indicações do amperímetro e do voltímetro, figura 4(a). Na figura 4(b), nota-se que os terminais do voltímetro foram conectados de forma que se meça a diferença de potencial aplicada ao *led*; o amperímetro medirá a corrente através dele. O potenciômetro (de resistência máxima de 4,7 k Ω) limita a corrente no *led*, impedindo eventual sobrecarga. Variamos a tensão na fonte, monitorando a diferença de potencial no *led* e a indicação no amperímetro. Tabulamos, assim como fizemos para o resistor de 100Ω , a tensão em função da intensidade da corrente para o componente em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva característica I versus V para o resistor é mostrada na figura a seguir:

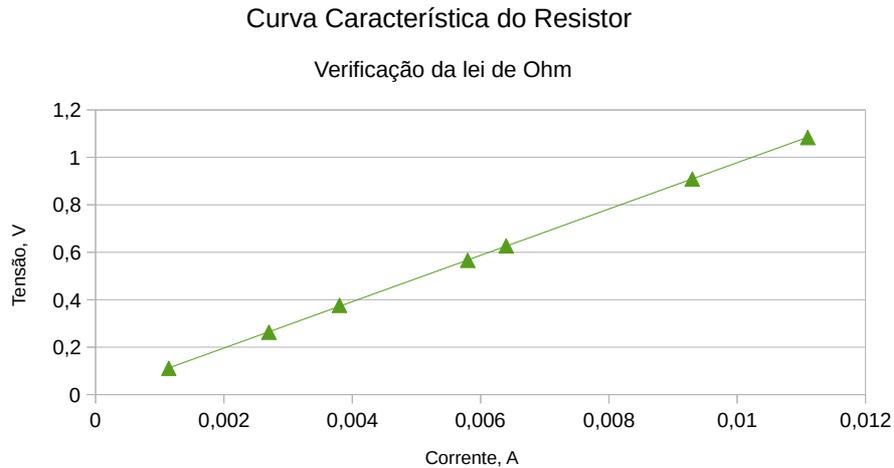


Figura 5: Curva característica do resistor ôhmico.

Calculou-se a resistência elétrica a partir dos dados utilizando o método dos mínimos quadrados; o resultado obtido foi $R = (97,7 \pm 0,4)\Omega$, que concorda com a tolerância especificada pelo fabricante do componente que é de 5% sobre o valor nominal, 100Ω . Observando sua curva característica, conclui-se que dentro do intervalo de tensão aplicada, trata-se de um componente ôhmico.

Por outro lado, a curva característica do *led* verde nos mostra um comportamento diferente,

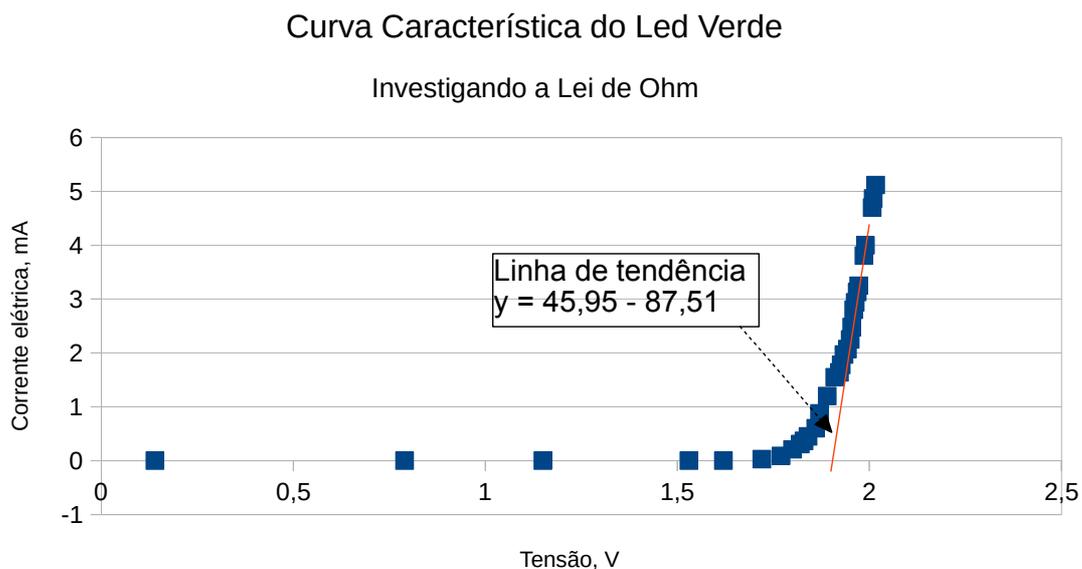


Figura 6: Curva característica do *led* verde.

Percebe-se, observado a figura 6, que diferente do resistor de 100Ω , o *led* não obedece a lei de Ohm. Destaca-se a equação da linha de tendência mostrada no gráfico. Através dela é possível obter o valor aproximado da tensão limiar do *led* verde que é de 1,90 V.

CONCLUSÕES

Apresentamos duas propostas de experimentos que tradicionalmente são realizados em laboratórios didáticos, uma alternativa ao docente quando o assunto for introdução à lei de Ohm e construção de circuitos elétricos simples. A comparação entre as curvas características de dois componentes eletrônicos, muito comuns no dia a dia dos estudantes, dá ao experimentador a clara percepção de quando um componente obedece ou não a lei de Ohm. Incentiva-se que, paralelo aos experimentos, conceitos fundamentais como: campo elétrico, força elétrica, potencial elétrico também sejam tratados, sem, necessariamente, lançar mão das equações da eletrostática, mas baseando-se na fenomenologia dos experimentos. Nesse caso, é fundamental que o estudante perceba que conceitos abstratos podem gerar, na prática, fenômenos estritamente mensuráveis, como é o caso das curvas características determinadas. Em turmas mais avançadas, tópicos como condução elétrica em semicondutores e efeito fotoelétrico podem ser abordados a partir da curva característica do *led*. Uma extensão do experimento seria o cálculo da constante de Planck (Tavolaro, 2002), já que o valor do potencial limiar do *led*, 1,90 V, foi determinado. Por fim, a Física é uma ciência experimental e, por isso, acreditamos no planejamento de aulas voltadas à experimentação e demonstração de efeitos e fenômenos físicos quando possível.

REFERÊNCIAS

GASPAR, A. **Física: eletromagnetismo e física moderna**. São Paulo: Editora Ática, 2000.

REF. **Física 3: eletromagnetismo**. São Paulo: Editora Edusp, 2000.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: eletromagnetismo**. Rio de Janeiro: Editora Edgard Blucher, 2006.

TAVOLARO, M. A. C.; SOUZA, D. F.; MUZINATTI, J. Uma aula sobre efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. **Física na Escola**, v. 3, n. 1, 2002.