

## **Desenvolvimento e análise de um protótipo de circuito elétrico modular didático fabricado por impressão 3D**

J.P.S. Gomes<sup>1\*</sup>; T.A. Freitas<sup>1</sup>, D.L. Barreto<sup>2</sup>, L. Mota<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; <sup>2</sup>Colégio Estadual Coronel Francisco Ribeiro da Motta Vasconcelos

[\\*gjoaopedro805@gmail.com](mailto:gjoaopedro805@gmail.com)

### **Resumo**

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo modular impresso em 3D para estudar circuitos elétricos, em particular, associações de resistores. O projeto abrangeu três etapas distintas de experimentação. Na primeira, realizamos experimentos com os módulos conectados em configuração paralela, na segunda fase, investigamos as associações em série, e, na terceira, exploramos a associação mista. Os dados coletados durante esses experimentos foram adquiridos por meio de um multímetro acoplado ao protótipo. Posteriormente, procedemos à comparação desses dados com os valores fornecidos por uma fonte de alimentação digital, a YaXun PS-1502DD+. Os resultados revelaram uma notável concordância entre os valores calculados com base no nosso protótipo e aqueles fornecidos pela fonte de alimentação. Isso indica a eficácia e a precisão do nosso protótipo como uma ferramenta educacional e prática para o estudo de circuitos elétricos e associações de resistores.

**Palavras-chave:** Tecnologias e Educação, Física, Circuitos, Impressão 3D, Materiais para o ensino

### **1. Introdução**

Com a ampla disseminação da tecnologia de impressão 3D, devido à redução dos custos, em vários setores, desde aplicações industriais em pequena escala até o uso doméstico, surge a necessidade de explorar essa tecnologia na educação<sup>[1]</sup>. Esse papel crucial é desempenhado pelo movimento maker, que incentiva os alunos a criarem seus próprios objetos utilizando uma variedade de ferramentas, como impressoras 3D, cortadoras a laser, robótica e placas Arduino. Essa abordagem está alinhada com a ideia construcionista de Papert, permitindo que os estudantes construam conhecimento através da criação e compartilhamento de projetos. A prática do “colocar a mão na massa”<sup>[2]</sup>, promovida pelo movimento maker, estimula a criatividade e a resolução de problemas do mundo real, não se limitando apenas à transmissão de conhecimento teórico. No Brasil, o movimento maker está em crescimento, com a robótica sendo uma das práticas pedagógicas que incorpora essa abordagem, embora haja a necessidade de um maior suporte financeiro e pedagógico para expandir essa filosofia nas escolas. Neste trabalho, um protótipo modular impresso em 3D para a investigação de circuitos elétricos foi desenvolvido e testado em escala laboratorial.

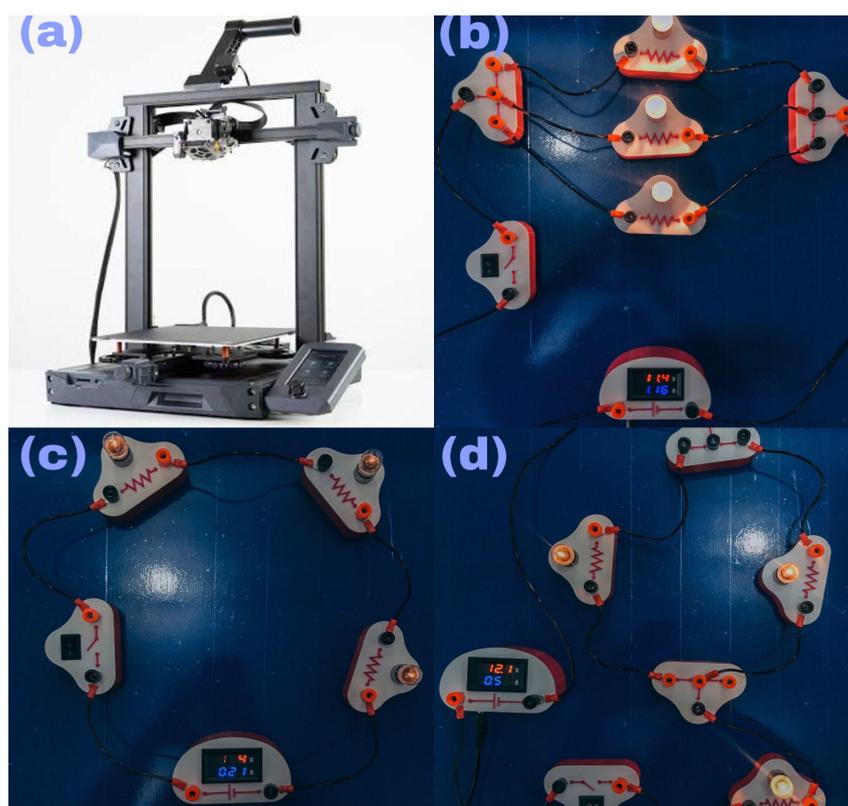
### **2. Materiais e Métodos**

#### **2.1. Materiais**

No desenvolvimento do projeto de um circuito elétrico modular, cujos módulos foram produzidos utilizando uma impressora 3D Ender 3-S1 (Fig. 1(a)), empregamos uma variedade de materiais criteriosamente selecionados. Estes incluem: três soquetes do tipo “Bal15S/1

Polo/67/1141”, terminais de plug banana fêmea e macho de 4 mm, um voltímetro/amperímetro digital DC de 100 V e 10 A, uma fonte de alimentação de 12 V e 3 A, uma tomada de alimentação do modelo DC 022 de tamanho 5,5 x 2,1 mm, além das lâmpadas de 1 polo R10W Ba15s e R5W Ba15s.

Com o intuito de estabelecer um paralelo entre as medições realizadas em laboratório para as configurações de associação em paralelo, série e mista do protótipo preliminar, com os padrões de referência existentes no mercado, utilizamos a fonte de alimentação digital (YaXun PS-1502DD+). Essa combinação de instrumentos nos permitiu realizar uma avaliação precisa dos parâmetros elétricos relevantes do circuito, estabelecendo uma base sólida para análise das diferentes abordagens de conexão dos módulos da Fig. 1(b) circuito em paralelo, (c) circuito em série, (d) circuito misto.



**Figura 1.** (a) Impressora 3D Ender 3-S1, (b) circuito em paralelo, (c) circuito em série, (d) circuito misto.

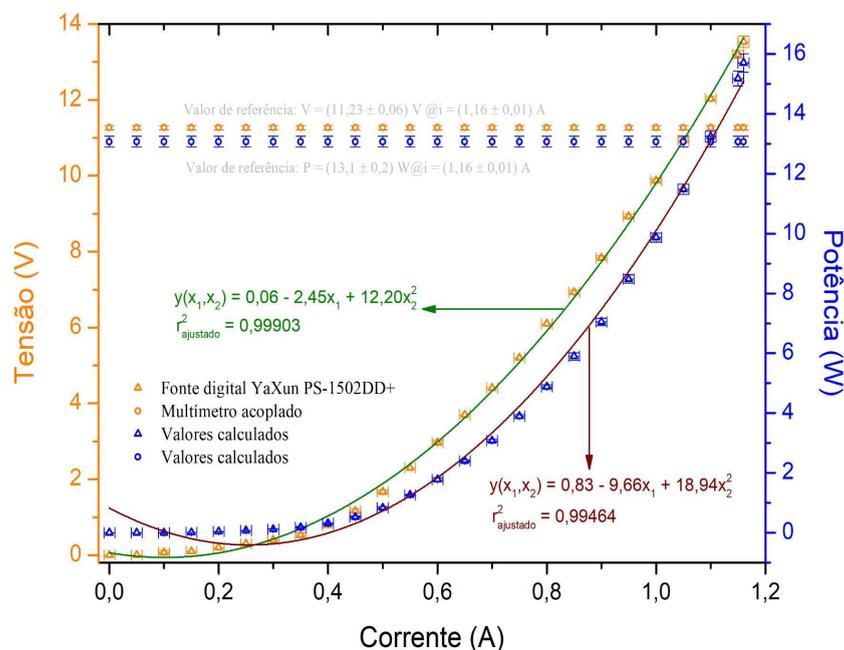
## 2.2. Metodologia

O experimento foi conduzido de acordo com os procedimentos a seguir: primeiramente, conectamos a fonte de alimentação de 12 V e 3 A ao protótipo e utilizamos o multímetro acoplado para medir a corrente e a tensão, mantendo os módulos em circuito paralelo. Esses

valores foram considerados como os de referência. Em seguida, ligamos a fonte de alimentação digital YaXun PS-1502DD+ ao protótipo modular, mantendo-os ainda em circuito paralelo, e procedemos a medir e registrar a tensão, ajustando a corrente até atingir o valor de referência. Este procedimento foi realizado em triplicata para garantir a consistência dos resultados. Posteriormente, repetimos os mesmos passos a fim de analisar o circuito em série e o circuito misto.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados de tensão (triângulos laranjas) e potência (triângulos azuis) em função da corrente para a associação em paralelo estão apresentados na Fig. 2. É possível notar que um perfil não-linear foi obtido. Os dados experimentais foram ajustados por funções parabólicas (linhas verde e vinho) cujas leis foram  $y_V(x_1, x_2) = 0,06 - 2,45x_1 + 12,20x_2^2$  e  $Y_P(x_1, x_2) = 0,83 - 9,66x_1 + 18,94x_2^2$  para a tensão e potência, respectivamente. Além disso, tem-se também na Fig. 2 os valores de referência tanto da tensão quanto da potência elétrica simbolizados, respectivamente, pelos círculos laranjas e azuis. As barras verticais e horizontais são os desvios padrão correspondentes de cada grandeza.



**Figura 2.** Tensão (triângulos laranjas) e potência (triângulos azuis) em função da corrente para a associação em paralelo. Os círculos laranjas e azuis correspondem aos valores de referência medidos com o multímetro acoplado. As linhas sólidas representam os melhores ajustes segundo uma função parabólica aos dados experimentais.

A qualidade dos ajustes parabólicos espelhada pelos valores de  $r^2_{\text{ajustado}} = 0,99903$  para a tensão e  $r^2_{\text{ajustado}} = 0,99464$  para a potência sinalizam que os resistores violam a Lei de Ohm, ou seja, os filamentos das lâmpadas se comportaram como resistores não ôhmicos<sup>[3]</sup>. Um componente obedece à Lei de Ohm se a corrente que o atravessa varia linearmente com a diferença de potencial aplicada ao componente para qualquer valor da diferença de potencial. Os resistores ôhmicos a uma temperatura constante, a sua resistência terá um comportamento constante, e graficamente irá apresentar uma reta. Entretanto, os resistores não-ôhmicos apresentarão diferentes comportamentos, visto que, sob condições de variação de temperatura terá uma variação na resistência do condutor<sup>[4]</sup>.

#### 4. Conclusões

Um protótipo experimental modular impresso em 3D para estudar circuitos elétricos e associação de resistores foi apresentado. Os resultados mostraram que tensão e potência elétrica de lâmpadas incandescentes apresentaram dependência parabólica com a corrente. Tal comportamento é típico de resistores não-ôhmicos. Esse fato pode ser discutido e trabalhado com os estudantes em sala de aula, uma vez que a próxima etapa é levar esse aparato ao Colégio Estadual Coronel Francisco Ribeiro da Motta Vasconcellos. Outrossim, por se tratar de um experimento com peças modulares, os discentes terão a oportunidade de atuarem ativamente no processo de ensino-aprendizagem.

#### Agradecimentos

J.P.S. Gomes agradece à Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes pela bolsa de Iniciação Científica (Programa “Mais Ciência”). T.A. Freitas, D.L. Barreto e L. Mota agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro pelas bolsas de Iniciação Científica, Treinamento e Capacitação Técnica e suporte financeiro (Processos E-26/203.352/2022, E-26/204.879/2022 e E-26/210.167/2022).

#### Referências

- [1] BASNIAK, M. I.; LIZIERO, A. R. A impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos. **Revista Observatório**, v. 3, n. 4, p. 445–466, Jul/Set. 2017.
- [2] SANTOS, J. T. G.; ANDRADE, A. F. Impressão 3D como recurso para o desenvolvimento de material didático: associando a cultura maker à resolução de problemas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 18, n.1, p. 1-11, Jul. 2020.
- [3] TREIN, P. M. **Ensino de eletrodinâmica em uma perspectiva Ausubeliana: aplicação de uma unidade didática no EEEM Rafaela Remião**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 101. 2022.
- [4] NUNES, W. P. **Ensino das Leis de Ohm à luz da teoria da aprendizagem significativa: experiência didática no Colégio Estadual Dr. Oscar Tollens**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 149. 2022.