

Tecnologia tátil-visual para o ensino de associação de capacitores e resistores

Cléver Reis Stein^{1, #}

Artur Vitória Andrade Santo¹

Moacy José Stoffes Junior²

¹Instituto Federal de Rondônia, Campus Porto Velho Calama, Porto Velho, RO, Brasil.

²Instituto Federal do Paraná, Campus Telêmaco Borba, Telêmaco Borba, PR, Brasil.

RESUMO

O imenso avanço tecnológico vivenciado nas últimas décadas advém essencialmente do desenvolvimento de dispositivos que empregam circuitos eletrônicos em sua concepção. Do ponto de vista didático, o estudante tem o primeiro contato com este tema no componente curricular física no Ensino Médio. Porém, mesmo estes dispositivos sendo empregados em larga escala, a abordagem deste tópico não é trivial. Contudo, quando se fala do ensino de associação de capacitores e resistores para pessoas com deficiência visual, a conjuntura se torna extremamente desafiadora, pois ainda não existem ferramentas didáticas para assessorar o processo de ensino-aprendizagem desse público. Com base neste panorama, apresentamos, no presente artigo, o desenvolvimento de dois quebra-cabeças tridimensionais didáticos de circuitos construídos pela impressora 3D, que possibilita uma aprendizagem lúdica no estudo das associações em série, paralela e mista de capacitores e resistores. Somado a isto, os protótipos foram arquitetados para atender aos estudantes portadores de deficiência visual.

Palavras-chave: circuitos elétricos; quebra-cabeças; impressora 3D; pessoas com deficiência visual

1. Introdução

No contexto do ensino de física contemporâneo, muitas das tecnologias disponíveis nesse universo tecnológico apresentam potencial para serem utilizadas como ferramentas didáticas de suporte ao professor no processo de ensino-aprendizagem que, aliadas a uma boa prática docente, podem melhorar a qualidade do ensino [1-3].

Dentro da gama de tecnologias passíveis de serem aproveitadas para esse fim, uma das que vem ganhando destaque é a impressora 3D [4]. Esse instrumento possibilita a materialização de inúmeras peças projetadas em um software de construção de objetos tridimensionais. Um exemplo de aplicação bem-sucedida desta técnica é na área da medicina, em que já foram construídos vasos sanguíneos e até órgãos [5, 6]. Ainda nessa vertente, pesquisadores estão imprimindo próteses e exoesqueletos destinados aos indivíduos que têm deficiência motora [7-9].

Nesse contexto, essa engenharia desponta como um instrumento extraordinário para produção de peças que podem assessorar no ensino de inúmeros conteúdos em diversas disciplinas [10, 11]. Somado a isso, a impressão 3D pode contribuir de maneira relevante e significativa especialmente no processo de ensino-aprendizagem dos alunos portadores de deficiência visual, uma vez que muito dos conteúdos teóricos podem ser ilustrados por meio de desenhos projetados em três dimensões, possibilitando, dessa forma, a impressão 3D, resultando em peças didáticas

que o aprendiz poderá manusear e, por meio do tato, assimilar de modo audiovisual os conteúdos apresentados.

As ferramentas disponíveis para o ensino de física direcionadas a pessoas com deficiência visual ainda estão em estágio inicial, principalmente as ações relacionadas ao desenvolvimento de práticas experimentais. Os trabalhos pioneiros com esse foco abordaram o ensino de ótica [13-15], mecânica [16, 17], eletrodinâmica [18, 19] e astronomia [20]. Analisando a conjuntura atual do estado da arte, torna-se evidente a necessidade de expandir a fronteira do conhecimento nessa linha de pesquisa.

Com base nesse panorama, apresentamos, neste trabalho, dois quebra-cabeças tridimensionais didáticos confeccionados por impressora 3D que têm por finalidade representar circuitos de capacitores e resistores com ligações em série, paralelas e mistas. Para tanto, as peças dos protótipos desenvolvidos têm o formato dos símbolos utilizados na literatura para representá-los, apresentam grafados os nomes e as referidas unidades no SI (Sistema Internacional de Unidades) e em braile, proporcionando a oportunidade de inclusão na disciplina de física, pois as pessoas com deficiência visual poderão fazer a leitura por meio do tato das informações de cada peça e do posicionamento no circuito. Por fim, esses quebra-cabeças proporcionam uma atividade lúdica em que os alunos aprendem sobre a montagem de circuitos elétricos enquanto brincam e se divertem, tornando o desenvolvimento cognitivo muito mais espontâneo e natural.

A impressora 3D pode contribuir de forma relevante e significativa, principalmente no processo de ensino e aprendizagem dos alunos portadores de deficiência visual

#Autor de correspondência. E-mail: clever.stein@ifro.edu.br.

2. Teoria dos circuitos

Atualmente, estamos cercados por circuitos elétricos, desde as linhas de distribuição de energia elétrica até os mais modernos equipamentos eletrônicos. Esses arranjos são tópicos de estudo da eletricidade básica [21, 22], que são introduzidos no terceiro ano do Ensino Médio e na disciplina de física de inúmeros cursos de graduação. Em ambos os níveis de ensino, o estudo desse conteúdo tem como fundamento a associação de capacitores e resistores.

O capacitor é, essencialmente, um dispositivo utilizado para armazenar energia elétrica, mas que também pode ser utilizado para diferentes funções em circuitos eletrônicos. A carga Q (em Coulomb) e a diferença de potencial V (em Volt) de um capacitor são proporcionais [23]:

$$Q = CV, \quad (1)$$

onde C é a constante de proporcionalidade, denominada de capacitância do capacitor (em Farad), via de regra, o valor numérico desta grandeza depende da geometria do capacitor [24]. Nos diagramas dos circuitos elétricos, um capacitor é representado pelo símbolo $(\text{---}||\text{---})$ [25]. Além disso, podem ser associados em série, paralelamente ou conter os dois tipos de ligação (circuito misto). A Fig. 1 representa um exemplo fictício para cada um desses tipos de ligação.

Os capacitores de um circuito podem ser substituídos por um capacitor equivalente, que terá uma capacitância proporcional à do conjunto e desenvolverá o mesmo papel do combo de capacitores substituídos. Dessa forma, a capacitância equivalente para um número arbitrário n de capacitores associados em paralelo e em série, é dada respectivamente por [24]:

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n C_i, \quad (2)$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}, \quad (3)$$

em um circuito misto, primeiro deve ser identificado os capacitores em um mesmo tipo de ligação, determinar a capacitância equivalente e, em seguida, resolver o circuito obtido. Esse processo se aplica até se chegar a uma única capacitância equivalente ao circuito completo. Um estudo mais delineado sobre este tema pode ser consultado nas Refs. [23-25].

O segundo dispositivo que é apresentado no início dos estudos sobre os

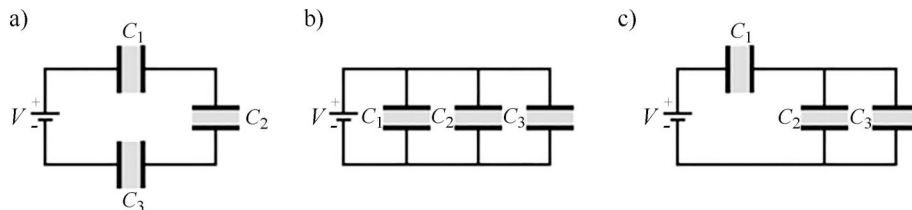


Figura 1 - Representação simbólica de circuitos elétricos compostos por capacitores. Capacitores associados em série (a), paralelamente (b) e de forma mista (c).

circuitos elétricos são os resistores. Nesse ponto, o aluno já deve ter estudado sobre corrente elétrica, resistência e resistividade. Como o objetivo deste trabalho é apresentar a montagem de circuitos elétricos por meio de peças produzidas por impressoras 3D, não vamos entrar em detalhe neste tema, que pode ser consultado na Ref. [23].

Um resistor é instalado em um circuito com a função de introduzir uma certa resistência à passagem de corrente, que é dada por [24]:

$$R = \frac{V}{i}, \quad (4)$$

onde V é a diferença de potencial (em Volt), i é a corrente elétrica (em Ampère) e R , a resistência elétrica (em Ohm). Nas ilustrações de circuitos elétricos, o resistor é representado pelo símbolo $(\text{---}\sphericalangle\sphericalangle\sphericalangle\text{---})$ [25]. A associação desses dispositivos pode originar uma combinação em série, paralela ou mista. A Fig. 2 ilustra um exemplo para cada uma dessas ligações.

Assim como nos capacitores, os resistores de uma associação podem ser substituídos por um resistor equivalente, que desenvolverá o mesmo papel do conjunto substituído. Em uma ligação em série e em paralelo, a resistência equivalente é dada respectivamente por [24]:

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (5)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}. \quad (6)$$

No cálculo da resistência equivalente de um circuito misto, o primeiro passo

é identificar os resistores que estão na mesma ligação e resolver essa parte do circuito e, em seguida, resolver a resistência equivalente para o circuito obtido, procedendo desta forma até encontrar uma única resistência equivalente ao conjunto de resistores. Um estudo mais detalhado pode ser consultado nas Refs. [23-25].

3. Desenvolvimento das peças 3D

No processo de desenvolvimento das peças 3D, a primeira etapa foi a construção virtual das imagens em um software de projeção tridimensional. Nessa etapa, a concepção de cada componente foi idealizada para contribuir no processo de ensino-aprendizagem, ou seja, auxiliar o docente na explanação do tema e facilitar o entendimento por parte do discente, em especial para os alunos com deficiência visual. Com isso em vista, os desenhos foram arquitetados com o formato dos símbolos relacionados a cada componente do circuito. Como resultado, o professor passa a ter um objeto que faz alusão ao símbolo apresentado nos livros-textos e o aluno tem a possibilidade de manuseá-lo. Por conseguinte, esta prática proporciona um elo entre o conhecimento abstrato e a experiência concreta. Para as pessoas com deficiência visual, é oportunizando uma leitura por meio do tato dos símbolos expostos subjetivamente e da disposição de montagem de cada circuito apresentado.

A peça do quebra-cabeça que representa a diferença de potencial (V) foi projetada com uma barra central e

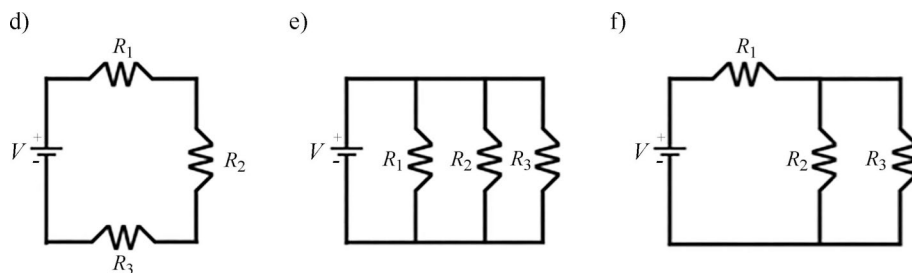


Figura 2 - Representação simbólica de circuitos elétricos compostos por resistores. Resistores associados em série (d), paralelamente (e) e de forma mista (f).

duas barras perpendiculares a ela, as quais representam os potenciais positivo (barra maior) e negativo (barra menor). No centro da peça e na lateral no SI são escritos os valores nominais em braille. O capacitor é representado por uma peça retangular, que é dividida em três partes, as duas extremidades representam as placas condutoras e a parte central, o dielétrico. No centro dessa peça, estão gravados em braille as informações e as unidades de capacitância. Dessa forma, os alunos podem observar as partes de um capacitor e manuseá-lo, tornando a experiência significativa. A peça que corresponde ao resistor foi projetada no formato de zigue-zague e com a descrição em braille na parte superior. Os projetos dessas peças estão ilustrados na Fig. 3. Nesse estágio, os desenhos já estão prontos para serem impressos pela impressora 3D.

As peças que representam os fios de ligação foram arquitetadas com geometrias e encaixes que permitem a montagem de todos os tipos de circuitos. Além disso, elas podem ser utilizadas tanto nos circuitos de capacitores quanto nos de resistores.

Por fim, a última etapa do processo de construção das peças foi a impressão 3D. O material utilizado na produção foi o poliéster termoplástico PLA e o preenchimento interno de cada unidade produzida foi de 20%. Essa configuração produziu resultados satisfatórios para o propósito do trabalho. Na próxima seção, serão demonstradas algumas possibilidades de montagem dos circuitos com essas peças.

4. Montagem dos circuitos elétricos com as peças 3D

As peças tridimensionais que representam os componentes eletrônicos permitem que os estudantes explorem os conceitos de ligação em série, paralela ou mista em circuitos de capacitores e resistores por meio da montagem das inúmeras disposições possíveis dos quebra-cabeças. Com a dinâmica de manusear as peças para montar os circuitos, os alunos terão uma aprendizagem significativa de cada tipo de circuito trabalhado. A Fig. 4 apresenta a montagem de três circuitos de capacitores.

Na Fig. 5, é apresentada a montagem de três configurações de circuitos de resistores. Ressaltamos que esse conjunto de peças pode ser configurado para representar inúmeras configurações de circuito, bastando, para tanto, que tenha o número suficiente de peças pa-

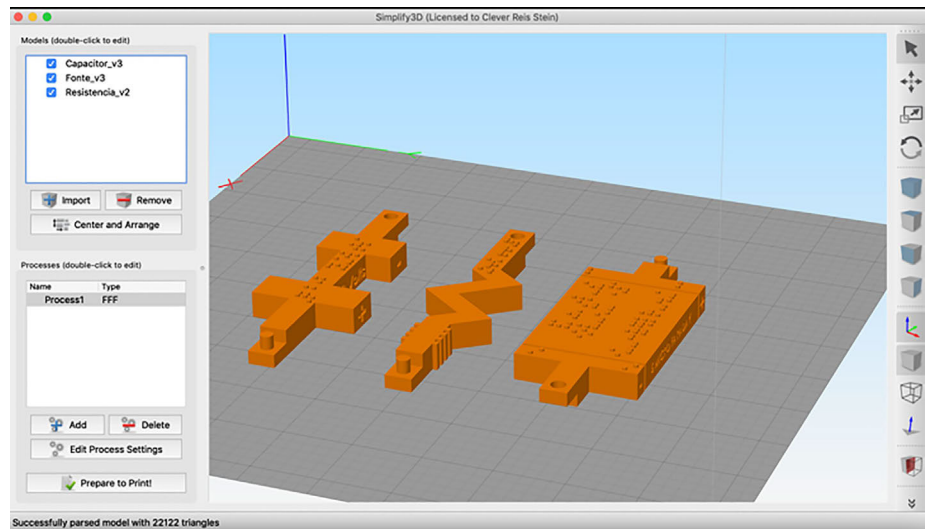


Figura 3 - Figuras tridimensionais que representam a fonte de tensão, o resistor e o capacitor, da esquerda para a direita, respectivamente. Os nomes e as unidades de cada peça estão escritos em braille na superfície superior e nas laterais no SI (Sistema Internacional de Unidades).

ra fazer a montagem. Como pode ser observado, as peças de ligação são as mesmas para os dois conjuntos, fato este que viabiliza a prática, pois serão explorados os circuitos de capacitores e resistores com um número reduzido de componentes.

A execução desta prática pode, por exemplo, preceder uma aula de laboratório sobre o tema. Com isso, o discente, ao realizar o experimento no laboratório, terá o conhecimento prévio teórico e prático do tema, pois os alunos já terão montado os quebra-cabeças e, conseqüentemente, saberão os posicionamentos dos componentes eletrônicos para cada tipo de cir-

cuito proposto. Para os casos mais extremos, em que as escolas não possuem um laboratório, essas peças poderão ser utilizadas como uma aula prática alusiva ao procedimento desenvolvido no laboratório, uma vez que esses quebra-cabeças didáticos oferecem os fundamentos presentes no estudo dos circuitos elétricos.

Em síntese, essa tecnologia tátil-visual pode ser utilizada pelos alunos com ou sem deficiência visual de forma concomitante, posto que ela apresenta os elementos necessários para proporcionar essa inclusão no contexto do ensino de associação de capacitores e resistores.

Essa tecnologia tátil-visual pode ser utilizada pelos alunos com ou sem deficiência visual de forma concomitante

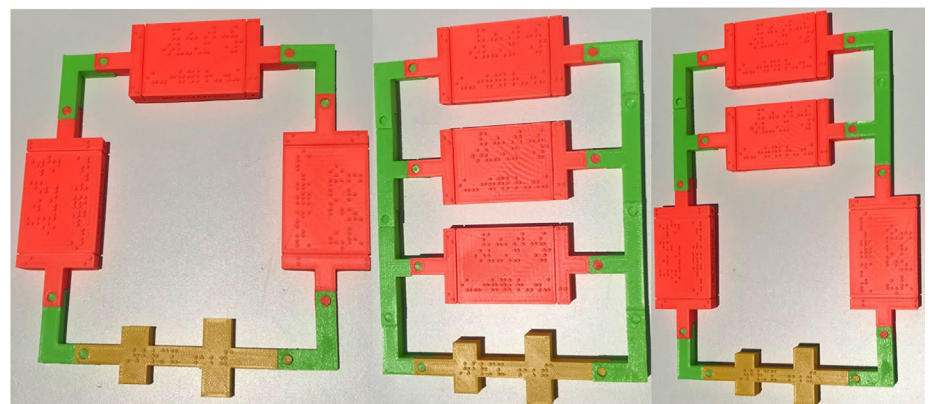


Figura 4 - Ilustração dos quebra-cabeças tridimensionais didáticos de capacitores. São apresentadas a associação em série, a paralela e a mista, da esquerda para a direita, respectivamente.

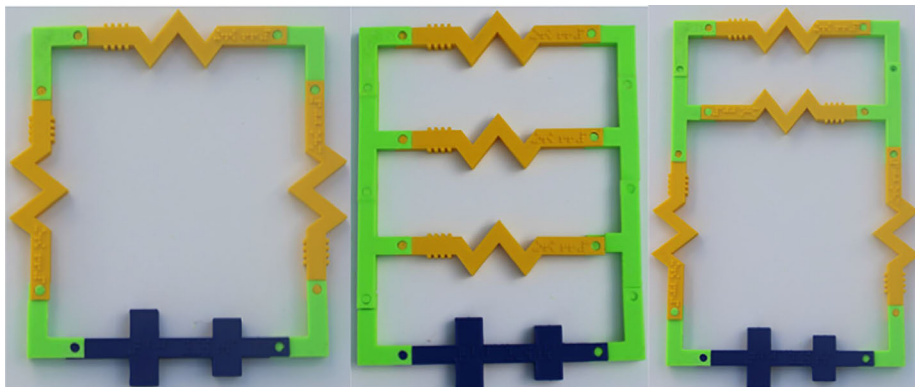


Figura 5 - Ilustração dos quebra-cabeças tridimensionais didáticos de resistores. É apresentada a montagem com associação em série, paralela e mista, da esquerda para a direita, respectivamente.

5. Conclusão

A tecnologia tátil-visual apresentada neste trabalho consiste em dois quebra-cabeças tridimensionais didáticos que podem ser utilizados no ensino de circuitos de capacitores e resistores para ilustrar as associações em série, paralela e mista. Esses protótipos podem

ser usados no processo de ensino-aprendizagem de alunos videntes e daqueles com deficiência visual, uma vez que, nas peças, são impressas as informações em braile para atender a esse público. A estratégia de introduzir a montagem de quebra-cabeças no ensino de circuito busca proporcionar uma

aprendizagem significativa e contextualizada, tendo em vista que o aluno vai montar e manusear na prática os diversos diagramas que são apresentados nos livros. Por fim, a exposição prática e conceitual apresentada nesta proposta fornece uma ferramenta lúdica para o ensino de física e um recurso para inclusão das pessoas com deficiência visual no ensino regular, sendo esses dois dos grandes desafios contemporâneos da educação: desenvolver recursos didáticos divertidos e atraentes e, ao mesmo tempo, inclusivos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento desta pesquisa e ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia *campus* Calama pelo suporte.

Recebido em: 5 de Fevereiro de 2021

Aceito em: 4 de Agosto de 2021

Referências

- [1] D. Menon, M. Chandrasekhar, D. Kosztin, D.C. Steinhoff, *Science Education* **104**, 252 (2019).
- [2] A.P.C. Magalhães, J.A.M. Villagrà, I.M. Greca, *Ciências e Educação* **26**, 20009 (2020).
- [3] L.S. Campos, M.S.T. Araújo, *Ciências e Educação* **25**, 539 (2019).
- [4] P.J.B. Tobias, L. O. Palma, J.M. Salvador, D.S. Benito, *Psicología, Conocimiento y Sociedad* **8**, 162 (2018).
- [5] L.F.C. Boll, G.O. Rodrigues, C.G. Rodrigues, F.L. Bertollo, M.C. Irigoyen, S. Goldmeier, *Revista da Associação Médica Brasileira* **65**, 818 (2019).
- [6] R.B. Kormann, R. Mörschbacher, H. Moreira, P. Akaiishi, *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia* **82**, 471 (2019).
- [7] S. Vijayavenkataraman, J.Y.H. Fuh, W F. Lu, *Bioengineering* **4**, 63 (2017).
- [8] T. Tasopoulos, D. Chatziemmanouil, G. Kouveliotis, G. Karaiskou, J. Wang, P. Zoidis, *International Journal of Prosthodontics* **33**, 333 (2020).
- [9] P. Alvial, G. Bravo, M.P. Bustos, G. Moreno, R. Alfaro, R. Cancino, J.C. Zagal, *Journal of Hand Therapy* **31**, 129 (2018).
- [10] C.W. Pinger, M.K. Geiger, D.M. Spence, *Journal of Chemical Education* **97**, 112 (2020).
- [11] A. Sunol, V. Aige, C. Morales, M. Lopez-Beltran, A.L. Feliu-Pascual, J. Puig, *Journal of Veterinary Medical Education* **46**, 523 (2019).
- [12] L. Menano, P. Fidalgo, I.M. Santos, J. Thormann, *Computers in the Schools* **36**, 222 (2019).
- [13] E.P. Camargo, R. Nardi, P.R.P. Maciel Filho, D.R.V. Almeida, *Física na Escola* **9**(1), 20 (2008).
- [14] E.P. Camargo, R. Nardi, E.V. Veraszto, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **30**, 3401 (2008).
- [15] H.H. Buzzá, C.P. Campos, M.B. Requena, C.T. Andrade, I.S. Leite, T.C. Fortunato, M.D. Stringasci, M.C. Geralde, C.M. Faria, T.Q. Correa, R.A. Romano, R.G.T. Rosa, B. Ono, B.P. Oliveira, E.P. Camargo, C. Kurachi, *Física na Escola* **16**(1), 36 (2018).
- [16] E.P. Camargo, *Física na Escola* **8**(1), 20 (2007).
- [17] E.P. Camargo, C. Bim, J.S. Olivo, R.L.H. Freire, *Física na Escola* **10**(2), 36 (2009).
- [18] M.M. Souza, M.P.R. Costa, N. Studart, *Física na Escola* **9**(2), 10 (2008).
- [19] S.S. França, M. Siqueira, *Física na Escola* **17**(1), 56 (2019).
- [20] S.S.M. Azevedo, D.U.S. Schramm, M.O. Souza, *Física na Escola* **16**(1), 33 (2018).
- [21] P.F.T. Dorneles, I. S. Araujo, E.A. Veit, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **28**, 487 (2006).
- [22] S.C. Lima, E. K. Takahashi, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **35**, 3501 (2013).
- [23] H.M. Nussenzveig, *Curso de Física Básica: Eletromagnetismo* (Blucher, São Paulo, 2014), 5ª ed.
- [24] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fundamentos de Física Vol. 3 – Eletromagnetismo* (LTC, Rio de Janeiro, 2012), 9ª ed.
- [25] H.D. Young e R.A. Freedman, *Sears & Zemansky Física III – Eletromagnetismo* (Pearson, São Paulo, 2008), 12ª ed.