

## Experimentos virtuais de circuitos elétricos: possibilidades para as aulas de Física no Ensino Médio

Paulo Vinícius Rebeque<sup>1</sup>  
Gabriela Mikoaski<sup>2</sup>  
Augusto Garcia da Silva<sup>3</sup>

**Resumo:** a presença de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) em aulas de Física é uma realidade. Todavia, é necessário ter em mente que a simples utilização dessas ferramentas não é garantia de um ambiente de ensino e aprendizagem significativo, no qual incentiva os estudantes a participarem ativamente das aulas. Pensando no cotidiano dos professores de Física, uma vez delimitado o assunto a ser tratado, por exemplo, circuitos elétricos – objetos do conhecimento previstos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) –, fica o desafio de como é possível ensinar para favorecer uma participação dinâmica e criativa dos estudantes e, conseqüentemente, proporcionar para eles uma aprendizagem relevante. No enfrentamento desse problema, neste trabalho será proposto a utilização de experimentos virtuais sobre circuitos elétricos alinhados aos pressupostos da abordagem didática do ensino por investigação. Portanto, tem-se como objetivo apresentar a plataforma on-line *Tinkercad* não apenas como uma ferramenta que permite a construção e a simulação computacional de circuitos elétricos, mas conectá-la com as potencialidades de práticas pedagógicas investigativas. Dessa forma, serão mostrados ao longo deste texto algumas sugestões de atividades investigativas, com o uso de experimentos virtuais elaborados na plataforma *Tinkercad*, que envolvam conceitos da Física como: resistência equivalente, circuitos elétricos compostos por lâmpadas (e interruptores), associação de resistores (série, paralelo e mista) e resolução de questões do ENEM. Ademais, também serão apresentadas algumas funcionalidades básicas do *Tinkercad*, que podem ser exploradas pelo professor para abordar diversos conceitos que envolvem o estudo de circuitos elétricos.

**Palavras-chave:** Circuitos Elétricos; Experimentos Virtuais; Ensino por Investigação.

**Abstract:** The presence of Information and Communication Technology (ICT) in Physics classes is a reality. However, it is necessary to keep in mind that the simple use of these tools does not mean a favorable teaching and learning context, which encourages the active participation of students during classes. Thinking about the daily lives of Physics teachers, having defined the subject to be covered in the classroom, for example, electrical circuits – objects of knowledge provided for in the National Common Curricular Base (BNCC) –, the challenge remains of how it is possible to teach to encourage participation dynamics and creativity of students and, consequently, provide them with relevant learning.

In order to face this problem, this work will propose the use of virtual experiments on electrical circuits based on the didactic approach called investigative teaching. Therefore, the objective is to present the Tinkercad online platform not only as a tool that allows the construction and computational simulation of electrical circuits, but to connect it with the potential of investigative pedagogical practices. Thus, this text will present some suggestions for investigative activities using virtual experiments created on the Tinkercad platform, involving Physics concepts such as: equivalent resistance, electrical circuits composed of lamps (and switches), association of resistors (series, parallel and mixed) and ENEM questions. Furthermore, some basic features of Tinkercad will be shown, which can be explored by the teacher to address various concepts that involve the study of electrical circuits.

**Keywords:** Electrical Circuits; Virtual Experiments; Inquiry-based Teaching.

---

<sup>1</sup> IFPR, E-mail: paulo.rebeque@ifpr.edu.br

<sup>2</sup> Escola Estadual Básica Professor Mário Garcia, E-mail: gabrielamikoaski@gmail.com

<sup>3</sup> Escola Estadual Básica Prefeito Olegário Bernardes, E-mail: augustootk@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Não é novidade que as potencialidades do uso de computadores no Ensino de Física, reportadas na literatura acadêmica desde os anos 1990 (Araújo e Veit, 2004). Em tempos atuais, utiliza-se a expressão Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) para referenciar os mais diversos equipamentos tecnológicos presentes como recursos pedagógicos no Ensino de Ciências (Marques, Gomes e Martins, 2021) e de Física (Macêdo et al., 2014; Da Silva e Mercado, 2019), com destaque para as simulações computacionais (De Oliveira e Cid, 2022).

Naturalmente que o uso de TDIC em aulas de Física, por si só, não é garantia de sucesso, de mudanças significativas no contexto do ensino e da aprendizagem de Física. Por isso, muito tem se falado das metodologias ativas nas aulas de Física, ou seja, de estratégias didáticas que professores podem utilizar em aulas com o objetivo de promover uma participação dinâmica e criativa dos estudantes (Studart, 2019).

Essa percepção nos traz à tona uma difícil tarefa que é vivenciada no cotidiano escolar: de não apenas delimitar o que será ensinado, mas, principalmente, de como será ensinado para proporcionar aos estudantes uma aprendizagem relevante (Carvalho e Sasseron, 2018).

É importante ressaltar que há sugestões de estratégias didáticas diversificadas na introdução da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio – além das habilidades e competências de cada área do conhecimento – como a utilização de práticas investigativas em disciplinas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Especificamente nesta área, pode-se pensar na inserção de atividades investigativas em sala de aula a partir de uma abordagem que enfatize procedimentos e instrumentos de investigação, tais como:

identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da

No escopo das metodologias ativas e o previsto na BNCC, a proposta de ensino e aprendizagem deste trabalho foi construída com base no Ensino por Investigação (Sasseron, 2015; Carvalho, 2018; Carvalho e Sasseron, 2018). Com o objetivo de alinhar essa abordagem didática com o uso de TDIC, sugere-se possibilidades de atividades didáticas sobre circuitos elétricos tendo como alicerce experimentos virtuais produzidos na plataforma *Tinkercad*. Portanto, será apresentado e discutido neste artigo esta ferramenta, que viabiliza o uso de experimentos virtuais para o planejamento de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre a temática de circuitos elétricos.

No entendimento da abordagem didática do Ensino por Investigação, que busca apresentar e inserir os estudantes na cultura científica escolar, uma SEI é um conjunto de aulas arquitetadas com o propósito de abordar um tema científico do programa escolar a partir de práticas pedagógicas investigativas (Carvalho, 2013 e 2018). Nessa perspectiva, é necessário realizar em sala de aula ações pedagógicas que versam sobre as práticas empreendidas pela própria Ciência: pensamento lógico e racional, observação cuidadosa, formulação de hipóteses, manipulação para coleta de dados, análise dos dados seguindo princípios científicos estabelecidos, compartilhamento de resultados, etc. (Sasseron e Carvalho, 2011).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é apresentar a plataforma *Tinkercad* e mostrar possíveis aplicações dela em sala de aula. Para tal, serão evidenciados elementos que possam contribuir com um planejamento didático-pedagógico sobre o tema circuitos elétricos explorando a criação e simulação de experimentos virtuais.

Além das atividades sugeridas serem baseadas na abordagem do Ensino por Investigação, elas estão em sintonia com a BNCC de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Este documento foi publicado em 2018, mas sua aplicação se tornou obrigatória apenas em 2022, com o Novo Ensino Médio (NEM). O referido documento contempla um conjunto de habilidades e competências que direcionam a prática pedagógica do professor, que abordam as temáticas de Matéria e Energia, Vida, Terra e Cosmos, questões socioculturais e da História da Ciência (Brasil, 2018). Conforme Quadro 1, é possível verificar quais habilidades da BNCC são englobadas pelas atividades pedagógicas sobre circuitos elétricos que aqui serão propostas.

**Quadro 1:** Competências Específicas da área de Ciências da Natureza e suas respectivas habilidades que podem ser desenvolvidas com o uso de experimentos virtuais de circuitos elétricos.

<p>Competência Específica 1: matéria e energia</p>	<p>(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.</p>
<p>Competência Específica 3: contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia</p>	<p>(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.</p> <p>(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p> <p>(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2024), com base em (Brasil, 2018, p. 547-560).

É possível encontrar na literatura especializada em Ensino de Física relatos de experiências didáticas sobre o conteúdo de circuitos elétricos que destacam o uso de experimentos didáticos (Da Silva, 2019; Rodrigues, Mota e Souza, 2019) e de simulações computacionais (Macêdo, Dickman e Andrade, 2012; Andrade, Scarpato Jr e Buffon, 2018), bem como a articulação destes: laboratórios real e virtual (Santos e Dickman, 2019).

Isto posto, o presente artigo tem o objetivo de mostrar as funcionalidades do *Tinkercad* para o ensino de circuitos elétricos, na disciplina de Física no Ensino Médio, além de sugerir propostas de atividades investigativas utilizando experimentos virtuais construídos nesta plataforma. Para tal, será apresentado (1) uma breve descrição de algumas funcionalidades do *Tinkercad*; (2) um experimento virtual clássico que permite empreender uma análise da relação entre resistência, tensão e corrente; (3) caminhos para elaborar simulações computacionais com associação de resistores em série, em paralelo e mista; (4) proposição de experimentos virtuais com lâmpadas incandescentes e interruptores; (5) resolução de questões do ENEM que possuem potencial para uma abordagem investigativa e, finalmente, (6) considerações finais e perspectivas para organização de uma SEI sobre circuitos elétricos.

## ***Tinkercad* no Ensino de Física: possibilidades com experimentos virtuais de circuitos elétricos**

Experimentos virtuais de circuitos elétricos podem ser criados e simulados na plataforma *Tinkercad*<sup>4</sup>. Trata-se de uma ferramenta on-line, gratuita e que funciona em navegador da *web*. Para o uso desse programa precisamos, essencialmente, de um computador ou *tablet* conectado à internet. Não é possível utilizá-lo em celulares devido ao tamanho da tela ser muito pequeno. Há também um aplicativo do *Tinkercad* disponível apenas para *Ipad*, que funciona com o sistema operacional IOS.

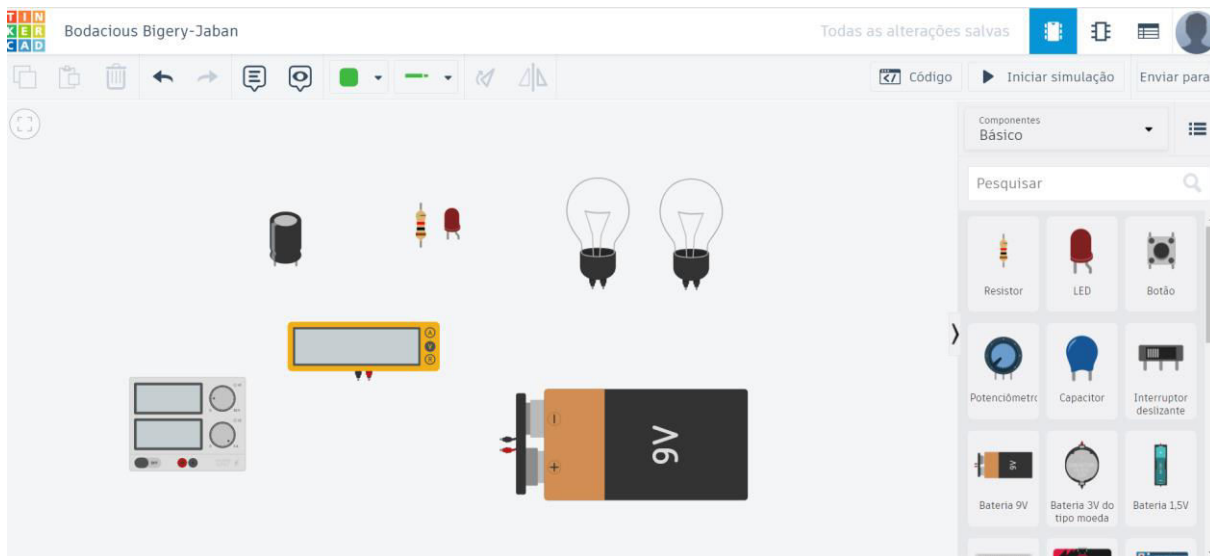
Esta ferramenta possui diversos recursos que podem ser utilizados pelos professores em suas aulas, como projeto de circuitos elétricos, projetos de eletrônica e robótica, e construção de modelos para impressoras 3D. Além disso, há recursos específicos para docentes de diversas áreas do conhecimento, como atividades e planos de aula já prontos. Ela é simples e prática de usar, e não necessário muito conhecimento na área para utilizá-la, podendo ser manuseada facilmente por estudantes do Ensino Médio.

Apesar das diversas funcionalidades, este artigo pretende mostrar apenas algumas sugestões de atividades investigativas para o estudo de circuitos elétricos. O *Tinkercad* possui boa interatividade e disponibiliza vários componentes eletrônicos para composição de circuitos elétricos. À título de exemplo, mostramos na Figura 1 a área de construção e simulação de circuitos.

---

<sup>4</sup> O endereço eletrônico é: <https://www.tinkercad.com/>. Para acessar o *Tinkercad* basta criar gratuitamente um cadastro ou fazer *login* com uma conta do *Google* ou do *Facebook*, por exemplo.

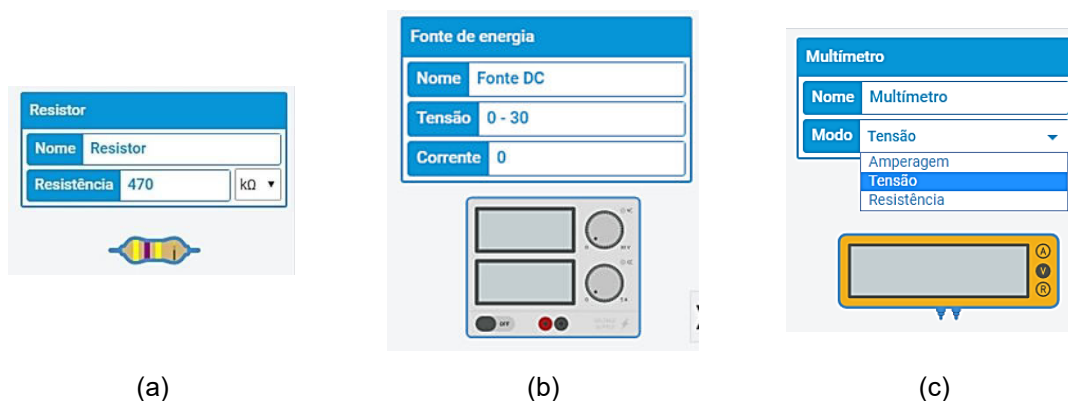
**Figura 1:** Exibição da área de criação e simulação de circuitos elétricos no *Tinkercad*.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Como o *Tinkercad* possui vários componentes eletrônicos e instrumentos de medidas, muitas são as possibilidades para elaborar experimentos virtuais com viés didático. Dentre este conjunto, destaca-se na Figura 2 o resistor (com valor de resistência ajustável), a fonte de energia DC (corrente contínua) com leitor de corrente e o multímetro.

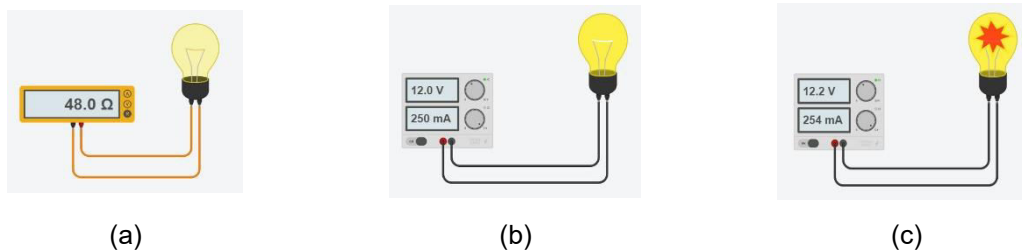
**Figura 2:** Componentes básicos a serem utilizados na elaboração de experimentos virtuais no *Tinkercad*: (a) resistor, ajustado em 470 k $\Omega$ , (b) fonte de energia DC, regulável entre 0 e 30 V e (c) multímetro, resistência (ohmímetro), corrente (amperímetro) e tensão (voltímetro).



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Por fim, outro componente importante na construção de circuitos elétricos, mas que não pode ser ajustado, é a lâmpada incandescente. Conforme a Figura 3, a lâmpada possui uma resistência fixa de 48  $\Omega$  e um limite de tensão em 12 V.

**Figura 3:** Lâmpada incandescente: (a) ligada ao multímetro na função ohmímetro para medição da resistência ( $R_L = 48 \Omega$ ), (b) ligada à fonte de energia DC com 12 V e (c) ligada à fonte de energia DC acima de 12 V (lâmpada queimada).



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Naturalmente que os componentes e instrumentos de medidas acima exibidos são um recorte para apresentar alguns exemplos de experimentos virtuais no *Tinkercad* como ferramenta didática para o ensino de circuitos elétricos em aulas de Física do Ensino Médio. Nas seções seguintes, são apresentados alguns experimentos virtuais com o objetivo de elaborar atividades didáticas investigativas a serem propostas para os estudantes no ambiente de sala de aula, que podem ser observados no Quadro 2.

**Quadro 2:** Atividades investigativas desenvolvidas de acordo com a temática e breve descrição, utilizando a plataforma *Tinkercad*.

Temática da atividade	Descrição da atividade
Resistência, tensão e corrente	Nesta atividade é construído um experimento virtual composto de uma fonte de tensão e um resistor, com o objetivo de investigar a relação entre resistência, tensão e corrente.
Associação de Resistores e Resistência Equivalente	Este experimento virtual consiste em utilizar uma fonte de tensão e resistores associados em série e paralelo para verificar sua resistência equivalente, tensão e corrente utilizando o multímetro.
Lâmpadas incandescentes em circuitos elétricos	Neste exemplo os resistores são substituídos por lâmpadas incandescentes a fim de visualizar a intensidade luminosa emitida pelas lâmpadas nas ligações em série ou em paralelo.
Resolução de questões do ENEM sobre circuitos	Nesta atividade são reproduzidos circuitos elétricos presentes em provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), com o objetivo de analisá-los e compreendê-los.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

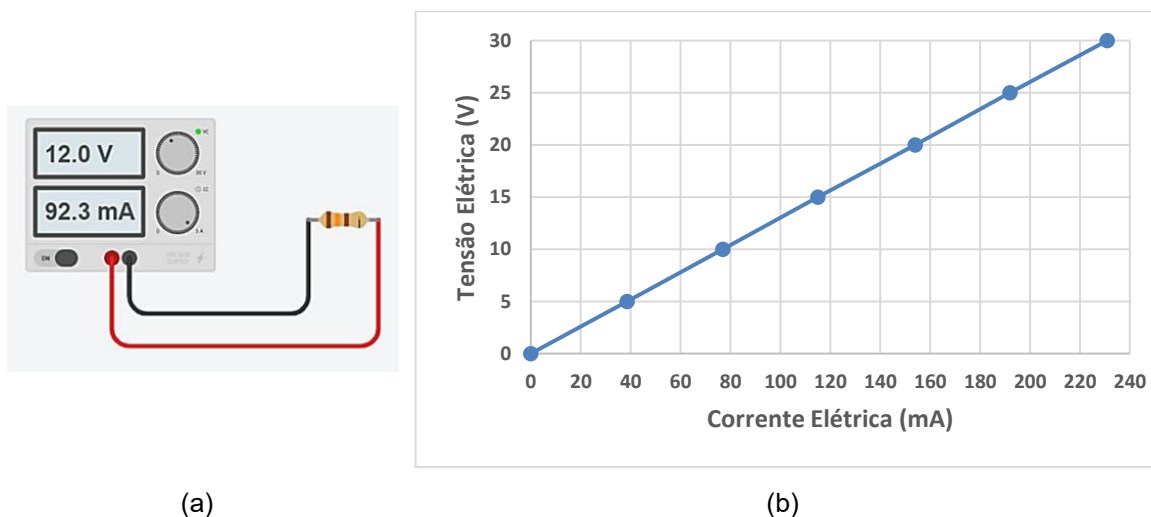
## Análise da relação entre resistência, tensão e corrente

Um ponto de partida na abordagem do conteúdo de eletrodinâmica pode ser a construção de um experimento virtual para analisar a relação entre resistência, tensão e corrente. Para tal, apresenta-se o clássico experimento de submeter um resistor a diferentes valores de tensão e medir o respectivo valor da corrente: coletar os dados para fazer um gráfico de tensão *versus* corrente.

O estudo dessa relação é importante para o aluno compreender o comportamento de dispositivos elétricos e eletrônicos em um circuito, previsto nas habilidades (EM13CNT307) e (EM13CNT308) da BNCC (Brasil, 2018).

Na Figura 4, há um experimento virtual construído com uma fonte de energia DC, com valores ajustáveis de tensão ( $U$ ) e leitor de corrente ( $i$ ), um resistor com resistência  $R$  e fios condutores com resistência desprezível. Com isso, é possível aumentar gradativamente a tensão na fonte, aplicada entre os terminais do resistor, e registrar os respectivos valores de corrente. A partir de uma simulação computacional do referido experimento, pode-se coletar dados e elaborar um gráfico da tensão em função da corrente.

**Figura 4:** (a) experimento virtual de um resistor conectado a uma fonte de energia DC por meio de fios condutores e (b) gráfico da tensão em função da corrente a partir de dados coletados no experimento virtual.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Neste experimento virtual, ao determinar o coeficiente angular da reta do gráfico  $U$  versus  $i$ , identifica-se que o resistor em questão, na faixa de tensão aplicada, possui uma resistência constante de  $R = 130 \Omega$ . Ou seja, o comportamento linear nos indica se tratar de um resistor ôhmico, obedecendo, assim, a chamada Primeira Lei de Ohm (Equação 1).

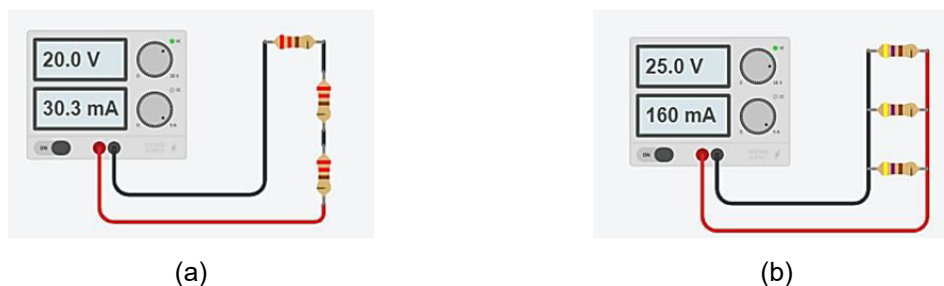
$$U = R \cdot i \quad (1)$$

Este exemplo é uma simples maneira para introduzir a relação entre tensão, corrente e resistência. Este experimento virtual é introdutório, no sentido de não apenas abordar os conceitos de resistência, tensão e corrente, mas, principalmente, de familiarizar os estudantes com o *Tinkercad* e ações investigativas: da possibilidade de elaborar experimentos virtuais para coletar e analisar dados.

## Associação de Resistores e Resistência Equivalente

Apresenta-se na Figura 5 duas diferentes maneiras de associar três resistores idênticos com uma fonte de energia DC, formando, assim, um único circuito elétrico. O estudo de circuitos é importante para a compreensão do funcionamento de diversos equipamentos elétricos e circuitos residenciais, que fazem parte da vida do estudante cotidianamente. Este conteúdo está presente nas habilidades EM13CNT106, EM13CNT107 e EM13CNT308 da BNCC (Brasil, 2018).

**Figura 5:** Experimentos virtuais para uma associação de resistores conectada a uma fonte de energia DC por meio de fios condutores: (a) três resistores idênticos ligados em série e (b) três resistores idênticos ligados em paralelo.



Em cada caso representado na Figura 5 há uma resistência equivalente: um valor total da resistência do circuito (como se um único resistor possuísse a

resistência da associação dos três resistores). Por isso, a análise desses experimentos virtuais passa pelas equações de resistência equivalente ( $R_{eq}$ ) para associações com  $n$  resistores ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ) ligados em série (Equação 2) ou em paralelo (Equação 3), quais sejam:

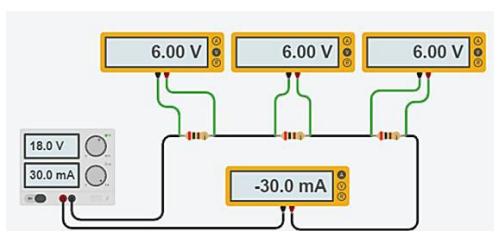
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (3)$$

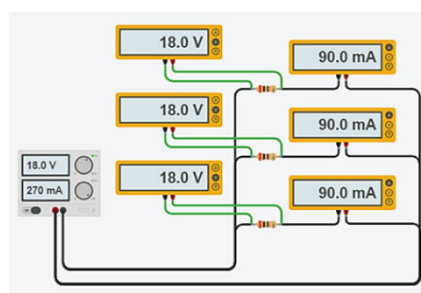
Assim, com os valores de  $U$  e  $i$  exibidos na fonte de energia DC para cada caso, temos que na associação em série  $R_{eq} = 660 \Omega$ , enquanto que na associação em paralelo  $R_{eq} = 156,67 \Omega$ . Como em ambos os casos os resistores são idênticos, é possível determinar o valor de cada resistor fazendo uma divisão por três na associação em série,  $R = 220 \Omega$ , e uma multiplicação por três na associação em paralelo,  $R = 470 \Omega$ .

Ainda nos experimentos virtuais ilustrados na Figura 5, pode-se propor aos estudantes a investigação do comportamento da tensão e da corrente em cada resistência do circuito com a utilização do multímetro, de acordo com a Figura 6.

**Figura 6:** Experimentos virtuais para uma associação de resistores conectada a uma fonte de energia DC por meio de fios condutores, sendo diversos multímetros utilizados nas medidas de tensão e corrente nos resistores: (a) três resistores idênticos ligados em série e (b) três resistores idênticos ligados em paralelo.



(a)



(b)

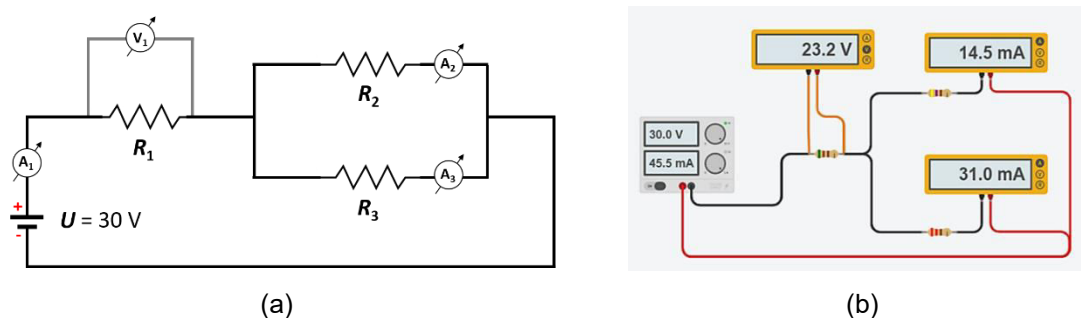
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Com isso, demonstra-se que na associação em série, Figura 6 (a), a corrente que percorre os resistores é a mesma ( $i = 30 \text{ mA}$ ), sendo que a tensão fornecida pela fonte DC é igualmente dividida entre os três resistores idênticos ( $U = 6 \text{ V}$  em

cada resistor). Por outro lado, na associação em paralelo, Figura 6 (b), a tensão aplicada pela fonte DC é a mesma para todos os resistores ( $U = 18 \text{ V}$ ), de modo que o valor total da corrente é igualmente dividido entre os três resistores idênticos ( $i = 90 \text{ mA}$ ).

Estes dois exemplos abrem caminho para a abordagem de associação mista com diferentes resistores. Para tanto, é proposto novamente a utilização do multímetro (nas funções voltímetro e amperímetro) em um circuito elétrico conforme apresentado na Figura 7 uma representação esquemática de um circuito misto e sua respectiva simulação computacional no *Tinkercad*.

**Figura 7:** (a) representação de um circuito elétrico com associação mista de resistores conectada a uma fonte de energia DC por meio de fios condutores<sup>5</sup> e (b) simulação do circuito elétrico da Figura 7 (a) com a fonte de energia DC ajustada em 30 V.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Importante destacar que neste exemplo está sendo considerado uma abordagem didática em sala de aula e por isso não são revelados os valores dos resistores e utiliza-se os instrumentos de medidas com o intuito de elaborar questões que exijam dos estudantes uma análise teórica do circuito, tais como: Qual é o valor da  $R_{eq}$ ?, Quais os valores de  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ?, Qual o valor da tensão entre os terminais de  $R_2$  ou de  $R_3$ ?, entre outras possíveis questões.

Naturalmente que essas perguntas podem ser respondidas por um desenvolvimento teórico considerando as Equações (1), (2) e (3) e os valores da tensão aplicada e os indicados nos instrumentos de medidas  $V_1$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$ . Neste

<sup>5</sup> Sobre os instrumentos de medidas representados na Figura 7 (a):  $A_1$  representa o amperímetro, acoplado na própria fonte de energia DC, que faz a medida da corrente elétrica total no circuito;  $A_2$  representa o amperímetro que faz a medida da corrente que passa através do resistor  $R_2$ ;  $A_3$  representa o amperímetro que faz a medida da corrente que passa através do resistor  $R_3$  e, por fim,  $V_1$  representa o voltímetro que faz a medida da tensão elétrica entre os terminais do resistor  $R_1$ .

caso, exibe-se um resumo dos valores de resistência, tensão e corrente na Tabela 1.

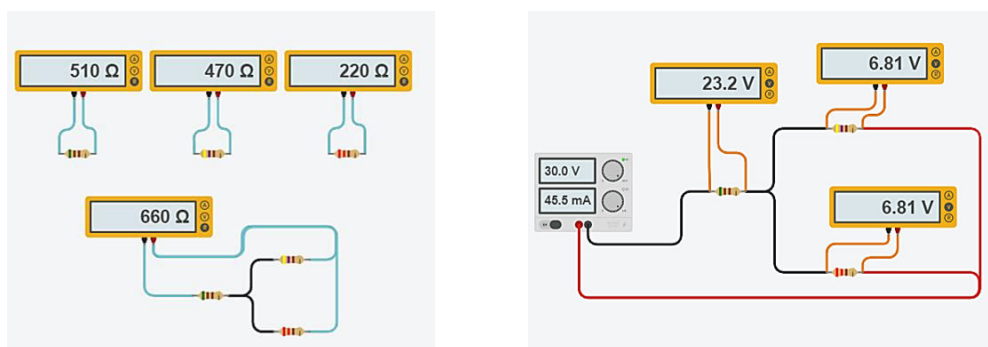
**Tabela 1:** Valores das resistências que compõe o circuito de associação mista de resistores ilustrado na Figura 7 (a), bem como os respectivos valores de tensão e corrente.

	$R_{eq} = 660 \Omega$	$R_1 = 510 \Omega$	$R_2 = 470 \Omega$	$R_3 = 220 \Omega$
$U$ (V)	30	23,2	6,8	6,8
$i$ (mA)	45,5	45,5	14,5	31,0

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Complementando a abordagem didática para este circuito elétrico de associação mista, é possível propor aos estudantes uma atividade centrada na elaboração de simulações no *Tinkercad* com a adição de novos instrumentos de medidas que possibilitem uma investigação dos resultados obtidos teoricamente, conforme mostramos na Figura 8.

**Figura 8:** (a) medidas da resistência elétrica dos resistores que compõe o circuito elétrico da Figura 7 (a), um ohmímetro para medir a resistência de cada resistor individual e um outro ohmímetro para medir a resistência equivalente da associação mista e (b) simulação do circuito elétrico da Figura 7 (a) com a fonte de energia DC ajustada em 30 V com três voltímetros, cada um conectado nos terminais de um resistor.



(a)

(b)

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

O exposto acima são ideias de experimentos virtuais que podem ser abordados em aulas de Física. Não há aqui a pretensão de apresentar um material didático pronto para ser “replicado” em diferentes contextos educacionais. O foco deste artigo é apresentar o *Tinkercad* e suas potencialidades para o ensino de Física baseado na abordagem didática do Ensino por Investigação, no sentido de exibir neste texto alguns subsídios para professores de Física.

## Sobre o brilho de lâmpadas incandescentes em circuitos elétricos

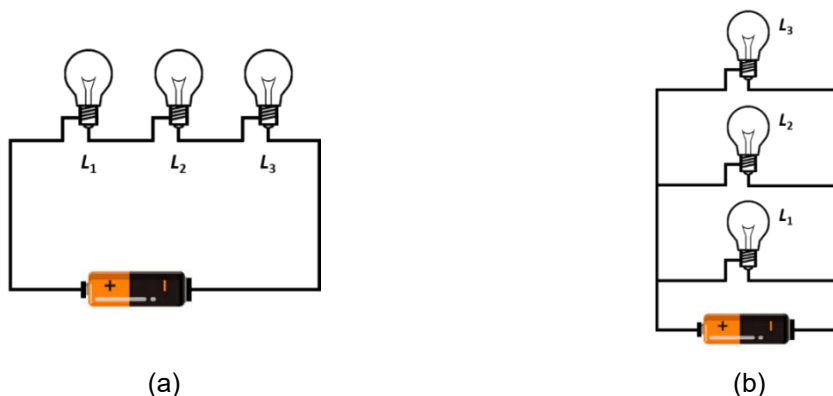
Seguindo no assunto de associação de resistores, é possível empreender uma análise qualitativa do assunto a partir da substituição dos resistores por lâmpadas incandescentes. Desse modo, com base nos testes criados por Da Silveira (2011) para verificar concepções científicas ou errôneas dos estudantes sobre o conceito de corrente, consegue-se reproduzir no *Tinkercad* os circuitos elétricos referidos no próprio artigo, ou mesmo criar outros para fazer uma análise comparativa sobre a intensidade luminosa emitida pelas lâmpadas incandescentes quando ligadas em série ou em paralelo.

O objetivo desta atividade é propor um desafio sobre circuitos para os alunos formularem hipóteses a respeito do que acontece em cada um dos casos que exibiremos na sequência. Essa etapa dialoga diretamente com a habilidade EM13CNT301 da BNCC (Brasil, 2018).

Considerando o Ensino por Investigação, após a formulação das hipóteses, os estudantes terão a oportunidade de testar cada uma delas reproduzindo os circuitos da atividade no *Tinkercad*. Dessa forma, eles conseguem verificar erros e acertos, reformular hipóteses, propor novos circuitos elétricos e identificar os aspectos que tiveram maior dificuldade e/ou melhor compreensão.

Nas Figuras 9 (a) e (b) apresenta-se representações esquemáticas para dois diferentes circuitos elétricos formados por três lâmpadas idênticas, denominadas de  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , e alimentados por uma bateria por meio de fios condutores.

**Figura 9:** Representações para circuitos elétricos com três lâmpadas idênticas e alimentados por uma bateria por meio de fios condutores: (a) ligação em série e (b) ligação em paralelo.



(a)

(b)

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

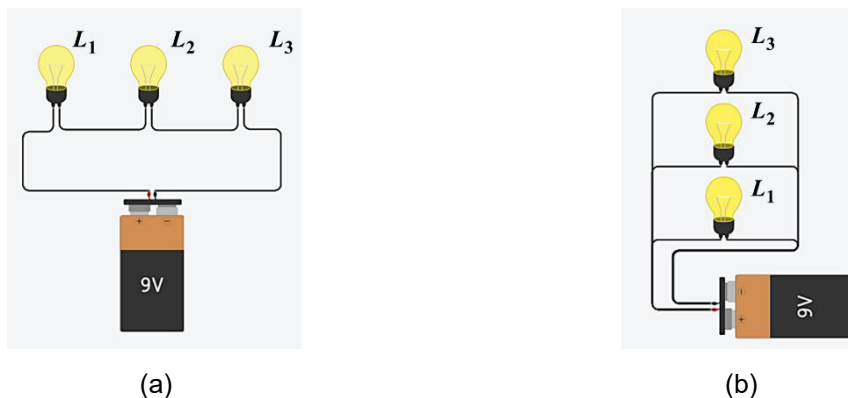
Para ambos os casos, seguindo Da Silveira (2011), coloca-se o seguinte teste:

Nos circuitos ilustrados nas Figuras 9 (a) e (b), pode-se afirmar que:

- ( )  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$  e esta mais do que  $L_3$ .
- ( )  $L_3$  brilha mais do que  $L_2$  e esta mais do que  $L_1$ .
- ( ) as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

Uma ideia para os estudantes investigarem a alternativa correta para cada caso, ligação em série e em paralelo, é através da criação de experimentos virtuais no *Tinkercad*, os quais são mostrados na Figuras 10 (a) e (b).

**Figura 10:** Experimentos virtuais elaborados no *Tinkercad* para associações de lâmpadas idênticas alimentadas por uma bateria de 9 V por meio de fios condutores: (a) ligação em série e (b) ligação em paralelo.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Ao alimentar os circuitos elétricos com uma bateria de 9 V, percebe-se que em ambos os casos as três lâmpadas têm a mesma intensidade no brilho. Entretanto, para além de proporcionar uma resposta objetiva para os testes, estes experimentos virtuais despertam uma nova pergunta: por que as lâmpadas conectadas em paralelo possuem um brilho mais intenso do que as lâmpadas conectadas em série? Tal pergunta pode ser compreendida pela criação dos mesmos circuitos elétricos no *Tinkercad* com o uso do multímetro para medidas de tensão e corrente em cada lâmpada. Nesta perspectiva, é possível propor para os estudantes uma atividade investigativa e não meramente reprodutiva.

Continuando nos circuitos elétricos com lâmpadas idênticas,  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , e alimentados por uma bateria por meio de fios condutores, tem-se dois exemplos de ligações mistas ilustrados na Figura 11 (a) e (b).

**Figura 11:** Representações para circuitos elétricos com três lâmpadas idênticas e alimentados por uma bateria por meio de fios condutores: **(a)** ligação mista com  $L_1$  conectada em paralelo com  $L_2$  e  $L_3$ , que estão em série, e **(b)** ligação mista com  $L_1$  conectada em série com  $L_2$  e  $L_3$ , que estão em paralelo.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Para ambos circuitos, ainda inspirados em Da Silveira (2011), foi elaborado o seguinte teste:

- Nos circuitos ilustrados nas Figuras 11 (a) e (b), pode-se afirmar que:
- ( ) as três lâmpadas,  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , possuem o mesmo brilho.
  - ( ) o brilho da lâmpada  $L_1$  é mais intenso do que da lâmpada  $L_2$ , enquanto que o brilho da lâmpada  $L_2$  é mais intenso do que da lâmpada  $L_3$ .
  - ( ) o brilho da lâmpada  $L_1$  é mais intenso do que das lâmpadas  $L_2$  e  $L_3$ , sendo que o brilho destas últimas possuem a mesma intensidade.
  - ( ) o brilho da lâmpada  $L_1$  é menos intenso do que das lâmpadas  $L_2$  e  $L_3$ , sendo que o brilho destas últimas possuem a mesma intensidade.
  - ( ) o brilho das lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$  é o mesmo, mas o brilho na lâmpada  $L_3$  é menos intenso.

Ao reproduzir no *Tinkercad* os circuitos acima ilustrados consegue-se as respostas de maneira simples e direta, como mostrado na Figura 12 (a) e (b).

**Figura 12:** Experimentos virtuais elaborados no *Tinkercad* para associações de lâmpadas idênticas alimentadas por uma bateria de 9 V por meio de fios condutores: **(a)** ligação mista com  $L_1$  conectada em paralelo com  $L_2$  e  $L_3$ , que estão em série, e **(b)** ligação mista com  $L_1$  conectada em série com  $L_2$  e  $L_3$ , que estão em paralelo.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Neste exemplo também existe a oportunidade de problematizar o resultado encontrado ao comparar os dois circuitos elétricos e a intensidade no brilho de cada lâmpada  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ . Assim como no primeiro caso, Figuras 9 e 10, pode-se propor para os estudantes uma atividade que vai além da simples reprodução dos circuitos elétricos no *Tinkercad*, pois com o uso adequado do multímetro os estudantes terão melhores condições de responderem sobre a intensidade do brilho em cada lâmpada.

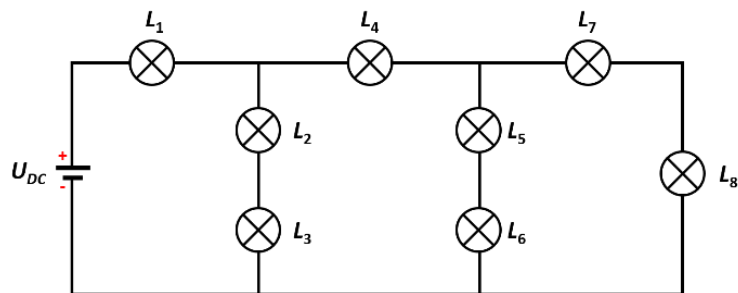
Com esses quatro exemplos de circuitos elétricos com lâmpadas incandescentes acredita-se ser possível elaborar uma atividade pedagógica investigativa que contemple os assuntos de tensão, corrente e resistência a partir da utilização do multímetro. Ampliando as possibilidades, os próprios estudantes podem construir e simular outros experimentos virtuais e investigar com o multímetro os resultados observados na intensidade do brilho de cada lâmpada incandescente.

## **Resolução de questões do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio)**

Além da ferramenta *Tinkercad* ser interessante para o desenvolvimento de diversas habilidades voltadas para o estudo de circuitos elétricos, ela também pode servir como alternativa para análise de questões do ENEM e outros vestibulares. Dessa forma, são sugeridos dois exemplos de questões do ENEM que podem ser desenvolvidas em sala de aula utilizando o *Tinkercad* e ajudam na compreensão de alguns conceitos importantes sobre circuitos elétricos.

No primeiro exemplo, toma-se como referência uma questão da prova do ENEM do ano de 2009 (INEP, 2009) para abordar um circuito elétrico com oito lâmpadas idênticas em ligação mista e alimentado por uma bateria, Figura 13.

**Figura 13:** Representação esquemática de um circuito elétrico com oito lâmpadas em ligação mista e alimentado por uma fonte de tensão contínua.



Fonte: INEP, 2009, p. 15.

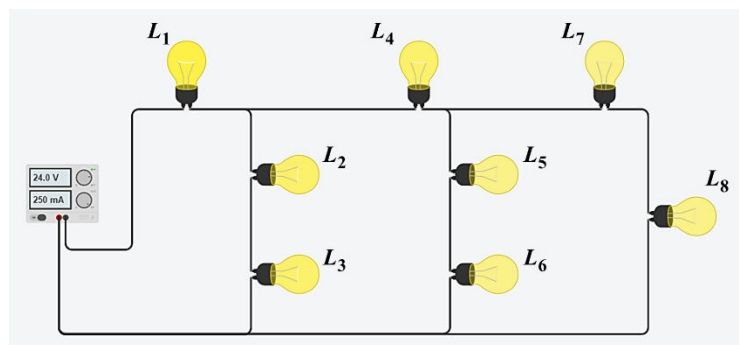
Com base na Figura 13, a prova do ENEM apresentou a seguinte questão:

Considere a seguinte situação hipotética: ao preparar o palco para a apresentação de uma peça de teatro, o iluminador deveria colocar três atores sob luzes que tinham igual brilho e os demais, sob luzes de menor brilho. O iluminador determinou, então, aos técnicos, que instalassem no palco oito lâmpadas incandescentes com a mesma especificação ( $L_1$  a  $L_8$ ), interligadas em um circuito com uma bateria.

Nessa situação, quais são as três lâmpadas que acendem com o mesmo brilho por apresentarem igual valor de corrente fluindo nelas, sob as quais devem se posicionar os três atores?

Buscando uma resposta objetiva e direta para essa questão, exhibe-se na Figura 14 o circuito elétrico da referida questão do ENEM elaborado no *Tinkercad*.

**Figura 14:** Experimento virtual de um circuito elétrico no *Tinkercad* com base na Figura 13.

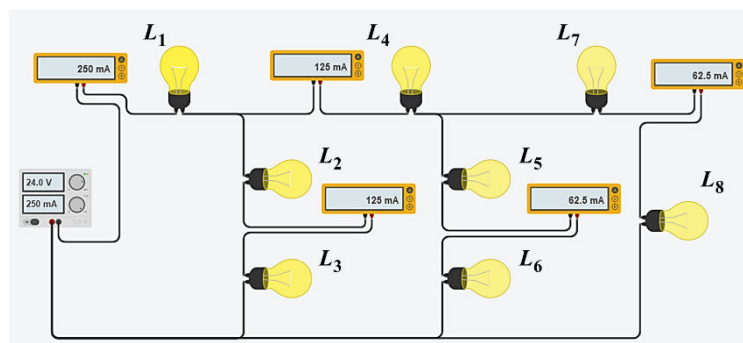


Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Percebe-se que a simples simulação no *Tinkercad* do circuito elétrico da Figura 14 pode não ser conclusiva, no sentido de que não há uma boa nitidez para afirmarmos categoricamente quais são as três lâmpadas que possuem a mesma intensidade no brilho. Por isso este exemplo pode ser oportuno para planejar uma

atividade investigativa para os estudantes: para obter uma conclusão a partir de simulações computacionais no *Tinkercad* é necessário utilizar adequadamente o multímetro. Na Figura 15, é apresentada uma simulação que mostra os valores de corrente que percorre cada uma das oito lâmpadas.

**Figura 15:** Experimento virtual elaborado no *Tinkercad* a partir do circuito elétrico da Figura 13 com a utilização de multímetros para medir o valor da corrente em cada lâmpada.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Importante esclarecer que, embora existam oito lâmpadas, são necessários cinco multímetros para medirmos a corrente que percorre cada uma das oito lâmpadas, pois os pares de lâmpadas  $L_2 / L_3$ ,  $L_5 / L_6$  e  $L_7 / L_8$  estão conectados em série, sendo um único multímetro necessário para cada um desses pares. Desse modo, conclui-se que as lâmpadas  $L_2$ ,  $L_3$  e  $L_4$  possuem o mesmo brilho (mesma intensidade de corrente as atravessam).

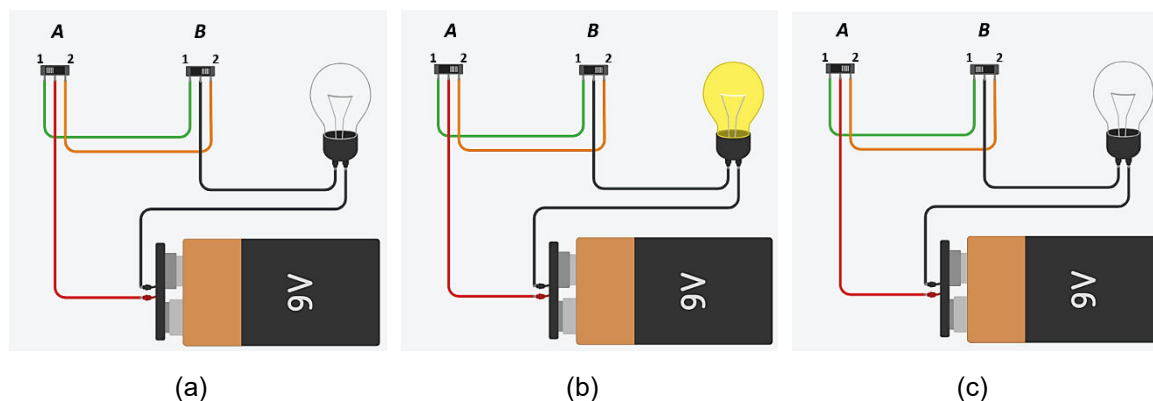
Para encerrar, apresenta-se uma questão da prova do ENEM do ano de 2017 (INEP, 2017, p. 6) que envolve a utilização de interruptores para acender/desligar uma lâmpada.

Durante a reforma da sua residência, um casal decidiu que seria prático poder acender a luz do quarto acionando um interruptor ao lado da porta e apagá-la com outro interruptor próximo à cama. Um eletrotécnico explicou que esse sistema usado para controlar uma lâmpada a partir de dois pontos é conhecido como circuito de interruptores paralelos. Como deve ser feita a montagem do circuito no quarto desse casal?

Com a utilização de simulações computacionais no *Tinkercad* é possível propor uma atividade em grupo aos estudantes para a solução dessa questão. A ideia é não mostrar as alternativas da questão do ENEM, possibilitando, assim, ações colaborativas entre os estudantes na construção e simulação de um circuito

elétrico que solucione o problema inicial. Ao final, na Figuras 16 (a), (b) e (c) é mostrado um experimento virtual que reproduz o sistema usado para controlar uma lâmpada a partir de dois interruptores.

**Figura 16:** Experimento virtual elaborado no *Tinkercad* de um circuito de interruptores paralelos: (a) lâmpada apagada - interruptor *A* na posição 1 e *B* na posição 2, (b) lâmpada acesa – interruptor *A* na posição 2 e *B* na posição 1 e (c) lâmpada apagada – interruptor *A* na posição 2 e *B* na posição 1.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Importante explicar que este circuito elétrico é formado por uma lâmpada, uma bateria e dois interruptores (*A* e *B*) com duas posições (1 e 2) conectados por fios condutores. Para melhor ilustrar a situação, considera-se que o interruptor *A* está ao lado da porta e o interruptor *B* ao lado da cama: inicialmente, na Figura 16 (a), a lâmpada está apagada com o interruptor *A* na posição 1 e o interruptor *B* na posição 2; em seguida, na Figura 16 (b), para acender a lâmpada a posição do interruptor *A* é alterada – posição 2; finalmente, Figura 16 (c), a lâmpada volta a ficar apagada quando o interruptor *B* é colocado na posição 1.

Finaliza-se esse tópico do artigo lembrando que não se pode pensar a utilização do *Tinkercad* com o intuito exclusivo de auxiliar os estudantes a encontrarem a alternativa correta. Pelo contrário, as duas questões acima exibidas são exemplos de como é possível planejar atividades investigativas para os estudantes sobre a temática circuitos elétricos a partir de questões do ENEM.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto da utilização das TDIC em ambientes educacionais, busca-se com este artigo divulgar para professores de Física o *Tinkercad*, enquanto

ferramenta que permite o desenvolvimento de experimentos virtuais sobre circuitos elétricos. Para tanto, ao longo do texto mostrou-se vários exemplos de experimentos virtuais que podem ser abordados nas aulas de Física: resistência equivalente, circuitos elétricos compostos por lâmpadas (e interruptores), associação de resistores (série, paralelo e mista) e resolução de questões do ENEM.

A simples utilização do *Tinkercad*, assim como de qualquer outra ferramenta tecnológica, não garante uma participação ativa dos estudantes ou o estabelecimento de um ambiente de ensino e aprendizagem significativo. Uma vez definido o que irá ser ensinado, circuitos elétricos para estudantes do Ensino Médio, é necessário refletir e planejar como irá ser ensinado. Nessa perspectiva, pensa-se no *Tinkercad* como parte de uma SEI: uma sucessão de aulas organizadas para abordar os objetos do conhecimento previstos no programa escolar (conteúdos) em diferentes contextos educacionais. Ou seja, entende-se a utilização de experimentos virtuais no *Tinkercad* como parte de um conjunto de ações pedagógicas embasadas nos pressupostos do Ensino por Investigação.

Para encerrar, convém dizer que a ideia com as propostas de experimentos virtuais aqui exibidos não consistiu na simples visualização dos fenômenos ou resolução de questões (inclusive do ENEM) que permeiam o assunto circuitos elétricos. A proposta deste artigo foi de compartilhar com professores algumas atividades investigativas que foram desenvolvidas para os estudantes baseadas no Ensino por Investigação. Entende-se que as propostas didáticas aqui exibidas são sugestões para o planejamento de uma SEI, e não um material pronto e fechado a ser aplicado em qualquer contexto educacional.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. E.; SCARPAT JR, A.; BUFFON, L. O. O uso de um software de simulações para a aprendizagem de circuitos elétricos simples: uma abordagem a partir do ensino por investigação. *Revista do Professor de Física*, v. 2, n. 2, p. 59-72, 2018.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio. Publicada no D.O.U. de 14/12/2018, p. 547-560.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In Carvalho, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula (p.1-20), São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 3, 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino e Aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. Estudos Avançados, v. 32, n. 94, p. 43-55, 2018.

DA SILVA, M. C. Quais lâmpadas acendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos. Física na Escola, v. 12, n. 1, p. 16-19, 2011.

DA SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. L. Revisão sistemática da literatura acerca da experimentação virtual no Ensino de Física. Ensino & Pesquisa, v. 17, n. 1, p. 49-77, 2019.

DA SILVEIRA, F. L. Um teste para verificar se o respondente possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. In: ROCHA FILHO, J. B. (org.) Física no Ensino Médio: falhas e soluções. Porto Alegre: EdIPUCRS, 2011.

DE OLIVEIRA, M. P.; CID, A. S. O uso de simulações computacionais com o predizer-observar-explicar no aprendizado de conceitos de Física: uma revisão da literatura. ACTIO – Docência em Ciências, v. 7, n. 2, p. 1-22, 2022.

MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. esp., p. 562-613, 2012.

MACÊDO, J. A.; PEDROSO, L. S.; VOELZKE, M. R.; ARAÚJO, M. S. T. Levantamento das abordagens e tendências dos trabalhos sobre Tecnologias de Informação e Comunicação apresentados no XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p. 167-197, 2014.

MARQUES, S. P. M.; GOMES, E. C. S.; MARTINS, M. M. M. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências: tendências dos artigos publicados nos ENPECs. Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, v. 7, e170721, 2021.

INEP, 2009. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio. Disponível em:

<[https://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2009/dia1\\_caderno1\\_azul.pdf](https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2009/dia1_caderno1_azul.pdf)>. Acessado em agosto de 2023.

INEP, 2017. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio. Disponível em: <[https://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2017/2017\\_PV\\_impresso\\_D2\\_CD12.pdf](https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2017/2017_PV_impresso_D2_CD12.pdf)>. Acessado em março de 2023.

RODRIGUES, D. P.; MOTA, A. P.; SOUZA, P.V. S. Circuitos Elétricos com Materiais de baixo custo: uma proposta pautada na aprendizagem significativa de Ausubel. Revista do Professor de Física, v. 3, n. 1, p. 133-154, 2019.

SANTOS, J. C.; DICKMAN, A. G. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 41, n. 1, e20180161, 2019.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, v. 17, n. esp., 49-67, 2015.

SASSERON, L. H. e CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. Investigação em Ensino de Ciências, v. 16, n. 1, 59-77, 2011.

STUDART, N. Inovando a Ensino de Física com Metodologia Ativas. Revista do Professor de Física, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.