

CIRCUITOS ELÉTRICOS RESISTIVOS NA PLATAFORMA TINKERCAD ARDUÍNO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA ATRAVÉS DA TEORIA DE APRENDIZAGEM DE AUSUBEL

**RESISTIVE ELECTRICAL CIRCUITS ON THE TINKERCAD ARDUINO
PLATFORM: A DIDACTIC SEQUENCE BASED ON AUSUBEL'S LEARNING
THEORY**

Ciências Exatas e da Terra • 29/05/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/779985696](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/779985696)

Ivalda Felix de Sousa

RESUMO

Analisando o grande índice de reprovações na disciplina de Física no terceiro ano do ensino médio, nota-se que este é um dos fatores que afastam o aprendiz das possibilidades de assimilar os conceitos e fenômenos, estudados na disciplina, de forma significativa. Dentre essas dificuldades estão os métodos avaliativos habituais utilizados que, em geral, exigem a resolução de exercícios de forma mecânica. Motivados por essas inquietações, propôs-se o desenvolvimento de um produto educacional, que objetiva apresentar, através de uma sequência didática, o estudo de circuitos elétricos resistivos na plataforma Tinkercad Arduíno. Os estudantes, após contato com as aulas virtuais, e através de conhecimento dos experimentos na plataforma Tinkercad Arduíno, com circuitos resistivos, associados à aplicação no cotidiano, apresentaram melhoras de aprendizagem de conceitos e fenômenos físicos relacionados ao estudo, e na resolução das questões de discussão. É importante lembrar que, frente ao ano atípico em que se sucede esta pesquisa, os estudantes apresentaram interesse e motivação, por muitas vezes, em conhecer, de forma mais dinâmica, os temas de Eletrodinâmica, especificamente, circuitos elétricos resistivos, mostrando que a metodologia de estudo explorada está em conformidade com a literatura, apontando que os principais fatores que influenciam sobre a aprendizagem significativa são: promover a vontade de aprender e levar em conta os conhecimentos prévios do aprendiz. Não se pode deixar de destacar que, mesmo com resultado positivo nesta proposta, a aprendizagem necessita de auxílio do professor, promovendo um percentual maior de estudantes capacitados nesta ação.

Palavras-chave: Ensino de Física; Circuitos Elétricos resistivos; Eletrodinâmica; Plataforma TinkercadArduíno.

ABSTRACT

Analyzing the high failure rate in Physics in the third year of high school, it is noted that this is one of the factors that prevents students from meaningfully assimilating the concepts and phenomena studied in the subject. Among these difficulties are the usual assessment methods used, which generally require the mechanical resolution of exercises. Motivated by these concerns, the development of an educational product was proposed, aiming to present, through a didactic sequence, the study of resistive electrical circuits on the Tinkercad Arduino platform. After engaging with the virtual classes and learning about experiments on the Tinkercad Arduino platform with resistive circuits and their everyday applications, students showed improvements in learning physical concepts and phenomena related to the study, and in solving discussion questions. It is important to remember that, given the atypical year in which this research takes place, the students often showed interest and motivation in learning about Electrodynamics, specifically resistive electrical circuits, in a more dynamic way. This demonstrates that the study methodology explored is in line with the literature, indicating that the main factors influencing meaningful learning are: promoting the desire to learn and taking into account the learner's prior knowledge. It should also be noted that, even with the positive results of this approach, learning requires teacher support, promoting a higher percentage of students capable of this action.

Keywords: Physics teaching; Resistive electrical circuits; Electrodynamics; Tinkercad Arduino platform.

1. INTRODUÇÃO

Os fenômenos elétricos estão presentes em praticamente todas as atividades da vida contemporânea, sendo fundamentais para o desenvolvimento tecnológico e científico da sociedade. No ambiente escolar, entretanto, o ensino de Eletrodinâmica ainda apresenta dificuldades significativas relacionadas à compreensão dos conceitos físicos por parte dos estudantes, principalmente no estudo de circuitos elétricos resistivos. Em muitos casos, a disciplina de Física é trabalhada de maneira excessivamente mecanizada, baseada na memorização de fórmulas e na resolução repetitiva de exercícios matemáticos, afastando os conteúdos da realidade cotidiana do aluno (BRASIL, 1999).

O elevado índice de dificuldades e reprovações na disciplina evidencia a necessidade de metodologias que favoreçam maior participação discente e contextualização do conhecimento científico. Nesse cenário, as atividades experimentais tornam-se importantes ferramentas no processo de ensino-aprendizagem, pois permitem ao estudante relacionar teoria e prática de forma mais dinâmica, investigativa e significativa (GALIAZZI et al., 2001). Além disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais destacam que a experimentação deve estar presente ao longo do desenvolvimento das competências em Física, valorizando o fazer, o investigar e a construção ativa do conhecimento pelo estudante (BRASIL, 2000).

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações conseguem relacionar-se aos conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, possibilitando a construção de sentidos para os conteúdos estudados (AUSUBEL, 2000). Dessa forma, metodologias que promovam interação, contextualização e participação ativa dos alunos tendem a favorecer melhores resultados no ensino de Física, especialmente quando

associadas a recursos tecnológicos e atividades investigativas (MOREIRA, 2011).

Outro aspecto relevante refere-se à ausência ou precariedade de laboratórios experimentais em muitas escolas públicas, dificultando a realização de práticas presenciais relacionadas aos conteúdos de eletricidade. Diante dessa limitação estrutural, plataformas virtuais de simulação surgem como alternativas acessíveis e viáveis para complementar as aulas de Física, permitindo ao estudante manipular componentes eletrônicos e observar fenômenos físicos de forma interativa (VALADARES, 2001).

Nesse contexto, destaca-se a plataforma Tinkercad Arduino, que possibilita a construção e simulação de circuitos elétricos virtuais por meio de uma interface intuitiva e de fácil acesso. A utilização desse recurso pode contribuir para tornar o estudo de Eletrodinâmica mais atrativo e próximo da realidade dos estudantes, favorecendo a compreensão de conceitos relacionados à corrente elétrica, resistência elétrica, Lei de Ohm e associação de resistores.

Diante dessas considerações, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma sequência didática baseada na utilização da plataforma Tinkercad Arduino para o ensino de circuitos elétricos resistivos nas aulas de Eletrodinâmica. Especificamente, busca-se verificar a aprendizagem de conceitos relacionados à corrente elétrica e resistência elétrica, utilizar atividades experimentais virtuais como complemento às aulas de Física, desenvolver práticas envolvendo associação de resistores em série e paralelo, avaliar a aprendizagem dos estudantes por meio de pré e pós-testes e investigar a contribuição da plataforma Tinkercad Arduino para a aprendizagem significativa dos conteúdos abordados.

2. ENSINO DE FÍSICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

2.1. Dificuldades no Ensino de Física

O ensino de Física no contexto da Educação Básica brasileira ainda enfrenta inúmeras dificuldades relacionadas tanto às condições estruturais das instituições escolares quanto às metodologias tradicionalmente utilizadas nas aulas. Apesar da importância da Física para a compreensão dos fenômenos naturais e do desenvolvimento tecnológico da sociedade contemporânea, a disciplina ainda é frequentemente associada pelos estudantes a conteúdos excessivamente abstratos, fórmulas matemáticas complexas e exercícios repetitivos, fatores que contribuem para o desinteresse e para os elevados índices de dificuldades de aprendizagem (PIETROCOLA, 2001).

Em muitas escolas, o ensino de Física permanece centrado na transmissão mecânica de conteúdos, em que o professor assume papel predominantemente expositivo e o aluno atua apenas como receptor passivo das informações. Nesse modelo tradicional, os conteúdos costumam ser apresentados de forma descontextualizada, distanciando-se da realidade cotidiana dos estudantes e dificultando a construção de significados relacionados aos fenômenos físicos estudados (BRASIL, 1999).

Além disso, muitos estudantes chegam ao Ensino Médio apresentando dificuldades em conteúdos matemáticos básicos, o que interfere diretamente na aprendizagem da Física. Como grande parte dos conteúdos da disciplina envolve interpretação de expressões algébricas, resolução de equações e análise gráfica, a deficiência em matemática acaba dificultando também a

compreensão dos conceitos físicos abordados em sala de aula (ARAÚJO; UCHOA, 2015).

Outro aspecto importante refere-se à carência de recursos didáticos e laboratoriais nas escolas públicas brasileiras. Em diversas instituições de ensino, os laboratórios de Ciências são inexistentes, encontram-se desativados ou possuem equipamentos insuficientes para o desenvolvimento de práticas experimentais. Essa limitação estrutural faz com que muitos professores trabalhem os conteúdos apenas de maneira teórica, reduzindo as possibilidades de experimentação e investigação científica durante as aulas (VALADARES, 2001).

As dificuldades também envolvem questões relacionadas à valorização profissional e às condições de trabalho dos docentes. Muitos professores atuam em jornadas extensas, distribuídas em diferentes instituições escolares, o que reduz o tempo disponível para planejamento de aulas diferenciadas, produção de materiais didáticos e desenvolvimento de atividades experimentais. Em alguns casos, professores de áreas distintas acabam assumindo aulas de Física devido à carência de profissionais com formação específica, comprometendo ainda mais a qualidade do processo de ensino-aprendizagem (ARAÚJO; UCHOA, 2015).

Outro fator frequentemente observado é a dificuldade dos estudantes em relacionar os conteúdos de Física às situações presentes em seu cotidiano. Muitas vezes, os fenômenos físicos são apresentados apenas em linguagem técnica e matemática, sem contextualização prática, fazendo com que os alunos enxerguem a disciplina como distante de suas experiências diárias. Essa ausência de contextualização acaba contribuindo para uma aprendizagem

mecânica baseada apenas na memorização de fórmulas e procedimentos algébricos (MOREIRA, 2011).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais ressaltam que o ensino de Física deve ultrapassar a simples transmissão de conteúdos e contribuir para a formação de cidadãos capazes de compreender, interpretar e intervir na realidade em que vivem (BRASIL, 2000). Nesse sentido, torna-se necessário desenvolver metodologias que favoreçam maior participação discente, contextualização dos conteúdos e aproximação entre teoria e prática.

Diante desse cenário, diversos pesquisadores defendem a utilização de metodologias ativas, recursos tecnológicos e atividades experimentais como estratégias capazes de tornar o ensino de Física mais significativo e motivador para os estudantes. A inserção de práticas investigativas nas aulas permite que o aluno participe mais ativamente da construção do conhecimento científico, desenvolvendo habilidades relacionadas à observação, interpretação, argumentação e resolução de problemas (GALIAZZI et al., 2001).

A utilização de tecnologias digitais também vem ganhando destaque no contexto educacional contemporâneo, especialmente devido à ampliação do acesso a computadores, smartphones e plataformas virtuais de aprendizagem. No ensino de Física, ferramentas digitais de simulação apresentam grande potencial pedagógico por possibilitarem visualização de fenômenos, manipulação de variáveis e realização de experimentos virtuais mesmo em contextos escolares com limitações estruturais (MARTINS, 2016).

Nesse contexto, plataformas como o Tinkercad Arduino apresentam-se como alternativas metodológicas relevantes para o ensino de Eletrodinâmica, permitindo aos estudantes construir, testar e simular circuitos elétricos de maneira dinâmica, interativa e acessível. A utilização desses recursos pode contribuir para aproximar os conteúdos científicos da realidade tecnológica vivenciada pelos estudantes, favorecendo maior interesse e participação durante as aulas de Física.

2.2. Atividades Experimentais no Ensino de Física

As atividades experimentais ocupam papel fundamental no ensino de Ciências da Natureza, especialmente no ensino de Física, por possibilitarem maior aproximação entre os conceitos teóricos e os fenômenos observáveis no cotidiano. A experimentação permite que os estudantes participem de maneira mais ativa do processo de aprendizagem, favorecendo a investigação, a construção de hipóteses, a análise de resultados e o desenvolvimento do pensamento científico (GALIAZZI et al., 2001).

Historicamente, o ensino de Física esteve fortemente associado à resolução de exercícios matemáticos e à transmissão expositiva de conteúdos, reduzindo as possibilidades de participação efetiva dos estudantes durante as aulas. Nesse modelo tradicional, muitos conceitos acabam sendo apresentados de maneira abstrata, dificultando a compreensão dos fenômenos físicos e a relação entre teoria e prática. A utilização de atividades experimentais surge, portanto, como importante estratégia metodológica para tornar os conteúdos mais concretos e significativos (GUIMARÃES, 2009).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, a experimentação deve integrar o processo de construção do conhecimento científico, promovendo o desenvolvimento da curiosidade, da investigação e da autonomia intelectual dos estudantes. O documento destaca ainda que as atividades experimentais não devem restringir-se apenas aos laboratórios tradicionais, podendo ser realizadas por meio de diferentes recursos e estratégias pedagógicas (BRASIL, 2000).

Nesse sentido, a experimentação no ensino de Física ultrapassa a simples observação de fenômenos ou a reprodução mecânica de procedimentos previamente definidos. As práticas experimentais podem favorecer o desenvolvimento de habilidades relacionadas à interpretação de dados, argumentação científica, resolução de problemas e tomada de decisões, contribuindo para uma aprendizagem mais reflexiva e investigativa (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Araújo e Abib (2003) classificam as atividades experimentais em três principais categorias: demonstrativas, verificativas e investigativas. Nas atividades demonstrativas, o professor realiza o experimento enquanto os alunos observam os fenômenos apresentados. Embora esse modelo apresente menor participação discente, ele pode contribuir para ilustrar conceitos físicos e despertar o interesse dos estudantes pelos conteúdos abordados.

As atividades verificativas têm como objetivo confirmar leis físicas e conceitos previamente estudados teoricamente. Nesse tipo de prática, os estudantes executam procedimentos experimentais buscando comprovar relações matemáticas ou comportamentos físicos esperados. Apesar de possuírem estrutura mais direcionada, essas atividades auxiliam na compreensão dos conteúdos científicos

e na interpretação de grandezas físicas envolvidas nos fenômenos estudados (DORNELLES, 2010).

Já as atividades investigativas apresentam maior potencial pedagógico por promoverem participação mais ativa dos estudantes durante o processo de aprendizagem. Nesse modelo, os alunos são incentivados a levantar hipóteses, interpretar resultados, discutir explicações e propor soluções para problemas apresentados durante as práticas experimentais. O professor atua como mediador da aprendizagem, orientando as discussões e estimulando a construção coletiva do conhecimento científico (HIGA; OLIVEIRA, 2012).

Outro aspecto relevante refere-se ao potencial motivador das atividades experimentais no ensino de Física. Quando os estudantes conseguem visualizar fenômenos físicos ocorrendo na prática, a aprendizagem tende a tornar-se mais significativa, pois os conteúdos deixam de ser percebidos apenas como fórmulas abstratas presentes nos livros didáticos. A experimentação possibilita ao aluno relacionar os conhecimentos científicos às situações vivenciadas em seu cotidiano, favorecendo maior interesse e envolvimento durante as aulas (SOUZA; HEINECK, 2006).

Entretanto, apesar da relevância das práticas experimentais, muitas escolas públicas brasileiras enfrentam dificuldades estruturais para implementação de laboratórios de Física adequados. A ausência de equipamentos específicos, materiais laboratoriais e espaços apropriados acaba limitando a realização de atividades práticas presenciais, fazendo com que muitos professores recorram predominantemente às aulas expositivas tradicionais (VALADARES, 2001).

Diante dessas limitações, o uso de tecnologias digitais e plataformas de simulação virtual vem se consolidando como alternativa metodológica viável para complementar o ensino experimental de Física. As simulações computacionais permitem aos estudantes observar fenômenos, testar hipóteses e manipular variáveis de maneira interativa, mesmo em contextos escolares com poucos recursos laboratoriais (MARTINS, 2016).

No ensino de Eletrodinâmica, especificamente, as plataformas de simulação possibilitam a montagem de circuitos elétricos, medições de corrente e tensão, análise de associações resistivas e visualização do comportamento dos componentes eletrônicos em tempo real. Essas ferramentas favorecem maior compreensão dos conceitos físicos relacionados à eletricidade e contribuem para tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e acessível aos estudantes.

Nesse contexto, a plataforma Tinkercad Arduino apresenta-se como importante recurso pedagógico para o ensino de circuitos elétricos resistivos, permitindo a realização de experimentos virtuais de maneira intuitiva e interativa. A utilização dessa ferramenta contribui para aproximar teoria e prática, favorecendo o desenvolvimento da aprendizagem significativa e ampliando as possibilidades metodológicas no ensino de Física.

2.3. Aprendizagem Significativa de Ausubel

A Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por David Ausubel, constitui uma das principais referências teóricas utilizadas nas pesquisas voltadas ao ensino de Ciências e, particularmente, ao ensino de Física. Essa teoria fundamenta-se na ideia de que o

processo de aprendizagem ocorre de maneira mais eficiente quando novas informações conseguem relacionar-se aos conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2000).

Diferentemente da aprendizagem mecânica, caracterizada pela simples memorização de informações, fórmulas e definições, a aprendizagem significativa pressupõe compreensão, atribuição de sentidos e integração entre os conhecimentos novos e aqueles já existentes na estrutura mental do estudante. Nesse processo, o aluno deixa de atuar apenas como receptor passivo de conteúdos e passa a construir relações cognitivas capazes de favorecer interpretações mais amplas sobre os fenômenos estudados (MOREIRA, 2011).

Segundo Ausubel, o principal fator que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Dessa maneira, o professor deve considerar os conhecimentos prévios dos estudantes no planejamento das atividades pedagógicas, buscando estabelecer conexões entre os conteúdos científicos e as experiências anteriormente vivenciadas pelos alunos (AUSUBEL, 2000).

Nesse contexto, surgem os chamados subsunçores, definidos como estruturas cognitivas já existentes que servem de ancoragem para os novos conhecimentos. Quanto mais desenvolvidos e organizados forem esses conhecimentos prévios, maiores serão as possibilidades de assimilação significativa das novas informações apresentadas durante o processo de ensino-aprendizagem (MOREIRA, 2011).

A aprendizagem significativa não ocorre apenas pela exposição do estudante a materiais potencialmente significativos. Ausubel

destaca que também é necessário que o aluno apresente disposição para aprender, ou seja, interesse em estabelecer relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos já presentes em sua estrutura cognitiva. Quando isso não acontece, o estudante tende a recorrer à memorização mecânica das informações, resultando em aprendizagem superficial e de curta duração (AUSUBEL, 2000).

No ensino de Física, essa discussão apresenta grande relevância, pois muitos conteúdos científicos costumam ser trabalhados de forma excessivamente abstrata e matematizada. Em diversas situações, os estudantes aprendem fórmulas e procedimentos algébricos sem compreender os significados físicos envolvidos nos fenômenos estudados. Como consequência, ocorre uma aprendizagem fragmentada e baseada predominantemente na repetição mecânica de exercícios (PIETROCOLA, 2001).

A utilização de metodologias que favoreçam a contextualização dos conteúdos e a participação ativa dos estudantes pode contribuir significativamente para o desenvolvimento da aprendizagem significativa no ensino de Física. Nesse sentido, as atividades experimentais desempenham importante papel pedagógico, pois possibilitam aos alunos observar fenômenos, levantar hipóteses, testar explicações e relacionar teoria e prática durante as aulas (GALIAZZI et al., 2001).

As atividades experimentais também favorecem o desenvolvimento da autonomia intelectual dos estudantes, permitindo maior participação durante o processo de construção do conhecimento científico. Quando os alunos manipulam materiais, realizam medições, analisam resultados e discutem interpretações, a

aprendizagem tende a tornar-se mais significativa e contextualizada (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Além da experimentação tradicional, o uso de tecnologias digitais e plataformas de simulação virtual amplia as possibilidades metodológicas no ensino de Física. Ferramentas computacionais permitem a realização de atividades interativas que favorecem a visualização de fenômenos físicos e a manipulação de variáveis em ambientes virtuais, contribuindo para maior compreensão dos conteúdos científicos (MARTINS, 2016).

No caso específico desta pesquisa, a utilização da plataforma Tinkercad Arduino apresenta-se como recurso pedagógico alinhado aos pressupostos da Aprendizagem Significativa. Por meio da construção e simulação de circuitos elétricos virtuais, os estudantes conseguem relacionar os conceitos de corrente elétrica, resistência, tensão e associação de resistores a situações práticas e tecnológicas presentes no cotidiano contemporâneo.

Outro aspecto importante refere-se ao papel do professor no desenvolvimento da aprendizagem significativa. Nessa perspectiva teórica, o docente atua como mediador do processo educativo, organizando situações de aprendizagem que favoreçam a interação entre os conhecimentos prévios dos alunos e os novos conteúdos científicos apresentados em sala de aula. O professor deixa de assumir apenas função transmissora de informações e passa a orientar discussões, estimular questionamentos e promover reflexões acerca dos fenômenos estudados (MOREIRA, 2011).

A aprendizagem significativa também contribui para maior retenção dos conhecimentos ao longo do tempo. Quando o estudante

compreende os conceitos físicos e estabelece relações cognitivas entre teoria e prática, torna-se mais capaz de aplicar os conhecimentos adquiridos em diferentes contextos e situações-problema, ultrapassando os limites da simples memorização de fórmulas matemáticas (AUSUBEL, 2000).

Dessa forma, a utilização de metodologias investigativas associadas a recursos tecnológicos pode favorecer significativamente o ensino de Física no Ensino Médio, especialmente quando articuladas aos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa. A proposta desenvolvida nesta pesquisa busca justamente promover essa integração entre experimentação, tecnologia e construção significativa do conhecimento científico no estudo de circuitos elétricos resistivos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Corrente Elétrica

A corrente elétrica corresponde ao movimento ordenado de cargas elétricas no interior de um material condutor. Em condições naturais, os elétrons livres presentes nos materiais metálicos movimentam-se de maneira desordenada devido à agitação térmica. Entretanto, quando se estabelece uma diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um condutor, cria-se um campo elétrico capaz de orientar o deslocamento dessas cargas, originando a corrente elétrica (HALLIDAY et al., 2016).

Nos condutores metálicos, os elétrons livres movimentam-se em sentido oposto ao campo elétrico aplicado. Contudo, por convenção histórica, adotou-se o sentido da corrente elétrica como sendo o deslocamento de cargas positivas do polo positivo para o polo

negativo da fonte geradora. Essa convenção permanece utilizada até os dias atuais em representações de circuitos elétricos e análises teóricas da Eletrodinâmica (SEARS et al., 2014).

A intensidade da corrente elétrica está relacionada à quantidade de carga elétrica que atravessa determinada seção transversal do condutor em um intervalo de tempo. No Sistema Internacional de Unidades, a corrente elétrica é medida em ampère (A), sendo definida matematicamente pela relação entre carga elétrica e tempo:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

em que i representa a intensidade da corrente elétrica, ΔQ corresponde à quantidade de carga elétrica e Δt ao intervalo de tempo considerado (HALLIDAY et al., 2016).

O estudo da corrente elétrica possui grande relevância para a compreensão do funcionamento de diversos equipamentos presentes no cotidiano contemporâneo. Dispositivos como lâmpadas, computadores, eletrodomésticos, aparelhos celulares e sistemas eletrônicos em geral dependem diretamente do fluxo de corrente elétrica para seu funcionamento adequado. Dessa maneira, compreender os conceitos relacionados à eletricidade torna-se fundamental tanto para a formação científica quanto para a compreensão das tecnologias utilizadas diariamente pela sociedade (BRASIL, 2000).

Além disso, a corrente elétrica pode produzir diferentes efeitos físicos nos materiais percorridos por ela. Entre os principais destacam-se o efeito térmico, o efeito magnético e o efeito fisiológico. O efeito térmico ocorre devido ao aquecimento do

condutor provocado pela passagem da corrente elétrica, fenômeno conhecido como efeito Joule. Esse princípio é utilizado em diversos equipamentos elétricos, como chuveiros, secadores de cabelo, ferros elétricos e aquecedores (SEARS et al., 2015).

O efeito magnético refere-se à formação de campos magnéticos ao redor dos condutores percorridos por corrente elétrica. Esse fenômeno possibilitou o desenvolvimento de importantes aplicações tecnológicas, como motores elétricos, transformadores e dispositivos eletromagnéticos utilizados em diferentes áreas da indústria e da eletrônica (HALLIDAY et al., 2016).

Já o efeito fisiológico está relacionado às alterações provocadas pela passagem da corrente elétrica nos organismos vivos. Dependendo da intensidade da corrente e do tempo de exposição, podem ocorrer contrações musculares, queimaduras e até situações de risco à vida humana. Por esse motivo, o estudo da eletricidade também possui importante relação com questões de segurança no uso de equipamentos elétricos e instalações residenciais (SEARS et al., 2015).

No contexto do ensino de Física, o estudo da corrente elétrica frequentemente apresenta dificuldades para os estudantes devido ao caráter abstrato de muitos conceitos envolvidos. Em diversas situações, os conteúdos relacionados à eletricidade são trabalhados apenas por meio de fórmulas matemáticas e exercícios algébricos, sem associação prática com fenômenos observáveis no cotidiano. Isso contribui para uma aprendizagem mecânica e pouco significativa dos conteúdos de Eletrodinâmica (MOREIRA, 2011).

Diante dessa realidade, a utilização de atividades experimentais e recursos tecnológicos pode favorecer maior compreensão dos

conceitos relacionados à corrente elétrica. Por meio da construção e simulação de circuitos elétricos, os estudantes conseguem visualizar o comportamento da corrente nos condutores, compreender o funcionamento dos componentes eletrônicos e estabelecer relações entre teoria e prática durante o processo de aprendizagem (MARTINS, 2016).

Nesse sentido, a plataforma Tinkercad Arduino apresenta-se como importante ferramenta pedagógica para o ensino de Eletrodinâmica, pois possibilita a montagem virtual de circuitos elétricos e a realização de experimentos relacionados à corrente elétrica de maneira acessível, interativa e segura. A utilização desse recurso contribui para aproximar os conceitos científicos da realidade tecnológica vivenciada pelos estudantes, favorecendo uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos de Física.

3.2. Lei de Ohm e Resistência Elétrica

O estudo da resistência elétrica e da Lei de Ohm representa um dos conteúdos centrais da Eletrodinâmica no Ensino Médio, sendo fundamental para a compreensão do funcionamento dos circuitos elétricos resistivos. A resistência elétrica pode ser entendida como a dificuldade imposta por determinado material à passagem da corrente elétrica. Essa oposição ocorre devido às colisões entre os elétrons livres e os átomos presentes no interior do condutor durante o deslocamento das cargas elétricas (HALLIDAY et al., 2016).

A resistência elétrica depende de diferentes fatores, como o tipo de material utilizado, o comprimento do condutor, a área de sua seção transversal e a temperatura do sistema. Materiais diferentes apresentam comportamentos distintos quanto à condução elétrica,

o que explica a existência de materiais condutores, semicondutores e isolantes (SEARS et al., 2015).

Nos materiais condutores, como cobre e alumínio, os elétrons livres movimentam-se com maior facilidade, permitindo maior fluxo de corrente elétrica. Já nos materiais isolantes, como borracha e plástico, há grande dificuldade para o deslocamento das cargas elétricas, reduzindo significativamente a condução da corrente. Essa diferença ocorre devido às propriedades microscópicas dos materiais e à organização de seus elétrons nas bandas de energia (PÉREZ, 2000).

A relação entre corrente elétrica, diferença de potencial e resistência foi estudada pelo físico alemão Georg Simon Ohm, que desenvolveu experimentalmente a chamada Lei de Ohm. Segundo essa lei, em determinados materiais mantidos à temperatura constante, a diferença de potencial aplicada ao condutor é diretamente proporcional à corrente elétrica que o percorre (HALLIDAY et al., 2016).

Essa relação pode ser expressa pela equação:

$$V = R \cdot i$$

em que V representa a diferença de potencial elétrico, R corresponde à resistência elétrica do condutor e i representa a intensidade da corrente elétrica. A unidade de resistência elétrica no Sistema Internacional é o ohm (Ω), denominação estabelecida em homenagem a Georg Simon Ohm (SEARS et al., 2014).

A Lei de Ohm possui grande importância para o estudo dos circuitos elétricos, pois permite calcular valores de corrente, tensão e

resistência em diferentes situações práticas. Por meio dessa relação, torna-se possível compreender o funcionamento de diversos dispositivos elétricos presentes no cotidiano, como lâmpadas, resistores, chuveiros elétricos, aquecedores e equipamentos eletrônicos em geral.

Além da relação entre tensão, corrente e resistência, a resistência elétrica também pode ser expressa em função das características geométricas do condutor e da resistividade do material utilizado. Essa relação é dada pela expressão:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

em que R representa a resistência elétrica, ρ corresponde à resistividade do material, L representa o comprimento do condutor e A corresponde à área da seção transversal do fio (HALLIDAY et al., 2016).

A resistividade é uma propriedade característica de cada material e indica sua capacidade de conduzir corrente elétrica. Materiais com baixa resistividade apresentam maior facilidade para condução elétrica, enquanto materiais com elevada resistividade dificultam o deslocamento das cargas elétricas. Dessa forma, a escolha do material utilizado nos circuitos elétricos depende diretamente da finalidade tecnológica desejada (PÉREZ, 2000).

Os resistores podem ser classificados em ôhmicos e não ôhmicos. Nos resistores ôhmicos, a resistência permanece constante mesmo com a variação da diferença de potencial aplicada, resultando em relação linear entre corrente elétrica e tensão. Já os resistores não ôhmicos apresentam comportamento não linear, como ocorre nos

diodos semicondutores utilizados em diversos circuitos eletrônicos (SEARS et al., 2015).

No contexto do ensino de Física, os conteúdos relacionados à Lei de Ohm frequentemente apresentam dificuldades para os estudantes devido ao excesso de formalismo matemático utilizado nas aulas tradicionais. Muitas vezes, os alunos aprendem apenas a manipular equações sem compreender os significados físicos envolvidos nos fenômenos elétricos estudados (MOREIRA, 2011).

Diante disso, a utilização de atividades experimentais e simulações computacionais pode favorecer maior compreensão dos conceitos relacionados à resistência elétrica e à Lei de Ohm. Quando os estudantes conseguem observar o comportamento da corrente elétrica em circuitos reais ou simulados, a aprendizagem tende a tornar-se mais significativa, pois os conteúdos deixam de ser percebidos apenas como fórmulas matemáticas abstratas (ARAÚJO; ABIB, 2003).

A plataforma Tinkercad Arduino possibilita aos estudantes construir circuitos elétricos virtuais, alterar valores de resistência, tensão e corrente elétrica e observar em tempo real as modificações provocadas no comportamento do sistema. Esse tipo de atividade favorece a interpretação prática da Lei de Ohm e contribui para o desenvolvimento de habilidades investigativas durante o processo de aprendizagem (MARTINS, 2016).

Além da compreensão conceitual, o estudo da resistência elétrica também apresenta importante relação com questões tecnológicas e sociais. O funcionamento das instalações elétricas residenciais, a eficiência energética de equipamentos eletrônicos e os sistemas de

proteção elétrica dependem diretamente dos princípios relacionados à resistência e ao controle da corrente elétrica nos circuitos. Dessa forma, o ensino desses conteúdos contribui não apenas para a formação científica dos estudantes, mas também para o desenvolvimento de conhecimentos aplicáveis ao cotidiano e à cidadania.

3.3. Associação de Resistores em Série e Paralelo

O estudo das associações de resistores constitui importante etapa no ensino de circuitos elétricos resistivos, pois permite compreender o funcionamento de diferentes dispositivos elétricos presentes no cotidiano. Em circuitos elétricos, os resistores podem ser associados de diferentes maneiras, sendo as principais configurações as associações em série, em paralelo e mista. Cada tipo de associação apresenta características específicas relacionadas à distribuição da corrente elétrica, da diferença de potencial e da resistência equivalente do circuito (HALLIDAY et al., 2016).

Na associação em série, os resistores são conectados um após o outro em um único caminho para a passagem da corrente elétrica. Nessa configuração, a corrente elétrica que percorre o circuito é a mesma em todos os resistores associados, pois existe apenas uma trajetória possível para o deslocamento das cargas elétricas (SEARS et al., 2014).

Embora a corrente elétrica seja constante em todos os resistores da associação em série, a diferença de potencial elétrica distribui-se entre os componentes do circuito. Assim, a tensão total aplicada ao sistema corresponde à soma das tensões elétricas em cada resistor individualmente. Esse comportamento pode ser compreendido por

meio da aplicação da Lei de Ohm aos diferentes elementos do circuito (HALLIDAY et al., 2016).

A resistência equivalente da associação em série corresponde à soma das resistências individuais presentes no circuito, sendo representada pela expressão:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Essa relação demonstra que a resistência equivalente aumenta à medida que novos resistores são adicionados em série ao circuito. Como consequência, ocorre redução da intensidade da corrente elétrica quando a tensão aplicada permanece constante (SEARS et al., 2015).

As associações em série estão presentes em diferentes aplicações tecnológicas e sistemas elétricos. Em alguns dispositivos, os componentes precisam ser percorridos pela mesma corrente elétrica para funcionamento adequado. Entretanto, esse tipo de associação apresenta uma limitação importante: caso um dos componentes seja interrompido ou danificado, toda a corrente elétrica deixa de circular no circuito, interrompendo o funcionamento do sistema completo.

Na associação em paralelo, os resistores são ligados entre dois mesmos pontos do circuito, formando diferentes caminhos para a circulação da corrente elétrica. Nessa configuração, todos os resistores ficam submetidos à mesma diferença de potencial elétrica, enquanto a corrente elétrica total divide-se entre os diferentes ramos da associação (HALLIDAY et al., 2016).

A corrente elétrica total do circuito corresponde à soma das correntes que percorrem cada resistor associado em paralelo. Esse comportamento decorre da conservação da carga elétrica no sistema e pode ser compreendido por meio das Leis de Kirchhoff aplicadas aos circuitos elétricos (SEARS et al., 2014).

A resistência equivalente da associação em paralelo é calculada pela relação:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Diferentemente da associação em série, na associação em paralelo a resistência equivalente do circuito torna-se menor que qualquer uma das resistências individuais presentes no sistema. Isso ocorre porque a existência de múltiplos caminhos para a circulação das cargas elétricas facilita o deslocamento da corrente elétrica no circuito (HALLIDAY et al., 2016).

As instalações elétricas residenciais utilizam predominantemente associações em paralelo. Esse tipo de configuração permite que os aparelhos elétricos funcionem independentemente uns dos outros, mantendo a mesma tensão elétrica disponível em todos os pontos do sistema. Dessa forma, o desligamento ou defeito em um equipamento não interfere diretamente no funcionamento dos demais dispositivos conectados ao circuito.

Além das associações simples, existem também as associações mistas, caracterizadas pela combinação de resistores em série e em paralelo em um mesmo circuito elétrico. Nesses casos, a determinação da resistência equivalente exige análise por etapas,

identificando inicialmente as associações parciais presentes no sistema até simplificar completamente o circuito (SEARS et al., 2015).

O estudo das associações de resistores frequentemente apresenta dificuldades para os estudantes do Ensino Médio devido à necessidade de interpretar circuitos elétricos e compreender simultaneamente conceitos relacionados à corrente elétrica, diferença de potencial e resistência equivalente. Muitas vezes, os alunos conseguem memorizar as fórmulas matemáticas, mas apresentam dificuldades em compreender o comportamento físico dos circuitos analisados (MOREIRA, 2011).

Nesse contexto, a utilização de atividades experimentais e plataformas de simulação virtual apresenta grande potencial pedagógico. Quando os estudantes conseguem montar circuitos, observar o comportamento da corrente elétrica e analisar os efeitos das diferentes associações resistivas, a aprendizagem tende a tornar-se mais significativa e contextualizada (ARAÚJO; ABIB, 2003).

A plataforma Tinkercad Arduino permite aos alunos construir circuitos virtuais envolvendo associações em série, paralelo e mista, possibilitando a realização de medições de corrente elétrica e tensão em diferentes pontos do sistema. A visualização prática desses fenômenos favorece maior compreensão das relações matemáticas envolvidas nos cálculos de resistência equivalente e contribui para o desenvolvimento de habilidades investigativas no ensino de Física (MARTINS, 2016).

Além da importância acadêmica, o estudo das associações de resistores possui forte relação com situações presentes no cotidiano contemporâneo. Sistemas de iluminação, aparelhos eletrônicos,

instalações elétricas residenciais e equipamentos industriais dependem diretamente dos princípios relacionados à associação de componentes resistivos. Dessa forma, compreender esses conceitos contribui para aproximar o ensino de Física das experiências práticas vivenciadas pelos estudantes em seu cotidiano.

3.4. Plataforma Tinkercad Arduino no Ensino de Física

O avanço das tecnologias digitais nas últimas décadas provocou importantes transformações nos processos de ensino-aprendizagem, ampliando as possibilidades metodológicas disponíveis para os professores em diferentes áreas do conhecimento. No ensino de Física, a utilização de recursos tecnológicos vem se consolidando como alternativa capaz de favorecer maior interação entre os estudantes e os conteúdos científicos, especialmente em contextos escolares marcados por limitações estruturais relacionadas à ausência de laboratórios e materiais experimentais (MARTINS, 2016).

Entre os recursos tecnológicos utilizados no ensino de Ciências, destacam-se as plataformas de simulação virtual, que permitem aos estudantes visualizar fenômenos físicos, manipular variáveis e realizar experimentos em ambientes computacionais interativos. Essas ferramentas possibilitam maior aproximação entre teoria e prática, contribuindo para tornar os conteúdos científicos mais acessíveis, dinâmicos e contextualizados (VALADARES, 2001).

No ensino de Eletrodinâmica, as simulações computacionais apresentam grande potencial pedagógico por possibilitarem a construção de circuitos elétricos, análise de componentes eletrônicos e realização de medições de corrente e tensão sem a

necessidade imediata de equipamentos laboratoriais físicos. Além disso, as plataformas virtuais permitem aos estudantes testar hipóteses, corrigir erros e repetir experimentos quantas vezes forem necessárias, favorecendo uma aprendizagem mais investigativa e significativa (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Nesse contexto, a plataforma Tinkercad Arduino destaca-se como importante ferramenta educacional voltada à simulação de circuitos eletrônicos e programação básica. Desenvolvida de maneira intuitiva e acessível, a plataforma permite aos usuários montar circuitos elétricos virtuais utilizando componentes como resistores, LEDs, fios condutores, protoboards, sensores, fontes de alimentação e placas Arduino (MARTINS, 2016).

O Arduino consiste em uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto amplamente utilizada em projetos educacionais, tecnológicos e experimentais. Sua estrutura possibilita a integração entre hardware e software, permitindo a construção de sistemas eletrônicos programáveis aplicáveis em diferentes contextos educacionais e tecnológicos. No ensino de Física, o Arduino pode ser utilizado para o desenvolvimento de atividades relacionadas à eletricidade, automação, sensores e fenômenos físicos diversos.

A utilização da plataforma Tinkercad Arduino apresenta diversas vantagens pedagógicas para o ensino de circuitos elétricos resistivos. Uma das principais refere-se à possibilidade de realizar experimentos virtuais mesmo em instituições escolares que não possuem laboratórios físicos adequados. Dessa forma, os estudantes conseguem desenvolver atividades práticas utilizando apenas computadores ou dispositivos com acesso à internet, ampliando as

possibilidades de experimentação no ambiente escolar (VALADARES, 2001).

Outro aspecto relevante está relacionado à segurança durante as atividades experimentais. Em circuitos elétricos reais, erros de montagem podem provocar danos aos componentes ou oferecer riscos aos estudantes. Já nas simulações virtuais, os alunos podem testar diferentes configurações de circuitos sem riscos físicos, permitindo maior liberdade para investigação e aprendizagem por tentativa e erro (MARTINS, 2016).

Além disso, a plataforma favorece maior visualização dos fenômenos físicos relacionados à eletricidade. Durante as simulações, os estudantes conseguem observar o funcionamento dos circuitos em tempo real, identificar o fluxo da corrente elétrica, analisar o comportamento dos componentes eletrônicos e verificar os efeitos provocados por alterações nos valores de resistência e tensão elétrica. Essa visualização dinâmica contribui significativamente para a compreensão dos conceitos abstratos da Eletrodinâmica (HALLIDAY et al., 2016).

A utilização do Tinkercad Arduino também favorece o desenvolvimento da aprendizagem significativa proposta por Ausubel. Ao manipular componentes eletrônicos virtuais e relacionar os conteúdos estudados às tecnologias presentes em seu cotidiano, os estudantes conseguem estabelecer conexões entre os novos conhecimentos e suas experiências prévias, ampliando a compreensão dos conceitos físicos abordados durante as aulas (AUSUBEL, 2000).

Outro fator importante refere-se ao aumento do interesse e da motivação dos estudantes durante as atividades experimentais. A utilização de tecnologias digitais costuma despertar maior participação discente, especialmente porque aproxima o ensino de Física das ferramentas tecnológicas frequentemente utilizadas pelos jovens em seu cotidiano. Essa aproximação contribui para tornar o ambiente de aprendizagem mais interativo, dinâmico e participativo (MOREIRA, 2011).

No desenvolvimento desta pesquisa, a plataforma Tinkercad Arduino foi utilizada na realização de atividades relacionadas à identificação de materiais condutores e isolantes, montagem de circuitos elétricos simples, medição de corrente elétrica e tensão, aplicação da Lei de Ohm, associação de resistores em série e paralelo e simulação do funcionamento de um semáforo eletrônico. Essas atividades permitiram aos estudantes maior contato com os conceitos de Eletrodinâmica por meio de práticas investigativas e experimentais.

A utilização da plataforma também favoreceu o trabalho colaborativo entre os estudantes durante as atividades propostas. Ao discutirem os resultados obtidos nas simulações e analisarem coletivamente os circuitos montados, os alunos passaram a participar mais ativamente do processo de construção do conhecimento científico, desenvolvendo habilidades relacionadas à argumentação, interpretação e resolução de problemas (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Dessa forma, o uso do Tinkercad Arduino no ensino de Física apresenta-se como importante estratégia metodológica para complementar as aulas tradicionais de Eletrodinâmica, especialmente em contextos escolares que enfrentam limitações

estruturais para realização de práticas laboratoriais presenciais. A integração entre tecnologia, experimentação e aprendizagem significativa amplia as possibilidades pedagógicas do ensino de Física e favorece maior aproximação entre os conteúdos científicos e a realidade vivenciada pelos estudantes.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma proposta de intervenção pedagógica voltada ao ensino de circuitos elétricos resistivos por meio da utilização da plataforma Tinkercad Arduino. O estudo foi fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, buscando promover maior interação entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os conceitos físicos abordados durante as atividades desenvolvidas (AUSUBEL, 2000).

A proposta foi aplicada com estudantes da terceira série do Ensino Médio da Escola Estadual Antônio Carlos da Silva Natalino, utilizando aulas teóricas, atividades experimentais virtuais e instrumentos avaliativos para análise da aprendizagem. A sequência didática foi organizada com o objetivo de integrar conceitos de Eletrodinâmica a práticas investigativas envolvendo circuitos elétricos resistivos na plataforma Tinkercad Arduino.

Inicialmente, foi aplicada uma avaliação diagnóstica com a finalidade de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre eletricidade, corrente elétrica, resistência e associação de resistores. Em seguida, foram desenvolvidas aulas expositivas dialogadas sobre os principais conceitos relacionados à Eletrodinâmica, abordando corrente elétrica, efeitos da corrente, Lei de Ohm e circuitos resistivos (MOREIRA, 2011).

Após a introdução teórica dos conteúdos, os estudantes participaram de atividades experimentais virtuais utilizando a plataforma Tinkercad Arduino. Durante as práticas, foram desenvolvidas simulações envolvendo testes de condutividade elétrica, medição de corrente e tensão elétrica, montagem de circuitos simples, associação de resistores em série e paralelo e simulação do funcionamento de um semáforo eletrônico.

As atividades foram organizadas em sete etapas distribuídas ao longo de treze aulas, contemplando momentos de exposição teórica, resolução de questões, experimentação virtual e discussão coletiva dos resultados obtidos. O professor atuou como mediador do processo de aprendizagem, incentivando a participação dos estudantes durante as atividades e promovendo a relação entre os conceitos físicos e situações do cotidiano (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Ao final da aplicação da sequência didática, realizou-se um pós-teste contendo questões relacionadas aos conteúdos abordados durante as aulas. Os resultados obtidos foram comparados às respostas apresentadas no pré-teste, permitindo analisar possíveis avanços na aprendizagem dos estudantes em relação aos conceitos de circuitos elétricos resistivos.

A utilização da plataforma Tinkercad Arduino mostrou-se uma alternativa viável para complementar o ensino experimental de Física, especialmente em contextos escolares com limitações estruturais quanto à disponibilidade de laboratórios e equipamentos específicos para práticas presenciais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da sequência didática permitiu observar diferentes aspectos relacionados à aprendizagem dos estudantes durante o estudo de circuitos elétricos resistivos utilizando a plataforma Tinkercad Arduino. Desde a etapa inicial da pesquisa, constatou-se que muitos alunos apresentavam dificuldades em compreender conceitos básicos relacionados à corrente elétrica, resistência elétrica e associação de resistores, evidenciando limitações frequentemente observadas no ensino tradicional de Eletrodinâmica (MOREIRA, 2011).

Os resultados obtidos na avaliação diagnóstica inicial demonstraram que parte significativa dos estudantes apresentava dificuldades em interpretar situações-problema envolvendo circuitos elétricos, identificar diferenças entre associações em série e paralelo e aplicar corretamente a Lei de Ohm na resolução de exercícios. Em muitos casos, observou-se predominância de aprendizagem mecânica baseada apenas na memorização de fórmulas matemáticas, sem compreensão efetiva dos fenômenos físicos envolvidos nos conteúdos trabalhados (PIETROCOLA, 2001).

Durante as aulas teóricas dialogadas, verificou-se que a contextualização dos conteúdos com situações presentes no cotidiano contribuiu para maior participação dos estudantes. Questões relacionadas ao funcionamento de aparelhos eletrônicos, instalações elétricas residenciais, consumo de energia elétrica e dispositivos tecnológicos despertaram interesse dos alunos e favoreceram discussões mais amplas acerca dos fenômenos físicos relacionados à eletricidade (BRASIL, 2000).

Entretanto, foi durante as atividades experimentais virtuais que se observaram os avanços mais significativos em relação ao

envolvimento dos estudantes com os conteúdos de Física. A utilização da plataforma Tinkercad Arduino despertou grande interesse dos alunos, principalmente pela possibilidade de manipular componentes eletrônicos virtuais, construir circuitos elétricos e visualizar o comportamento da corrente elétrica em tempo real (MARTINS, 2016).

No experimento relacionado à identificação de materiais condutores e isolantes, os estudantes demonstraram maior facilidade em compreender os conceitos de condução elétrica após observarem os resultados obtidos nas simulações. A possibilidade de testar diferentes materiais e verificar experimentalmente o funcionamento dos circuitos favoreceu a construção de relações entre os conceitos teóricos e situações práticas presentes no cotidiano (SEARS et al., 2015).

As atividades envolvendo medições de corrente elétrica e diferença de potencial também apresentaram resultados positivos quanto à aprendizagem dos estudantes. Durante as simulações, os alunos puderam utilizar multímetros virtuais para analisar valores de corrente e tensão em diferentes pontos dos circuitos, favorecendo maior compreensão da aplicação prática da Lei de Ohm (HALLIDAY et al., 2016).

Observou-se que muitos estudantes passaram a compreender com maior clareza a relação entre tensão, corrente e resistência elétrica após manipularem os valores dos componentes nos circuitos simulados. A possibilidade de alterar resistores, fontes de tensão e conexões do circuito permitiu aos alunos perceberem experimentalmente as modificações provocadas no comportamento

da corrente elétrica, tornando os conteúdos mais concretos e compreensíveis.

Nas atividades relacionadas à associação de resistores em série e paralelo, verificou-se melhora significativa na interpretação dos circuitos elétricos. Antes da aplicação da sequência didática, muitos estudantes apresentavam dificuldades em diferenciar as características das associações resistivas e em calcular corretamente a resistência equivalente dos circuitos. Após as simulações realizadas na plataforma Tinkercad Arduino, observou-se maior segurança dos alunos na resolução das questões propostas e melhor compreensão dos conceitos envolvidos (SEARS et al., 2014).

Outro aspecto importante observado ao longo da pesquisa refere-se ao aumento da participação discente durante as aulas. As atividades experimentais favoreceram maior interação entre os estudantes e o professor, estimulando questionamentos, discussões e interpretações relacionadas aos fenômenos físicos observados durante as simulações. Os alunos passaram a participar de maneira mais ativa do processo de aprendizagem, assumindo postura investigativa diante das situações propostas (ARAÚJO; ABIB, 2003).

A utilização de recursos tecnológicos também contribuiu para tornar o ambiente de aprendizagem mais dinâmico e motivador. Muitos estudantes demonstraram entusiasmo durante as atividades práticas, especialmente pela possibilidade de utilizar ferramentas digitais semelhantes às tecnologias presentes em seu cotidiano. Esse fator contribuiu para reduzir parte da resistência frequentemente apresentada pelos alunos em relação ao estudo da Física (MARTINS, 2016).

Os resultados obtidos no pós-teste indicaram melhora no desempenho dos estudantes quando comparados às respostas apresentadas na avaliação diagnóstica inicial. Verificou-se aumento do número de acertos nas questões relacionadas à corrente elétrica, Lei de Ohm e associação de resistores, demonstrando avanços na compreensão dos conceitos de Eletrodinâmica trabalhados durante a aplicação da sequência didática.

Além dos avanços conceituais, observou-se desenvolvimento de habilidades relacionadas à interpretação de circuitos elétricos, análise de problemas e argumentação científica. Durante as atividades experimentais, os estudantes passaram a levantar hipóteses, testar possibilidades e discutir coletivamente os resultados obtidos, favorecendo maior autonomia intelectual durante o processo de aprendizagem (GALIAZZI et al., 2001).

A atividade envolvendo a simulação do funcionamento de um semáforo eletrônico apresentou destaque entre os estudantes devido à aproximação entre os conteúdos de Física e aplicações tecnológicas do cotidiano. A integração entre eletricidade, circuitos eletrônicos e programação despertou grande interesse dos alunos e favoreceu maior contextualização dos conteúdos científicos abordados ao longo da pesquisa.

Os resultados observados durante a aplicação da proposta reforçam a importância da utilização de metodologias investigativas associadas a recursos tecnológicos no ensino de Física. A integração entre atividades experimentais, plataformas digitais e contextualização dos conteúdos mostrou-se capaz de favorecer maior participação discente, compreensão conceitual e

desenvolvimento da aprendizagem significativa defendida por Ausubel (AUSUBEL, 2000).

Além disso, a utilização da plataforma Tinkercad Arduino demonstrou ser alternativa viável para contextos escolares que apresentam limitações estruturais quanto à disponibilidade de laboratórios físicos e equipamentos específicos para práticas experimentais. A ferramenta possibilitou aos estudantes vivenciarem atividades investigativas relacionadas à eletricidade de maneira acessível, segura e interativa, ampliando as possibilidades metodológicas para o ensino de Eletrodinâmica no Ensino Médio.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma proposta de sequência didática voltada ao ensino de circuitos elétricos resistivos utilizando a plataforma Tinkercad Arduino como ferramenta complementar às aulas de Eletrodinâmica no Ensino Médio. A pesquisa fundamentou-se nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, buscando favorecer maior interação entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os conteúdos científicos relacionados à eletricidade (AUSUBEL, 2000).

Os resultados obtidos ao longo da aplicação da proposta evidenciaram que a utilização de atividades experimentais virtuais pode contribuir significativamente para tornar o ensino de Física mais dinâmico, contextualizado e participativo. A possibilidade de construir e simular circuitos elétricos na plataforma Tinkercad Arduino favoreceu maior aproximação entre teoria e prática, permitindo aos estudantes compreenderem com mais clareza

conceitos relacionados à corrente elétrica, resistência elétrica, Lei de Ohm e associação de resistores (HALLIDAY et al., 2016).

Durante o desenvolvimento das atividades, observou-se aumento do interesse e da participação dos estudantes nas aulas de Física. As práticas experimentais despertaram curiosidade, estimularam questionamentos e favoreceram discussões relacionadas aos fenômenos físicos observados durante as simulações. A utilização de recursos tecnológicos contribuiu para aproximar os conteúdos científicos da realidade vivenciada pelos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais significativo e motivador (MARTINS, 2016).

Outro aspecto relevante refere-se ao desenvolvimento de habilidades investigativas ao longo das atividades propostas. Os estudantes passaram a participar mais ativamente do processo de aprendizagem, formulando hipóteses, interpretando resultados e analisando o comportamento dos circuitos elétricos simulados. Essa postura investigativa contribuiu para ampliar a compreensão conceitual dos conteúdos de Eletrodinâmica e favoreceu maior autonomia intelectual durante as aulas (ARAÚJO; ABIB, 2003).

A comparação entre os resultados obtidos na avaliação diagnóstica inicial e no pós-teste evidenciou avanços na aprendizagem dos estudantes em relação aos conteúdos trabalhados ao longo da sequência didática. Verificou-se melhora significativa na interpretação de circuitos elétricos, identificação de associações resistivas e aplicação da Lei de Ohm na resolução de situações-problema. Esses resultados indicam que a utilização de atividades experimentais associadas a recursos tecnológicos pode favorecer a aprendizagem significativa no ensino de Física (MOREIRA, 2011).

Além dos avanços relacionados à aprendizagem, a utilização da plataforma Tinkercad Arduino mostrou-se alternativa viável para instituições escolares que apresentam limitações estruturais quanto à disponibilidade de laboratórios físicos e materiais experimentais. A ferramenta possibilitou a realização de práticas investigativas de maneira acessível, segura e interativa, ampliando as possibilidades metodológicas para o ensino de Eletrodinâmica no contexto escolar (VALADARES, 2001).

Outro ponto importante refere-se à integração entre conteúdos científicos e aplicações tecnológicas presentes no cotidiano contemporâneo. A utilização de circuitos virtuais e simulações envolvendo componentes eletrônicos aproximou os estudantes das tecnologias digitais frequentemente utilizadas na sociedade atual, contribuindo para tornar o ensino de Física mais contextualizado e alinhado às transformações tecnológicas contemporâneas.

Dessa forma, conclui-se que a utilização da plataforma Tinkercad Arduino associada a atividades experimentais investigativas apresenta grande potencial pedagógico para o ensino de circuitos elétricos resistivos no Ensino Médio. A integração entre experimentação, tecnologia e aprendizagem significativa favorece maior participação discente, compreensão conceitual e contextualização dos conteúdos científicos, contribuindo para tornar o ensino de Física mais acessível, motivador e significativo para os estudantes.

Espera-se que a proposta apresentada nesta pesquisa possa contribuir para o desenvolvimento de novas práticas pedagógicas voltadas ao ensino de Eletrodinâmica, incentivando a utilização de recursos tecnológicos e metodologias investigativas como

estratégias para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem em Física. Além disso, sugere-se que futuras pesquisas aprofundem a análise do uso de plataformas digitais e ferramentas de simulação virtual em diferentes conteúdos da Física escolar, ampliando as possibilidades metodológicas para o ensino de Ciências na Educação Básica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ARAÚJO, Ijanílio Gabriel de; UCHOA, Paulo Sérgio de Souza. *Ensino de Física no Brasil: desafios e perspectivas*. Boa Vista: UFRR, 2015.

AUSUBEL, David Paul. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2000.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: MEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, 2000.

DORNELLES, Juliano. Experimentação no ensino de Física e aprendizagem significativa. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

FIGUEROA, Douglas. A experimentação no ensino de Física. São Paulo: Ática, 1992.

GALIAZZI, Maria do Carmo et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de Ciências: caminhos e possibilidades. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 31, p. 198-202, 2009.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física: eletromagnetismo. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HIGA, Ivanilda; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 75-97, 2012.

MARTINS, Carlos. Tecnologias digitais e ensino de Física: possibilidades metodológicas no contexto escolar. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 1-9, 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PÉREZ, Salvador Gil. Formação de professores de Ciências: tendências e inovações. São Paulo: Cortez, 2000.

PIETROCOLA, Maurício. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2001.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh; FREEDMAN, Roger. Física III: eletromagnetismo. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2014.

SEARS, Francis Weston et al. Física: eletricidade e magnetismo. São Paulo: Pearson, 2015.

SOUZA, Carlos Henrique; HEINECK, Renato. Contextualização no ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 517-525, 2006.

VALADARES, Eduardo de Campos. Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade. Química Nova na Escola, São Paulo, n. 13, p. 38-40, 2001.