

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 35**

**IVO PATEL**

**O USO DO PHET COLORADO COMO METODOLOGIA DE ENSINO DE  
CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Ponta Grossa

2025

**IVO PATEL**

**O USO DO PHET COLORADO COMO METODOLOGIA DE ENSINO DE  
CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: XXXXXXXXX.

Orientador: Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Ponta Grossa  
2025

## FICHA CATALOGRÁFICA

A ficha catalográfica deve ser impressa na parte inferior, no verso da folha de rosto, de acordo com as normas institucionais.

**IVO PATEL**

**O USO DO PHET COLORADO COMO METODOLOGIA DE ENSINO DE  
CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: XXXXXXXXX.

Aprovada em (dia) de (mês) de (ano).

**BANCA EXAMINADORA**

---

Titulação Nome e Sobrenome - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Titulação Nome e Sobrenome – Examinador(a) 1  
Instituição

---

Titulação Nome e Sobrenome – Examinador(a) 2  
Instituição

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força e sabedoria concedidas ao longo desta jornada. À minha família, pelo amor, apoio incondicional e incentivo nos momentos mais desafiadores. Aos meus amigos, pela paciência e compreensão durante as inúmeras horas dedicadas a este trabalho.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva, pela orientação cuidadosa, pela partilha de conhecimento e pelas valiosas sugestões que enriqueceram esta pesquisa. Aos professores do Programa de Mestrado por todo o aprendizado compartilhado e pelos debates que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Agradeço também aos meus colegas de turma, por compartilharem suas experiências, motivação e apoio durante todo o percurso do curso. À equipe da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pelo suporte técnico e administrativo, que foi essencial para a realização deste trabalho.

Por fim, sou grato à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento deste projeto, que possibilitou a concretização desta etapa acadêmica.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## RESUMO

A evolução tecnológica e as demandas do ensino contemporâneo requerem abordagens pedagógicas que integrem teoria, prática e tecnologia, promovendo uma aprendizagem significativa e conectada às necessidades do século XXI. No ensino de Física, especificamente no tema de Circuitos Elétricos, a utilização de metodologias ativas e ferramentas digitais tem se mostrado eficaz para tornar os conceitos mais acessíveis e atrativos aos estudantes. Neste contexto, este trabalho apresenta a elaboração e aplicação de um objeto didático-pedagógico voltado para o ensino de Circuitos Elétricos no ambiente escolar. A proposta desenvolvida consiste em uma unidade didática planejada para fortalecer o conhecimento científico e promover a integração entre teoria e prática, utilizando recursos tecnológicos, como o simulador PhET Colorado, como ferramenta central no processo de ensino-aprendizagem. A unidade didática foi estruturada de forma a ser facilmente aplicável, com um roteiro de aulas objetivo e uma metodologia dinâmica que valoriza a participação ativa dos estudantes. A abordagem favoreceu o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais, como a resolução de problemas e a compreensão de conceitos complexos, permitindo que os alunos aplicassem o conhecimento teórico em atividades práticas. Essas práticas contribuíram para a consolidação do aprendizado, promovendo a compreensão dos princípios dos circuitos elétricos e suas aplicações no cotidiano. O estudo se destaca pela inovação na proposta de ensino de Circuitos Elétricos, ao integrar tecnologia e metodologias ativas para atender às demandas da educação contemporânea. Além de enriquecer o repertório pedagógico, esta iniciativa estimula a realização de novas pesquisas e a implementação de práticas didáticas que priorizem o protagonismo estudantil. Espera-se que as estratégias apresentadas neste trabalho inspirem educadores a adotar abordagens inovadoras e tecnologicamente integradas, capazes de tornar o ensino mais atrativo, eficaz e alinhado às necessidades atuais.

**Palavras-chave:** Simulação Interativa; Sequência Didática; Recursos Digitais; Aprendizagem Ativa; Ensino Médio.

## ABSTRACT

The technological evolution and the demands of contemporary education require pedagogical approaches that integrate theory, practice, and technology, promoting meaningful learning connected to the needs of the 21st century. In the teaching of Physics, specifically regarding Electric Circuits, the use of active methodologies and digital tools has proven effective in making concepts more accessible and engaging for students. In this context, this work presents the development and application of a didactic-pedagogical object aimed at teaching Electric Circuits in the school environment. The proposed initiative consists of a didactic unit designed to strengthen scientific knowledge and promote the integration of theory and practice, utilizing technological resources such as the PhET Colorado simulator as a central tool in the teaching-learning process. The didactic unit was structured to be easily applicable, featuring a clear lesson plan and a dynamic methodology that values active student participation. This approach favored the development of essential cognitive skills, such as problem-solving and understanding complex concepts, allowing students to apply theoretical knowledge in practical activities. These practices contributed to consolidating learning, enhancing comprehension of the principles of electric circuits and their applications in everyday life. The study stands out for its innovation in teaching Electric Circuits by integrating technology and active methodologies to meet the demands of contemporary education. In addition to enriching pedagogical repertoire, this initiative encourages new research and the implementation of teaching practices that prioritize student agency. It is hoped that the strategies presented in this work will inspire educators to adopt innovative and technologically integrated approaches capable of making teaching more engaging, effective, and aligned with current needs.

**Keywords:** Interactive Simulation; Didactic Sequence; Digital Resources; Active Learning; High School Education.

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 Apresentação do Tema .....	12
1.2 Delimitação do Tema.....	13
1.3 Formulação do Problema.....	14
1.4 Hipóteses .....	14
1.5 Justificativa.....	15
1.6 Objetivos.....	16
1.6.1 Geral .....	16
1.6.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>17</b>
2.1 Pressupostos de Ensino e Aprendizagem .....	18
2.1.1 Teoria Sociointeracionista .....	18
2.1.2 Aprendizagem Significativa .....	20
2.1.3 Metodologias Ativas.....	22
2.2 Pressupostos de Física .....	24
2.2.1 Corrente Elétrica.....	24
2.2.2 Resistores Ôhmicos e Não Ôhmicos .....	26
2.2.3 Equações de Maxwell.....	27
2.3 Revisão da Literatura.....	29
2.3.1 Ensino de Circuitos Elétricos .....	30
2.3.2 Tecnologias no Ensino de Física .....	31
2.3.3 Metodologias Ativas e Ensino de Física.....	34
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
3.1 Metodologia de Ensino .....	38
3.2 Metodologia do Trabalho .....	39
<b>4 METODOLOGIA ATIVA E TECNOLOGIAS NO ENSINO DE CIRCUITOS</b>	
<b>ELÉTRICOS.....</b>	<b>42</b>
<b>5 RELATO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>44</b>
5.1 Aula 1 – Introdução ao Projeto.....	44
5.2 Aula 2 – Circuitos em Série.....	45
5.3 Aula 3 – Circuitos Paralelos e Simulações .....	46
5.4 Aula 4 – Aplicações Práticas e Discussões Colaborativas .....	47
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>48</b>
6.1 Apresentação dos Resultados .....	48
6.2 Discussão dos Resultados .....	50

<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE A – Questionário de avaliação da unidade didática .....</b>	<b>59</b>
<b>PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>60</b>
<b>Sumário .....</b>	<b>62</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>64</b>
1.1 A Teoria do Circuito Elétrico: Fundamentos e Aplicações no Ensino.....	66
1.2 O Projeto PhET Colorado no Contexto Educacional .....	67
<b>2. Fundamentação Teórica .....</b>	<b>68</b>
2.1 Relevância do Ensino de Circuitos Elétricos.....	68
2.2 Fundamentos de Circuitos Elétricos .....	69
2.2.1 Introdução aos Conceitos Essenciais .....	70
2.2.2 Tipos de Circuitos.....	71
2.2.3 Resistores Ôhmicos e Não Ôhmicos .....	72
2.2.4 Leis da Eletricidade .....	73
2.2.5 Instrumentos e Medidas.....	74
2.2.6 Conexões Avançadas.....	76
2.3 Metodologias Ativas no Ensino de Física .....	77
2.3.1 Sequência Didática .....	78
2.3.2 Metodologia Ativa.....	79
2.3.3 Mapa Conceitual.....	79
2.4 Uso de Tecnologias no Ensino de Física .....	80
2.5 Integração Teoria e Prática .....	82
2.6 Conexão com a Aprendizagem Significativa .....	83
2.7 Dicas Práticas para o Professor .....	84
<b>3. Descrição do Produto Educacional .....</b>	<b>86</b>
3.1 Objetivo Geral .....	86
3.2 Objetivos Específicos .....	86
3.3 Estrutura da Sequência Didática.....	86
3.4 Materiais Utilizados.....	87
<b>4. Plano de Aula Detalhado.....</b>	<b>89</b>
4.1. Aula 1: Introdução ao Projeto.....	89
4.2. Aula 2: Circuitos em Série.....	89
4.3. Aula 3: Circuitos Paralelos e Simulações com o PhET Colorado.....	90

4.4. Aula 4: Aplicações Práticas e Discussões Colaborativas .....	90
<b>5. Instruções para o Uso das Ferramentas .....</b>	<b>92</b>
5.1. Uso do Simulador PhET Colorado .....	92
5.2. Uso da Plataforma Quizizz .....	93
<b>6. Avaliação e Monitoramento.....</b>	<b>95</b>
6.1. Estratégias de Avaliação dos Alunos.....	95
6.2 Análise dos Resultados .....	96
<b>7. Considerações Finais .....</b>	<b>97</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>99</b>

## 1 INTRODUÇÃO

(Re)pensar o processo de ensino e de aprendizagem tem sido uma necessidade preeminente aos educadores nos últimos tempos. As profundas transformações desencadeadas pela evolução e expansão tecnológica trouxeram consigo novos recursos, novos contextos, novas demandas e isso tudo exige um novo perfil profissional, e conseqüentemente, recai sobre o espaço escolar a responsabilidade pela formação das competências e das habilidades necessárias para atuar no cenário contemporâneo.

O grande desafio consiste em preparar os estudantes, futuros profissionais, para colocar em prática os conteúdos e ensinamentos proporcionados na escola, ou seja, torná-los aptos a refletir, analisar fatos, condições, riscos, e a partir daí, de forma autônoma e criativa planejar, formalizar possibilidades, desenvolver soluções, resolver problemas reais, atuar em equipe, interagir, comunicar ideias e soluções, lançando mão dos conhecimentos obtidos e das experiências vivenciadas.

Superar crenças e práticas cristalizadas não constitui tarefa fácil. Um exemplo disto é a aula expositiva, componente básico na prática da educação tradicional durante longo período, a principal forma de ensinar da época, mas que, no entanto, na atualidade, não pode figurar como metodologia única ou principal do professor, tendo em vista que já não garante a premissa essencial da aprendizagem do conhecimento.

Tornar o estudante protagonista de sua própria aprendizagem é o grande desafio contemporâneo e exige do professor uma prática que potencialize a iniciativa, a criatividade, a autonomia, a capacidade de síntese e interação, o que uma simples aula expositiva nem sempre atende, uma vez que a aprendizagem efetiva requer que sejam desenvolvidas as competências necessárias para a aplicabilidade dos conhecimentos.

O ensino de física no Brasil, inicialmente, teve suas bases fundamentadas nas metodologias do ensino tradicionalista que primavam pela realização de atividades mecânicas e memorísticas, descontextualizadas, desconexas da realidade, centradas no professor enquanto transmissor do conhecimento e tendo o aluno como mero receptor de informações o que não permitia ao estudante vislumbrar a aplicabilidade da Física, e conseqüentemente, que conseqüentemente era considerada uma ciência de difícil entendimento e sem serventia.

Com o passar do tempo os princípios tradicionalistas de ensino cederam espaço a novas tendências educacionais que primam pela aprendizagem significativa, ou seja, aquela que toma como base, valoriza os conhecimentos prévios dos estudantes, que faz sentido e o leva não só

a compreender, mas também o torna apto a aplicá-los no seu cotidiano ou ao menos a visualizar sua aplicabilidade.

Neste interim, surgem no campo educacional, as metodologias ativas de aprendizagem como concepções educativas capazes de potencializar a construção do conhecimento pelos estudantes por situá-los como agentes do processo de aprender mediante a proposição de situações ou experiências reais ou simuladas, práticas, desafiadoras, contextualizadas.

Dentre as ferramentas inovadoras que podem ser utilizadas para tornar o processo de ensino e de aprendizagem de Física mais dinâmico, interativo e contextualizado estão os simuladores computacionais. Estes recursos fazem parte do hall de alternativas que integram os meios digitais potencialmente empregáveis aos Métodos de Ensino de Física.

O PhET Colorado (*Physics Education Technology*) é um recurso tecnológico gratuito, seguro, desenvolvido pela Universidade do Colorado em Boulder, nos Estados Unidos, que pode ser utilizado em sala de aula como ferramenta pedagógica/estratégia de ensino capaz de potencializar a aprendizagem de conceitos científicos nas áreas de Química, Física, Biologia, Matemática e outras ciências naturais.

A principal característica do PhET Colorado consiste em ser um facilitador da aprendizagem dos conteúdos e fenômenos físicos por possibilitar aos estudantes a oportunidade de realizar simulações de situações reais de forma interativa, com a manipulação de variáveis, elaboração de hipóteses, análise de resultados.

A busca por alternativas que possam contribuir para a efetivação da aprendizagem pelos estudantes é uma constante entre os profissionais da educação. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho consiste em propor aos alunos o estudo de Circuitos Elétricos utilizando o simulador PhET Colorado e investigar sua contribuição para a aprendizagem significativa destes conceitos da Física enquanto Componente Curricular do 3º Ano do Ensino Médio.

Este estudo buscou aporte na Teoria da Aprendizagem Sociointeracionista de Lev Semynovich Vygotsky por considerar como fundamento para a aprendizagem a interação do homem com o outro e com o ambiente

O presente trabalho se justifica pela necessidade de investigar possibilidades que podem integrar o *rall* de recursos a serem utilizados em sala de aula e que contribuem positivamente para a aprendizagem efetiva dos estudantes. O PhET Colorado é um software educacional desenvolvido pela Universidade do Colorado que possibilita a realização de experimentos simulados com a utilização de recursos tecnológicos.

## 1.1 Apresentação do Tema

A presente proposta didática foi elaborada com o propósito de contribuir para o trabalho docente no componente curricular de Física, especificamente no 3º ano do Ensino Médio, focando na mediação do conteúdo "Circuitos Elétricos". O objetivo é abordar conhecimentos relacionados aos dispositivos elétricos e eletrônicos, considerando suas especificações de funcionamento e suas aplicações no cotidiano.

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e eletrostática (eletrização por atrito, 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 (Brasil, 2020).

O atual trabalho de pesquisa foi motivado pela importância de discutir os estudos de física no ambiente escolar, reconhecendo a necessidade de aprofundar os temas abordados. A falta de propostas didáticas significativas tem sido um desafio na mediação do aprendizado, impedindo a apropriação plena do conhecimento pelos alunos. Para superar essa lacuna, é crucial desenvolver abordagens metodológicas condizentes com o contexto de aprendizagem dos estudantes.

Compreendendo esse contexto, é imprescindível repensar o ensino de Física no nível médio. O processo de ensino-aprendizagem deve aliar o conhecimento teórico às experiências vivenciadas, oportunizando a interação do conhecimento teórico com atividades práticas, adaptadas à realidade social dos alunos.

É de conhecimento público a atração que as novas tecnologias exercem sobre muitos adolescentes e jovens, especialmente no Ensino Médio. Os recursos de informática estão trazendo mudanças significativas para o ensino, colaborando não apenas com a aquisição de conhecimentos, mas também com a construção de habilidades e competências. Pensando nisso elaboramos a aplicabilidade do PhET Colorado como um recurso tecnológico para o ensino de física.

No planejamento do trabalho de acordo com as orientações do "Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná", é fundamental buscar a utilização de diversos recursos, a fim de envolver os estudantes nos conteúdos e desenvolver as habilidades relacionadas ao componente curricular, alinhando-se às competências gerais da BNCC.

A promoção de uma abordagem didática e dinâmica no ensino da Física, envolvendo metodologias ativas de aprendizagem, é capaz de desenvolver posturas críticas nos educandos, aguçando o interesse na pesquisa e tornando-os agentes de mudança de seus próprios comportamentos e influenciadores do meio em que estão inseridos.

O professor licenciado em Física precisará aplicar metodologias que envolvam o estudante nos conteúdos, a fim de desenvolver as habilidades relacionadas diretamente com o componente, assim como as competências gerais da BNCC. Para isso, o professor pode utilizar diferentes meios, levando em conta os fatores socioeconômicos da região e do perfil dos estudantes a quem se deseja atingir. (Paraná, 2021, p.405).

Abordar conteúdos de Física de forma criativa e motivadora pode despertar no aluno a vontade de aprender e refletir criticamente. As metodologias ativas de aprendizagem oferecem oportunidades de desenvolver posturas críticas nos educandos, tornando-os agentes de mudança de seus próprios comportamentos e influenciadores do meio em que estão inseridos.

## **1.2 Delimitação do Tema**

A presente pesquisa delimita seu foco no desenvolvimento de orientações didáticas voltadas para o ensino de Física, com ênfase na utilização de tecnologias educacionais como ferramentas de apoio ao aprendizado significativo. Entre essas ferramentas, destaca-se o simulador PhET Colorado, que se apresenta como um recurso inovador para a experimentação virtual no estudo de circuitos elétricos. Essa abordagem busca conectar os conceitos teóricos aos contextos práticos, permitindo que os estudantes explorem fenômenos físicos de forma interativa e visual.

O estudo também explora a integração das tecnologias no ensino de Física como estratégia central para a construção de conhecimento. Ao empregar ferramentas digitais no processo de ensino-aprendizagem, busca-se promover o protagonismo dos alunos, incentivando a exploração ativa e o engajamento nas atividades propostas. A experimentação virtual possibilitada pelo PhET Colorado, por exemplo, não apenas facilita a compreensão de conceitos abstratos, como corrente elétrica e resistência, mas também permite a simulação de situações que muitas vezes seriam inviáveis em um laboratório tradicional.

Além disso, o trabalho visa fomentar o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais ao contexto educacional contemporâneo. O uso de recursos tecnológicos no ensino de Física incentiva a resolução de problemas, o pensamento crítico e a autonomia dos estudantes, ao mesmo tempo em que estimula sua familiaridade com ferramentas digitais amplamente utilizadas na sociedade atual. Assim, o ensino de Física, ao integrar tecnologia e

metodologias inovadoras, torna-se mais dinâmico, acessível e alinhado às demandas de um mundo em constante transformação.

### **1.3 Formulação do Problema**

Os circuitos elétricos são um dos pilares fundamentais da Física e possuem uma ampla gama de aplicações práticas no cotidiano, desde sistemas de iluminação residencial até dispositivos eletrônicos sofisticados. Apesar de sua importância, a compreensão de seus princípios básicos ainda apresenta dificuldades para muitos alunos, devido à necessidade de integrar conceitos teóricos abstratos com práticas experimentais que evidenciem sua aplicabilidade.

Nesse contexto, é relevante investigar aspectos fundamentais sobre o tema, como: o que é um circuito elétrico e quais são os principais elementos que o compõem? Essas questões fornecem a base para explorar o comportamento de correntes, tensões e resistências em diferentes configurações. Além disso, é essencial compreender qual é a relevância desse conteúdo no escopo mais amplo dos estudos de Física, considerando sua conexão com outras áreas do conhecimento e com situações práticas.

Outro ponto importante diz respeito ao processo de ensino: como tornar o ensino de circuitos elétricos mais dinâmico e atrativo? Essa pergunta reflete a necessidade de integrar metodologias que envolvam os alunos, promovam sua participação ativa e facilitem a construção de uma aprendizagem significativa. Com essas questões em mente, este estudo busca propor abordagens inovadoras para o ensino de circuitos elétricos, unindo teoria, prática e tecnologias educacionais.

### **1.4 Hipóteses**

Uma das suposições indica que alguns alunos podem responder aos questionamentos de maneira sincretista, oferecendo respostas que demonstram uma proximidade limitada com o tópico. Eles podem escolher relatar casos de pessoas conhecidas ou experiências pessoais como ilustrações do tema, mas deixam de mencionar os conceitos estudados em física.

Outra possibilidade é que nenhum aluno arriscará expressar seu pensamento, pois, apesar de terem conhecimento prévio, podem não perceber a ligação entre "Circuitos elétricos" e o uso do PHet Colorado associado a disciplina de Física. Em ambas as situações, a mediação desempenha um papel crucial na promoção da aprendizagem dos alunos, estimulando-os a

desenvolver uma síntese mais elaborada sobre o assunto e compreender a relação entre a aplicação do PHet Colorado e os estudos na disciplina de Física.

### **1.5 Justificativa**

A presente pesquisa justifica-se pela necessidade de enfrentamento das limitações didáticas observadas no ensino de Física, notadamente no que se refere à mediação de conteúdos relacionados a circuitos elétricos no ensino médio. A dificuldade de aprendizagem associada a esse tema decorre, em grande parte, da abstração conceitual dos fenômenos envolvidos, da escassez de recursos experimentais nas instituições de ensino e da persistência de metodologias transmissivas que desconsideram a participação ativa dos estudantes no processo de construção do conhecimento.

Neste cenário, observa-se um descompasso entre os objetivos formativos delineados pelas políticas curriculares contemporâneas — que demandam o desenvolvimento de competências investigativas, analíticas e autônomas — e as práticas pedagógicas efetivamente implementadas nas salas de aula. Tais práticas, muitas vezes, não oportunizam ao estudante a vivência de situações-problema, o que compromete a significação dos conteúdos e, por conseguinte, a consolidação de aprendizagens duradouras.

Justifica-se, portanto, a proposição de uma abordagem didático-pedagógica que integre metodologias ativas de aprendizagem ao uso de tecnologias educacionais, visando à superação das barreiras tradicionais no ensino de circuitos elétricos. A escolha do simulador PhET Colorado como eixo estruturante do Produto Educacional advém de sua capacidade potencial de mediação pedagógica no contexto da experimentação virtual, especialmente em contextos escolares desprovidos de infraestrutura laboratorial adequada.

Adicionalmente, a pesquisa se alinha às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e dos referenciais curriculares estaduais, os quais recomendam a utilização de ferramentas digitais e práticas experimentais como recursos didáticos que promovam a integração entre teoria e prática, bem como a aproximação dos conteúdos científicos à realidade sociocultural dos estudantes.

Assim, este estudo se revela pertinente por propor uma alternativa metodológica inovadora, acessível e replicável, que visa não apenas à ampliação das possibilidades didáticas no ensino de Física, mas também à valorização do protagonismo discente, da aprendizagem significativa e da formação crítica no contexto da educação básica.

## **1.6 Objetivos**

### ***1.6.1 Geral***

Elaborar uma unidade didática para auxiliar no processo de ensino aprendizagem dos circuitos elétricos e suas aplicações.

### ***1.6.2 Objetivos Específicos***

- Potencializar o entendimento dos conceitos físicos sobre o funcionamento dos Circuitos elétricos;
- Demonstrar o uso do Phet Colorado para desenvolver as potencialidades individuais dos alunos;
- Possibilitar o envolvimento dos alunos, para que eles se tornaram protagonistas do próprio processo de aprendizagem;
- Elaborar um produto educacional com alternativas tecnológicas no ensino de Física.

## 2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

O presente capítulo tem como objetivo analisar as produções acadêmicas que contribuem para a compreensão do ensino de circuitos elétricos na disciplina de Física, com ênfase na utilização de metodologias ativas, de simulações computacionais e, especificamente, na aplicação do simulador PhET Colorado em propostas de ensino fundamentadas nas teorias da Aprendizagem Significativa de Ausubel e no Sociointeracionismo de Vygotsky.

O levantamento bibliográfico foi realizado com base em busca sistematizada nos seguintes repositórios: Google Acadêmico, Scielo, ERIC (Education Resources Information Center), Portal de Periódicos da CAPES, Banco de Teses e Dissertações da CAPES, Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). A pesquisa inicial abrangeu o período de 2010 a 2023, com o intuito de identificar estudos recentes e relevantes.

As palavras-chave utilizadas nas buscas, combinadas por meio de operadores booleanos, incluíram: *ensino de Física, circuitos elétricos, PhET Colorado, simulação computacional, metodologias ativas, sequência didática, Aprendizagem Significativa, Sociointeracionismo, tecnologias educacionais e gamificação no ensino de Ciências*. A partir desses termos, foram filtrados os trabalhos que apresentavam resumos, palavras-chave ou títulos relacionados a essas temáticas.

Os critérios de inclusão adotados foram: (a) publicações em periódicos com avaliação por pares; (b) dissertações e teses vinculadas a programas de pós-graduação reconhecidos pela CAPES; (c) estudos que tratam do ensino de circuitos elétricos na educação básica; (d) produções que apresentem aplicação prática de sequências didáticas, simuladores educacionais ou metodologias ativas; (e) textos que utilizem explicitamente as teorias de Vygotsky ou Ausubel na fundamentação pedagógica.

Foram excluídos estudos que abordassem exclusivamente o ensino superior, pesquisas sem aplicação didática descrita ou trabalhos sem conexão direta com a temática de circuitos elétricos. Após a triagem inicial, os textos selecionados passaram por leitura exploratória e análise crítica do conteúdo, buscando identificar as estratégias metodológicas, os resultados obtidos e as contribuições para a prática docente.

A partir desse mapeamento, a revisão foi organizada em três eixos: (i) pesquisas sobre o ensino de circuitos elétricos no ensino médio; (ii) uso de tecnologias educacionais e simulações no ensino de Física; (iii) metodologias ativas aplicadas à mediação de conteúdos de

eletrodinâmica. Essa categorização permitiu compreender as principais abordagens adotadas pelos autores, as lacunas identificadas na literatura e os caminhos percorridos por investigações anteriores que se aproximam da proposta apresentada nesta dissertação.

Os pressupostos teóricos deste trabalho são apresentados em duas vertentes principais: os pressupostos de ensino e aprendizagem e os pressupostos de Física. Esses alicerces teóricos sustentam tanto a elaboração quanto a aplicação do Produto Educacional, articulando conceitos pedagógicos e científicos. No âmbito do ensino e da aprendizagem, a fundamentação se baseia em teorias consolidadas, como a abordagem sociointeracionista de Vygotsky, que destaca a interação social e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como elementos centrais no aprendizado, e a Aprendizagem Significativa de Ausubel, que reforça a importância de conectar o conhecimento prévio às novas aprendizagens.

No campo da Física, são explorados conceitos fundamentais relacionados ao estudo de circuitos elétricos, como corrente, tensão, resistência, e potência, além de tópicos mais avançados, como as Equações de Maxwell e suas aplicações em áreas como telecomunicações, medicina e indústria. Essa abordagem integrada busca não apenas demonstrar o domínio do tema pelo pesquisador, mas também oferecer um suporte teórico robusto para a proposição e aplicação de metodologias inovadoras no ensino de Física.

## **2.1 Pressupostos de Ensino e Aprendizagem**

### ***2.1.1 Teoria Sociointeracionista***

A teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky destaca-se como um dos pilares fundamentais para a compreensão do processo de ensino-aprendizagem na contemporaneidade. Essa abordagem, que integra a Psicologia Histórico-Cultural, posiciona a interação social como o elemento central do desenvolvimento cognitivo. Segundo Vygotsky (1991), o aprendizado ocorre primeiramente em um nível social, na interação entre indivíduos, e, posteriormente, em um nível individual, quando esses conhecimentos são internalizados pelo sujeito. Essa perspectiva rompe com o modelo behaviorista, centrado na repetição e na resposta a estímulos, ao enfatizar o papel ativo dos sujeitos no processo de construção do conhecimento.

Um dos conceitos mais relevantes dessa teoria é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), definida como a distância entre o que um indivíduo pode realizar de forma autônoma (nível de desenvolvimento real) e o que ele pode alcançar com o auxílio de um mediador mais experiente, como um professor ou colega (nível de desenvolvimento potencial). A ZDP evidencia que a aprendizagem precede o desenvolvimento, destacando a importância do papel

do educador na mediação e orientação do processo. Como ressalta Vygotsky (2000), “o aprendizado servi para desperta processos internos de desenvolvimento que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e em cooperação com seus companheiros” (p. 61).

Esse conceito possui implicações diretas para a prática pedagógica. A interação social mediada permite que os alunos avancem para níveis de compreensão mais sofisticados, que não alcançariam de forma independente. Nesse contexto, o professor assume o papel de facilitador, criando condições para que o estudante enfrente desafios que estejam além de sua capacidade atual, mas ainda acessíveis com orientação. Essa mediação pode ser realizada por meio de estratégias como questionamentos guiados, resolução colaborativa de problemas e atividades que promovam a interação entre os pares.

A ZDP também se relaciona diretamente com o uso de ferramentas e signos culturais no processo de aprendizagem. Segundo Vygotsky (1991), a linguagem desempenha um papel crucial como mediadora do desenvolvimento cognitivo, sendo tanto instrumento de comunicação quanto meio para a construção do pensamento. Ao verbalizar conceitos e discutir ideias, os estudantes não apenas compartilham informações, mas também reorganizam e expandem sua compreensão, internalizando conhecimentos mais complexos. Assim, a mediação linguística torna-se essencial na criação de um ambiente de aprendizagem colaborativo.

Além da interação social, a teoria de Vygotsky valoriza a prática pedagógica que conecta a aprendizagem ao contexto cultural dos alunos. Essa abordagem reconhece que o desenvolvimento humano é moldado pelas condições históricas e sociais em que ocorre. Para Freitas (2002), as contribuições de Vygotsky para a educação enfatizam a necessidade de compreender o aluno como um sujeito inserido em um contexto cultural específico, com conhecimentos prévios que devem ser valorizados e utilizados como ponto de partida para o ensino. Essa perspectiva reforça a importância de práticas pedagógicas que promovam a construção de significados, respeitando as diferenças culturais e as individualidades.

Na prática, a aplicação da teoria sociointeracionista pode ser observada em abordagens pedagógicas que priorizam a colaboração e a aprendizagem ativa. A mediação do professor é essencial para criar ambientes de aprendizado desafiadores, nos quais os alunos sejam incentivados a explorar novos conceitos e relacioná-los a conhecimentos já adquiridos. Para Meier e Garcia (2011), o professor deve atuar como um mediador intencional, guiando os estudantes por meio de estratégias que permitam a superação de desafios e o avanço para níveis mais complexos de desenvolvimento cognitivo.

A relação entre a ZDP e as práticas pedagógicas também é explorada por Gehlen e Delizoicov (2012), que destacam a importância de apresentar situações-problema no contexto escolar. Segundo os autores, a resolução de problemas permite que os alunos se engajem ativamente no processo de aprendizagem, aplicando conhecimentos em situações reais e relevantes. Essa abordagem problematizadora está alinhada à concepção de Vygotsky, para quem o aprendizado ocorre de maneira mais significativa quando está ligado à resolução de questões concretas e à construção coletiva de respostas.

No ensino de Física, a teoria sociointeracionista oferece uma base teórica robusta para a elaboração de metodologias que valorizem a interação, a mediação e a aplicação prática do conhecimento. A proposição de atividades experimentais e colaborativas, como o uso de simuladores virtuais ou discussões em grupo, exemplifica como a interação social pode promover o desenvolvimento cognitivo e o engajamento dos alunos. Segundo Freitas (2002), a relação entre teoria e prática é fundamental para que os conceitos científicos sejam internalizados e conectados às vivências dos estudantes, transformando o aprendizado em um processo significativo e duradouro.

Por fim, a teoria sociointeracionista reafirma o papel essencial do professor como mediador do aprendizado. Essa mediação não se limita à transmissão de conteúdos, mas inclui a criação de um ambiente de aprendizagem que favoreça a interação, o questionamento e a reflexão. Como destaca Vygotsky (2000), “o bom aprendizado é aquele que se adianta ao desenvolvimento” (p. 60), evidenciando que o ensino deve não apenas acompanhar, mas também estimular o crescimento cognitivo dos alunos. Nesse sentido, a ZDP e os princípios da interação social se consolidam como elementos centrais para a construção de práticas pedagógicas transformadoras e inclusivas.

### ***2.1.2 Aprendizagem Significativa***

A Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por David Ausubel, enfatiza o papel central dos conhecimentos prévios dos alunos na construção de novos saberes. Para Ausubel, a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando os novos conteúdos são conectados a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, permitindo uma integração significativa entre o conhecimento antigo e o novo. Esse processo contrasta com a aprendizagem mecânica, que se limita à memorização de informações sem conexão lógica ou contexto.

De acordo com Ausubel, a chave para a aprendizagem significativa está na interação entre dois elementos fundamentais: os conceitos prévios e o material potencialmente significativo. Os conceitos prévios são os conhecimentos que o aluno já possui sobre determinado tema, enquanto o material potencialmente significativo refere-se à nova informação apresentada de forma organizada e compreensível. Essa relação é mediada por um terceiro elemento, o professor, que tem a responsabilidade de organizar o ensino de forma a promover essa integração, criando condições que favoreçam a assimilação dos novos conceitos.

Essa abordagem encontra grande aplicabilidade no ensino de Física, especialmente em temas abstratos como circuitos elétricos. Conforme discutido por Moreira e Ostermann (1996), a Física frequentemente envolve conceitos que exigem uma base sólida para serem compreendidos, como corrente, resistência e tensão. A aprendizagem significativa ocorre quando esses conceitos são introduzidos de maneira a se conectarem aos conhecimentos cotidianos dos alunos, como o funcionamento de lâmpadas e dispositivos eletrônicos. Isso não apenas facilita a compreensão, mas também estimula o interesse do aluno pelo tema.

No contexto da sala de aula, a Aprendizagem Significativa pode ser promovida por meio de estratégias que incentivem os alunos a refletirem sobre seus conhecimentos prévios e relacioná-los com os novos conceitos apresentados. Por exemplo, ao abordar circuitos elétricos, o professor pode iniciar uma discussão sobre situações práticas, como a diferença entre ligar dispositivos em série ou paralelo. Esse tipo de atividade permite que os estudantes ativem seus conhecimentos prévios, conectando-os às explicações teóricas e, assim, construam uma compreensão mais profunda.

Outro aspecto essencial da teoria de Ausubel é o conceito de organizadores prévios, que são ferramentas didáticas utilizadas para preparar os alunos para o aprendizado de novos conteúdos. Segundo Moreira (1996), esses organizadores podem assumir a forma de explicações introdutórias, diagramas ou atividades exploratórias que ajudem os alunos a estabelecer conexões com o novo conhecimento. No ensino de circuitos elétricos, por exemplo, um organizador prévio pode ser a introdução de conceitos básicos sobre eletricidade, como a ideia de fluxo de corrente, antes de se aprofundar nos tipos de circuitos.

A aplicação da Aprendizagem Significativa também requer uma abordagem reflexiva por parte do professor. Como destaca Moreira (1996), é fundamental que o educador avalie continuamente os conceitos prévios dos alunos e ajuste o ensino de acordo com as necessidades específicas de cada turma. Essa flexibilidade garante que o aprendizado ocorra de maneira significativa e não se limite à memorização ou à aplicação mecânica de fórmulas.

Além disso, a teoria de Ausubel alinha-se à ideia de aprendizado ativo, que valoriza a participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento. Ao engajar os alunos em atividades práticas, como experimentos ou simulações, o professor facilita a integração dos novos conceitos às estruturas cognitivas existentes. Estudos como o de Moreira e Ostermann (1996) reforçam que a aprendizagem ativa, mediada por práticas significativas, tem um impacto positivo na motivação e no desempenho dos estudantes.

A Aprendizagem Significativa também apresenta contribuições importantes para a avaliação do aprendizado. Em vez de se limitar a testes de memorização, essa abordagem incentiva a utilização de avaliações que explorem a capacidade dos alunos de aplicar os conceitos em situações novas e contextualizadas. Por exemplo, ao estudar circuitos elétricos, uma avaliação significativa pode incluir a resolução de problemas que desafiem os alunos a projetar um circuito funcional para um objetivo específico, como alimentar uma lâmpada com recursos limitados.

Portanto, a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel representa uma contribuição valiosa para o ensino de Física, pois enfatiza a conexão entre os novos conceitos e os conhecimentos prévios dos alunos, promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura. Quando aplicada de maneira intencional e reflexiva, essa abordagem contribui para a construção de um ambiente educacional no qual os alunos não apenas compreendem os conteúdos, mas também desenvolvem habilidades críticas e criativas para resolver problemas do mundo real.

### ***2.1.3 Metodologias Ativas***

A integração das Metodologias Ativas no ensino de Física emerge como uma resposta às demandas educacionais contemporâneas, caracterizadas pela necessidade de engajar os alunos em práticas que valorizem o protagonismo e o aprendizado prático. Diferente dos métodos tradicionais de ensino, que colocam o professor como o único transmissor do conhecimento, as Metodologias Ativas destacam o papel do aluno como participante central do processo, permitindo que ele construa seu conhecimento por meio da interação, experimentação e resolução de problemas.

Entre as principais abordagens das Metodologias Ativas, destacam-se as Sequências Didáticas, os Mapas Conceituais e a Gamificação. Essas estratégias se complementam na criação de um ambiente de aprendizagem dinâmico, no qual os alunos são incentivados a assumir um papel ativo e reflexivo em seu aprendizado. Segundo Bacich, Tanzi e Trevisani

(2015), as Metodologias Ativas promovem a autonomia, a colaboração e o desenvolvimento de competências essenciais, como o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas complexos.

A Sequência Didática organiza o processo de ensino-aprendizagem em etapas estruturadas, desde a introdução de conceitos até a aplicação prática. No ensino de Física, essa abordagem é especialmente útil para temas como circuitos elétricos, permitindo que os alunos avancem de conceitos básicos, como corrente e tensão, para atividades experimentais e discussões mais complexas. Falcão (2016) destaca que as Sequências Didáticas possibilitam um aprendizado mais significativo ao integrar teoria e prática, facilitando a aplicação dos conceitos científicos em contextos reais.

Os Mapas Conceituais são ferramentas que auxiliam na organização e visualização do conhecimento. Desenvolvidos inicialmente por Novak, eles promovem a conexão entre conceitos e ideias, ajudando os alunos a identificar relações e hierarquias entre os conteúdos aprendidos. No contexto do ensino de Física, os mapas conceituais podem ser usados para explorar a relação entre conceitos como resistência, potência e tipos de circuitos. Essa prática não apenas organiza o conhecimento, mas também estimula a reflexão sobre como os diferentes elementos da Física se interconectam, conforme discutido por Moreira (2011).

A Gamificação, por sua vez, aplica elementos de jogos ao ambiente educacional para aumentar o engajamento e a motivação dos alunos. Fischer, Kolar e Reinmann (2019) afirmam que a Gamificação tem o potencial de transformar o ensino em uma experiência mais envolvente, ao introduzir elementos como competição saudável, feedback imediato e recompensas simbólicas. No ensino de circuitos elétricos, ferramentas como o Quizizz podem ser usadas para avaliar o aprendizado de forma interativa, promovendo um clima de colaboração e desafio. Além disso, simuladores como o PhET Colorado permitem que os alunos experimentem a montagem e análise de circuitos em um ambiente virtual seguro, integrando elementos lúdicos ao aprendizado prático.

A integração dessas estratégias potencializa o protagonismo dos alunos, pois incentiva a curiosidade, a autonomia e a busca por soluções. Como ressaltado por Falcão (2016), a aprendizagem ativa coloca o aluno no centro do processo, transformando-o em agente de sua formação. Essa mudança de paradigma é especialmente relevante no ensino de Física, uma disciplina frequentemente vista como desafiadora devido ao caráter abstrato de muitos conceitos.

Além disso, as Metodologias Ativas promovem um aprendizado significativo ao conectar os novos conhecimentos aos saberes prévios dos alunos. Moreira (2011) argumenta

que a aprendizagem é mais eficaz quando os conteúdos apresentados são relevantes e se relacionam diretamente com o cotidiano dos estudantes. Assim, ao integrar Sequências Didáticas, Mapas Conceituais e Gamificação, os professores podem criar experiências que não apenas facilitam a compreensão dos conceitos de Física, mas também tornam o aprendizado mais atrativo e aplicável à realidade dos alunos.

Por fim, a aplicação das Metodologias Ativas no ensino de Física não apenas melhora a retenção dos conteúdos, mas também prepara os alunos para lidar com problemas do mundo real. Bacich, Tanzi e Trevisani (2015) destacam que essas abordagens promovem o desenvolvimento de competências essenciais para o século XXI, como a colaboração, a criatividade e o pensamento crítico. Ao criar um ambiente de aprendizagem que valoriza a experimentação, a interação e o feedback contínuo, os professores podem transformar o ensino de Física em uma experiência mais significativa e impactante para os estudantes.

## **2.2 Pressupostos de Física**

Este tópico abordará o conteúdo de Física em nível de graduação relacionado ao tema do Produto Educacional. Essa seção tem como objetivo demonstrar o domínio do mestrando sobre o conteúdo de Física necessário para a aplicação do Produto Educacional, estabelecendo uma conexão sólida entre teoria e prática.

Os circuitos elétricos são um dos pilares fundamentais do estudo da Física e possuem ampla aplicação prática em diversos contextos tecnológicos. Eles são compostos por elementos que permitem o fluxo de corrente elétrica, promovendo a transferência e a transformação de energia. Para compreender o funcionamento dos circuitos, é essencial abordar os conceitos de corrente, tensão, resistência e potência, além das configurações mais comuns, como circuitos em série, paralelo e mistos.

### **2.2.1 Corrente Elétrica**

A corrente elétrica é definida como o fluxo ordenado de cargas elétricas através de um condutor, gerado pela ação de uma diferença de potencial. Esse movimento de cargas é mediado por um campo elétrico que atua sobre os portadores de carga, geralmente elétrons, no interior do material condutor. Como apontam Martini et al. (2016), A intensidade da corrente elétrica  $I$  é determinada pela razão entre a quantidade de carga elétrica  $Q$ , que atravessa uma seção transversal do condutor, e o intervalo de tempo  $\Delta t$ , conforme representado pela equação 1

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad (1)$$

A tensão elétrica, ou diferença de potencial  $V$ , corresponde ao trabalho  $W$  realizado para mover uma carga  $Q$  entre dois pontos. Esta relação pode ser expressa como mostra a equação 2. De acordo com Barreto e Silva (2016), a tensão elétrica representa o trabalho necessário para deslocar uma unidade de carga entre dois pontos do circuito, sendo crucial para o funcionamento de qualquer dispositivo elétrico.

$$V = \frac{W}{Q} \quad (2)$$

A resistência elétrica é a propriedade dos materiais de opor-se ao fluxo de corrente. Essa oposição varia dependendo do tipo de material e de suas características físicas, como comprimento, área transversal e resistividade. A resistência elétrica  $R$  representa a oposição ao fluxo de corrente no condutor. Conforme a Lei de Ohm, ela pode ser definida pela equação 3. (Villas Bôas et al., 2013). Resistor é o nome dado aos elementos de circuitos projetados especificamente para controlar a corrente elétrica.

$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

A potência elétrica é a medida da taxa de transferência de energia em um circuito. Representa a quantidade de energia elétrica transformada em outra forma, como calor ou luz, por unidade de tempo. Martini et al. (2016) explicam que a potência pode ser calculada pela equação 4, onde  $V$  é a tensão elétrica e  $I$  é a corrente.

$$P = V \cdot I \quad (4)$$

Os circuitos elétricos podem ser classificados em três configurações principais: série, paralelo e mistos. Em um circuito em série, os componentes estão conectados sequencialmente, de modo que a corrente elétrica é a mesma em todos os pontos. A resistência equivalente é a soma das resistências individuais, como descrito por Barreto e Silva (2016). Essa configuração é comumente encontrada em sistemas que exigem uma corrente constante, como lâmpadas antigas de enfeites natalinos.

Por outro lado, em um circuito paralelo, os componentes estão conectados de forma que todos compartilham a mesma tensão elétrica, mas a corrente se divide entre os ramos. A resistência equivalente, é calculada sendo sempre menor do que a menor resistência individual do circuito (Guimarães et al., 2013). Essa configuração é amplamente utilizada em sistemas

domésticos de distribuição elétrica, garantindo que dispositivos funcionem de forma independente.

Os circuitos mistos combinam elementos em série e paralelo, permitindo maior flexibilidade na distribuição de energia elétrica. Segundo Villas Bôas et al. (2013), os circuitos mistos são comuns em sistemas complexos, como redes de energia elétrica e dispositivos eletrônicos, onde diferentes componentes exigem tensões e correntes distintas para funcionar corretamente.

O estudo detalhado dessas configurações e conceitos fundamentais permite compreender não apenas os princípios físicos que regem os circuitos elétricos, mas também sua aplicação em sistemas reais, desde a iluminação doméstica até equipamentos eletrônicos avançados.

### ***2.2.2 Resistores Ôhmicos e Não Ôhmicos***

Os resistores desempenham um papel fundamental no estudo de circuitos elétricos, pois são elementos responsáveis por limitar e controlar o fluxo de corrente elétrica. Eles podem ser classificados em dois tipos principais, com base em seu comportamento característico: ôhmicos e não ôhmicos. Essa classificação depende da relação entre a tensão aplicada e a corrente que passa pelo resistor.

Os resistores ôhmicos obedecem à Lei de Ohm, que estabelece que a corrente que atravessa um resistor é diretamente proporcional à tensão aplicada, desde que a temperatura do material permaneça constante. Essa relação linear pode ser expressa matematicamente por  $V = R \cdot I$ , onde  $V$  é a tensão,  $R$  é a resistência e  $I$  é a corrente (Guimarães et al., 2013). Como resultado, quando representamos graficamente a tensão em função da corrente, obtemos uma linha reta, indicando que a resistência do material permanece constante independentemente da intensidade da corrente. Exemplos comuns de resistores ôhmicos incluem os resistores comerciais usados em aparelhos eletrônicos.

Por outro lado, os resistores não ôhmicos apresentam um comportamento diferente, no qual a relação entre tensão e corrente não é linear. Nesses casos, a resistência varia em função de fatores como temperatura, intensidade da corrente ou outras condições externas. Lâmpadas incandescentes são exemplos clássicos de resistores não ôhmicos. Quando a corrente passa pelo filamento da lâmpada, a temperatura do material aumenta significativamente, alterando sua resistividade. Como consequência, a resistência elétrica da lâmpada cresce à medida que a

corrente aumenta, o que resulta em uma curva não linear no gráfico de tensão versus corrente (Martini et al., 2016).

A análise experimental de lâmpadas no contexto dos resistores não ôhmicos é uma prática comum em aulas de Física, pois permite que os alunos observem na prática as diferenças entre resistores ôhmicos e não ôhmicos. Durante esses experimentos, os estudantes podem medir a corrente e a tensão em uma lâmpada incandescente e comparar os resultados com os obtidos para resistores comerciais. Barreto e Silva (2016) destacam que essa atividade ajuda a reforçar conceitos como resistência, potência e eficiência energética, além de proporcionar uma compreensão mais ampla das propriedades elétricas dos materiais.

Outro ponto de destaque na análise experimental de lâmpadas é a relação entre a eficiência energética e o comportamento não ôhmico. À medida que a resistência do filamento aumenta com a temperatura, parte significativa da energia elétrica é dissipada na forma de calor, tornando as lâmpadas incandescentes menos eficientes em comparação com tecnologias mais modernas, como lâmpadas LED. Esse contraste pode ser explorado em atividades experimentais para incentivar discussões sobre consumo energético e sustentabilidade, conectando os conceitos físicos ao cotidiano dos alunos (Villas Bôas et al., 2013).

Além das lâmpadas incandescentes, outros dispositivos elétricos, como diodos e transistores, também são exemplos de resistores não ôhmicos. Esses elementos têm ampla aplicação em eletrônica e telecomunicações, destacando a importância de compreender suas características para a formação de uma base sólida no estudo de circuitos elétricos. Segundo Martini et al. (2016), o estudo dos resistores não ôhmicos é essencial para abordar os avanços tecnológicos que dependem de semicondutores e materiais de propriedades variáveis.

Portanto, a diferenciação entre resistores ôhmicos e não ôhmicos não apenas enriquece o aprendizado dos conceitos fundamentais de Física, mas também permite que os estudantes compreendam as aplicações práticas desses elementos em tecnologias cotidianas. A inclusão de experimentos práticos no ensino, como a análise de lâmpadas incandescentes, fortalece a conexão entre teoria e prática, promovendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

### ***2.2.3 Equações de Maxwell***

As Equações de Maxwell representam um dos maiores marcos da Física, unificando os fenômenos de eletricidade e magnetismo em uma teoria coerente e abrangente. Desenvolvidas por James Clerk Maxwell no século XIX, essas equações descrevem matematicamente como

os campos elétricos e magnéticos se comportam e interagem, formando a base da eletrodinâmica clássica. Sua importância transcende os limites da teoria, tendo aplicações práticas em áreas como telecomunicações, engenharia elétrica e física moderna.

As Equações de Maxwell consistem em quatro expressões matemáticas fundamentais: a Lei de Gauss para o campo elétrico, a Lei de Gauss para o magnetismo, a Lei de Faraday para a indução eletromagnética e a Lei de Ampère-Maxwell. Segundo Martini et al. (2016), essas equações estabelecem as relações entre cargas elétricas, correntes e os campos elétricos e magnéticos que elas geram, fornecendo a base para a compreensão de fenômenos eletromagnéticos.

No contexto da eletrodinâmica, as Equações de Maxwell explicam a propagação das ondas eletromagnéticas, mostrando que uma variação no campo elétrico gera um campo magnético e vice-versa. Essa interação resulta em ondas que se propagam no espaço a uma velocidade finita, que, no vácuo, corresponde à velocidade da luz. Como apontam Barreto e Silva (2016), essa descoberta foi crucial para estabelecer que a luz é uma onda eletromagnética, unificando a ótica e o eletromagnetismo em uma única teoria.

A relevância das Equações de Maxwell no estudo de circuitos elétricos reside em sua capacidade de descrever o comportamento dos campos e correntes em condições dinâmicas, como em circuitos de corrente alternada (CA). Em circuitos CA, os campos elétricos e magnéticos variam continuamente, criando condições que podem ser compreendidas por meio das equações de Maxwell. Por exemplo, a Lei de Faraday explica a indução eletromagnética, fenômeno essencial no funcionamento de transformadores, geradores e motores elétricos (Guimarães et al., 2013).

Outro aspecto importante é a conexão das Equações de Maxwell com o conceito de impedância em circuitos de alta frequência. Em situações nas quais os comprimentos de onda eletromagnética são comparáveis ao tamanho físico do circuito, os efeitos de propagação e radiação devem ser considerados, e as equações de Maxwell fornecem o ferramental necessário para a análise desses fenômenos. Martini et al. (2016) destacam que essas aplicações são particularmente relevantes na engenharia de telecomunicações, onde circuitos e antenas operam em frequências elevadas.

Além disso, as Equações de Maxwell são fundamentais para a compreensão e o design de dispositivos que utilizam ondas eletromagnéticas, como sistemas de rádio, micro-ondas e radares. Villas Bôas et al. (2013) enfatizam que a capacidade de projetar e otimizar esses dispositivos depende diretamente do entendimento das equações e de suas implicações práticas.

Do ponto de vista educacional, abordar as Equações de Maxwell no ensino de Física oferece aos alunos a oportunidade de conectar conceitos fundamentais de eletricidade e magnetismo a aplicações tecnológicas e ao funcionamento do mundo natural. Como Barreto e Silva (2016) sugerem, a introdução dessas equações pode ser feita de forma simplificada, destacando suas implicações qualitativas antes de explorar os detalhes matemáticos. Essa abordagem permite que os estudantes compreendam a importância das Equações de Maxwell na evolução da Física e em suas aplicações práticas.

Portanto, as Equações de Maxwell não apenas consolidam os princípios da eletrodinâmica, mas também fornecem as bases teóricas para avanços tecnológicos em diversas áreas. Sua relevância para o estudo de circuitos e para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos ressalta a importância de incluir esse tema nos currículos de Física, especialmente em contextos que buscam conectar a teoria à prática e ao cotidiano dos estudantes.

### **2.3 Revisão da Literatura**

No presente estudo, este capítulo tem como objetivo apresentar e discutir os principais estudos relacionados ao ensino de Física, com destaque para a abordagem de circuitos elétricos e a utilização de metodologias ativas e ferramentas tecnológicas no processo de ensino-aprendizagem.

Serão analisados trabalhos que exploram diferentes estratégias pedagógicas para abordar conceitos fundamentais da Física no ensino médio, como a aplicação de Sequências Didáticas, Mapas Conceituais e Gamificação, bem como a integração de recursos tecnológicos, como simuladores virtuais e plataformas interativas. Esses estudos permitem compreender os desafios enfrentados pelos educadores na promoção de um aprendizado significativo, especialmente em conteúdos que demandam habilidades abstratas e práticas.

Além disso, será investigada a relação entre as práticas educacionais propostas e os fundamentos teóricos que as embasam, como as teorias da Aprendizagem Significativa e Sociointeracionista. Essa abordagem possibilita avaliar de forma crítica como os pressupostos teóricos dialogam com as metodologias aplicadas e seus impactos no aprendizado dos estudantes.

Por fim, a revisão destacará lacunas e oportunidades identificadas na literatura, justificando a necessidade de estudos que proponham abordagens inovadoras e alinhadas às demandas contemporâneas da educação em Física. Dessa forma, este capítulo busca construir

uma base sólida para o desenvolvimento e a análise do Produto Educacional apresentado nesta pesquisa.

### ***2.3.1 Ensino de Circuitos Elétricos***

O ensino de circuitos elétricos no ensino médio é um tema recorrente na literatura acadêmica, especialmente devido às dificuldades enfrentadas tanto pelos professores quanto pelos estudantes. Esse conteúdo, que integra o campo da eletricidade e do magnetismo, é fundamental para a compreensão de diversos fenômenos físicos e tecnológicos, mas frequentemente é percebido como complexo por exigir o domínio de conceitos abstratos, como corrente, tensão, resistência e potência, além de habilidades práticas de análise e resolução de problemas.

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2020), os circuitos elétricos são uma das áreas da Física que mais integram teoria e prática, permitindo aos alunos explorar fenômenos cotidianos, como o funcionamento de dispositivos eletrônicos e sistemas de iluminação. No entanto, a abordagem tradicional desse conteúdo, baseada exclusivamente em aulas expositivas e cálculos matemáticos, frequentemente resulta em um aprendizado superficial e desmotivador. Isso se deve, em parte, à desconexão entre os conceitos teóricos e as aplicações práticas percebidas pelos alunos.

Barbosa et al. (2017) apontam que uma das principais dificuldades no ensino de circuitos elétricos é a compreensão do movimento das cargas elétricas e das relações entre tensão, corrente e resistência. Muitas vezes, as simplificações realizadas em simulações ou experimentos são mal compreendidas pelos estudantes, levando a interpretações equivocadas dos fenômenos. Para superar essas barreiras, os autores defendem o uso de metodologias que combinem experimentação prática e simulações computacionais, possibilitando aos alunos visualizar e manipular os fenômenos de maneira interativa.

Nesse sentido, a utilização de ferramentas tecnológicas, como simuladores virtuais, tem se mostrado uma estratégia eficaz para tornar o aprendizado mais significativo. Perkins, Lopez e Wiegert (2006) destacam o impacto positivo do simulador PhET Colorado no ensino de circuitos elétricos. Essa ferramenta permite que os alunos experimentem virtualmente diferentes configurações de circuitos, observando os efeitos das variações de tensão e resistência em tempo real. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de habilidades investigativas e para a compreensão mais profunda dos conceitos.

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) também enfatiza a importância de integrar tecnologia e práticas experimentais ao ensino de Física. No que tange aos circuitos elétricos, o documento sugere que o aprendizado deve ir além da memorização de fórmulas, promovendo o desenvolvimento de competências como a resolução de problemas e a aplicação do conhecimento em contextos reais. Essa perspectiva está alinhada às propostas de Bacich, Tanzi e Trevisani (2015), que defendem o uso de metodologias ativas, como Sequências Didáticas e Gamificação, para envolver os alunos de maneira mais dinâmica e interativa.

Outra dificuldade comum no ensino de circuitos elétricos está relacionada à abstração matemática necessária para resolver problemas e analisar circuitos. Segundo Boylestad (2009), muitos estudantes têm dificuldade em aplicar leis fundamentais, como a Lei de Ohm e as Leis de Kirchhoff, em situações práticas. Para mitigar esse problema, os autores sugerem o uso de exemplos contextualizados e a introdução gradual dos conceitos, com ênfase na conexão entre teoria e prática.

Além disso, a teoria da Aprendizagem Significativa, de Ausubel (2003), oferece uma base teórica relevante para abordar essas dificuldades. Ausubel argumenta que o aprendizado é mais eficaz quando os novos conceitos são conectados aos conhecimentos prévios dos alunos. No ensino de circuitos elétricos, isso implica relacionar os conceitos abstratos de eletricidade a situações do cotidiano, como o funcionamento de aparelhos eletrônicos ou sistemas de energia elétrica.

Por fim, o levantamento de estudos acadêmicos sobre o ensino de circuitos elétricos destaca não apenas os desafios enfrentados, mas também as oportunidades de inovação pedagógica. A adoção de metodologias ativas, o uso de tecnologias educacionais e a valorização do aprendizado significativo representam caminhos promissores para transformar o ensino desse conteúdo em uma experiência mais engajante e eficaz.

### ***2.3.2 Tecnologias no Ensino de Física***

O uso de ferramentas tecnológicas no ensino tem se destacado como uma estratégia pedagógica eficaz para promover o engajamento dos alunos e facilitar a compreensão de conceitos complexos, especialmente no campo das ciências exatas. Entre essas ferramentas, o simulador PhET Colorado e a plataforma Quizizz têm recebido atenção crescente na literatura por suas contribuições à aprendizagem ativa e significativa.

O simulador PhET Colorado, desenvolvido pela Universidade do Colorado, é uma plataforma interativa que oferece simulações virtuais em diversas áreas do conhecimento,

incluindo Física. As simulações são projetadas para facilitar a visualização de conceitos abstratos, permitindo que os alunos manipulem variáveis e observem os efeitos em tempo real. Estudos como o de Perkins, Lopez e Wiegert (2006) destacam que o PhET é particularmente eficaz para o ensino de circuitos elétricos, pois permite que os estudantes experimentem virtualmente a montagem e análise de circuitos sem a necessidade de equipamentos físicos caros ou de difícil acesso.

Além disso, o uso do PhET no ensino de circuitos elétricos está alinhado com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por Ausubel (2003). O simulador promove a conexão entre os conhecimentos prévios dos alunos e os novos conteúdos, tornando o aprendizado mais relevante e duradouro. Essa ferramenta também estimula o aprendizado por descoberta, uma abordagem que incentiva os estudantes a explorar conceitos de maneira autônoma e investigativa.

Outro benefício do PhET Colorado é sua acessibilidade. Por ser gratuito e disponível online, ele possibilita a inclusão de escolas com recursos limitados. Barbosa et al. (2017) apontam que essa característica é especialmente relevante em países em desenvolvimento, onde a falta de laboratórios físicos ainda representa um desafio significativo para o ensino de Física.

A plataforma Quizizz, por sua vez, é uma ferramenta de gamificação que permite a criação de quizzes interativos para avaliar o aprendizado dos alunos de forma dinâmica e envolvente. Fischer, Kolar e Reinmann (2019) destacam que o uso de elementos de jogos, como pontuações, rankings e feedback imediato, aumenta a motivação dos alunos e promove a participação ativa no processo de ensino-aprendizagem. No ensino de circuitos elétricos, o Quizizz pode ser utilizado para revisar conceitos, avaliar o entendimento dos alunos e identificar dificuldades de forma lúdica e eficiente.

Falcão (2016) ressalta que a gamificação, quando bem aplicada, contribui para o desenvolvimento de competências como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração. A plataforma Quizizz permite que os professores personalizem os quizzes de acordo com as necessidades específicas de suas turmas, criando atividades que reforcem os conceitos abordados em aula e promovam a autonomia dos alunos.

Os estudos também destacam o impacto positivo da integração dessas ferramentas no processo de ensino-aprendizagem. Perkins et al. (2006) observaram que o uso do PhET em sala de aula melhora a compreensão conceitual dos alunos e altera suas atitudes em relação ao aprendizado de ciências, tornando-o mais acessível e interessante. Da mesma forma, Fischer et al. (2019) enfatizam que o Quizizz promove maior engajamento dos estudantes, transformando o momento de avaliação em uma experiência colaborativa e interativa.

Entretanto, é importante destacar que a eficácia dessas ferramentas depende do planejamento pedagógico. Conforme apontado por Bacich, Tanzi e Trevisani (2015), o uso de tecnologias educacionais deve ser acompanhado de estratégias didáticas que promovam a interação, a reflexão e a aplicação prática dos conhecimentos. Nesse sentido, o PhET e o Quizizz não devem ser vistos como substitutos para o ensino presencial, mas como complementos que enriquecem o processo de aprendizagem.

Portanto, a revisão dos trabalhos sobre o uso de ferramentas tecnológicas, como o simulador PhET Colorado e a plataforma Quizizz, evidencia sua contribuição significativa para a educação contemporânea. Essas tecnologias não apenas facilitam o aprendizado de conceitos complexos, mas também promovem um ambiente educacional mais inclusivo, dinâmico e alinhado às demandas do século XXI.

Assim, o uso de ferramentas tecnológicas, como o simulador PhET Colorado e a plataforma Quizizz, tem se consolidado como uma abordagem promissora no ensino de Física, contribuindo significativamente para a compreensão de conceitos complexos e o engajamento dos alunos. Essas tecnologias interativas oferecem alternativas dinâmicas e acessíveis ao ensino tradicional, alinhando-se às demandas contemporâneas da educação.

A utilização de laboratórios virtuais, como o simulador PhET Colorado, permite aos alunos explorar conceitos de Física por meio de simulações interativas que reproduzem fenômenos reais de forma visual e prática. Pereira (2022) destaca que o PhET é particularmente eficaz no ensino de circuitos elétricos, pois possibilita a manipulação de variáveis, como tensão e resistência, em um ambiente seguro e controlado. Essa ferramenta não apenas facilita a visualização dos fenômenos, mas também incentiva o aprendizado investigativo, permitindo que os estudantes testem hipóteses e analisem os resultados em tempo real.

De forma semelhante, Cavalcanti (2022) observa que o uso de objetos virtuais de aprendizagem no ensino de Física melhora a compreensão conceitual e desperta maior interesse dos alunos. Em seu estudo, Cavalcanti aponta que ferramentas como o PhET são especialmente úteis em escolas com recursos limitados, onde a falta de laboratórios físicos pode comprometer a realização de experimentos práticos. Ao oferecer uma alternativa acessível e eficaz, o PhET ajuda a superar essa barreira, democratizando o acesso à experimentação científica.

A plataforma Quizizz, por sua vez, tem sido amplamente utilizada como uma ferramenta de avaliação interativa e gamificada. Camargo (2023) explora o impacto da gamificação no ensino de Física e destaca que o Quizizz não apenas promove maior engajamento dos alunos, mas também fornece feedback imediato, ajudando os professores a identificar dificuldades e ajustar suas estratégias pedagógicas. A combinação de elementos lúdicos e competitivos

transforma o processo de avaliação em uma experiência mais motivadora, contribuindo para a retenção do conhecimento.

Além disso, Carvalho et al. (2019) analisam o uso de objetos digitais de aprendizagem no ensino de Física Básica e enfatizam que ferramentas como o PhET e o Quizizz promovem um aprendizado ativo, no qual os alunos são incentivados a participar ativamente do processo de construção do conhecimento. Essa abordagem é particularmente relevante em conteúdos como circuitos elétricos, que exigem a integração de conceitos teóricos e habilidades práticas.

Outros estudos também destacam o impacto positivo dessas tecnologias na aprendizagem de conceitos específicos de Física. Jesus (2019), por exemplo, utiliza uma sequência didática com módulos eletrônicos interativos para ensinar circuitos elétricos e observa que a inclusão de tecnologias digitais aumenta a autonomia dos alunos e promove um aprendizado mais significativo. Da mesma forma, Neto (2018) investiga o uso de atividades lúdicas no ensino de eletrodinâmica e conclui que a integração de recursos tecnológicos contribui para uma melhor compreensão dos conceitos abordados.

Por fim, Oliveira Júnior et al. (2015) apontam que as simulações computacionais são ferramentas valiosas para complementar o ensino presencial, oferecendo aos alunos a oportunidade de explorar fenômenos complexos de maneira intuitiva e acessível. Essas tecnologias não apenas facilitam a compreensão de conceitos, mas também ajudam a desenvolver habilidades críticas e investigativas, fundamentais para o aprendizado científico.

Portanto, os estudos revisados confirmam o impacto positivo do simulador PhET Colorado e da plataforma Quizizz no ensino de Física, destacando sua contribuição para a compreensão conceitual e o engajamento dos alunos. Ao integrar essas ferramentas em práticas pedagógicas bem planejadas, os professores podem transformar o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais dinâmico, inclusivo e eficaz.

### ***2.3.3 Metodologias Ativas e Ensino de Física***

O ensino de Física, tradicionalmente marcado pela abordagem expositiva e pelo foco em memorização de fórmulas, tem enfrentado desafios significativos no que tange à promoção de um aprendizado significativo e à construção de um conhecimento científico robusto. Nesse contexto, as metodologias ativas emergem como uma alternativa pedagógica que coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem, incentivando a participação ativa, a investigação e a aplicação prática dos conceitos.

As metodologias ativas englobam abordagens diversificadas, como Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), Gamificação, Mapas Conceituais, Ensino por Investigação e Sequências Didáticas, entre outras. Essas estratégias são fundamentadas em teorias educacionais, como a Aprendizagem Significativa, de Ausubel (2003), e o Sociointeracionismo, de Vygotsky (1991), que destacam a importância da interação, da contextualização e da conexão entre os conhecimentos prévios e os novos conteúdos para o desenvolvimento do aprendizado.

No ensino de Física, as metodologias ativas promovem uma mudança de paradigma, afastando-se da mera transmissão de informações para um modelo de ensino que estimula a construção do conhecimento científico por meio da resolução de problemas, experimentação prática e uso de tecnologias educacionais. Segundo Bacich, Tanzi e Trevisani (2015), essa abordagem não apenas favorece a compreensão dos conceitos, mas também desenvolve habilidades cognitivas superiores, como o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de aplicar o conhecimento em contextos reais.

A utilização de Sequências Didáticas, por exemplo, organiza o ensino em etapas bem definidas, permitindo que os alunos avancem gradualmente na compreensão dos conceitos físicos. Essas sequências integram atividades práticas, discussões em grupo e avaliações formativas, promovendo a reflexão contínua e o envolvimento ativo dos estudantes. Jesus (2019) destaca que o uso de sequências didáticas no ensino de circuitos elétricos melhora significativamente o entendimento dos alunos sobre conceitos como corrente, tensão e resistência, além de incentivar a autonomia e o protagonismo.

Outro exemplo de metodologia ativa é o uso de Mapas Conceituais. Essa ferramenta auxilia os alunos na organização e na visualização das relações entre diferentes conceitos de Física, facilitando a integração de conhecimentos novos e preexistentes. Segundo Novak e Gowin (1984), os mapas conceituais são especialmente úteis no ensino de temas complexos, como eletromagnetismo e circuitos elétricos, pois ajudam os estudantes a construir uma visão holística do conteúdo.

A Gamificação, por sua vez, introduz elementos de jogos no ambiente educacional, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente. Camargo (2023) argumenta que a gamificação, ao transformar o ensino em uma experiência interativa e lúdica, aumenta a motivação dos alunos e promove maior retenção do conhecimento. A aplicação de jogos educativos e plataformas como o Quizizz no ensino de Física tem se mostrado eficaz na revisão de conteúdos e na identificação de lacunas de aprendizado, incentivando os estudantes a participarem ativamente do processo.

Essas metodologias ativas também se destacam por sua capacidade de integrar as tecnologias ao ensino de Física. Cavalcanti (2022) observa que ferramentas como simuladores virtuais e plataformas interativas oferecem um ambiente seguro e acessível para experimentação, permitindo que os alunos explorem conceitos complexos de maneira prática e investigativa. Essa abordagem não apenas facilita a aprendizagem, mas também conecta os conteúdos ao cotidiano dos estudantes, aumentando sua relevância e interesse.

Portanto, as metodologias ativas representam uma evolução necessária no ensino de Física, alinhando-se às demandas contemporâneas por uma educação mais dinâmica, inclusiva e eficaz. Ao promover o protagonismo do aluno, a interação social e a aplicação prática do conhecimento, essas abordagens transformam o processo de ensino-aprendizagem, contribuindo para a formação de cidadãos críticos, criativos e preparados para os desafios do século XXI.

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, aplicada e de natureza exploratória, com delineamento de intervenção pedagógica. Adota-se a abordagem qualitativa por compreender que os dados analisados emergem de processos educacionais dinâmicos e complexos, cujos significados não podem ser reduzidos à quantificação, sendo necessários instrumentos que valorizem as experiências, interpretações e produções dos sujeitos envolvidos. A vertente aplicada justifica-se pelo desenvolvimento de um Produto Educacional voltado à transformação das práticas pedagógicas no ensino de Física, especialmente no que tange à mediação dos conceitos de circuitos elétricos. A natureza exploratória refere-se à investigação das possibilidades didáticas do uso do simulador PhET Colorado no contexto da educação básica.

A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio em uma instituição pública estadual do Paraná. A intervenção consistiu na implementação de uma sequência didática estruturada com base em metodologias ativas de aprendizagem, utilizando como eixo central o simulador PhET Colorado, conforme detalhado no capítulo anterior.

Os dados foram obtidos por meio da observação das aulas, das produções escritas dos estudantes durante as atividades propostas e da aplicação de um questionário avaliativo ao término da sequência didática. Este instrumento foi composto por questões abertas e fechadas, elaboradas com base nos objetivos específicos do produto educacional, com foco na avaliação da compreensão dos conceitos físicos trabalhados, da percepção sobre o uso da simulação como recurso pedagógico e da participação no processo de aprendizagem.

Os critérios de avaliação dos estudantes consideraram: (i) a capacidade de interpretar os fenômenos elétricos abordados; (ii) a aplicação correta das leis físicas nos contextos propostos; (iii) a coerência nas respostas escritas; e (iv) o engajamento nas atividades de simulação e discussão em grupo. A avaliação teve caráter formativo, visando à compreensão do percurso de aprendizagem e não à atribuição de notas classificatórias.

Quanto aos critérios de correção dos materiais avaliativos, adotou-se uma matriz analítica previamente elaborada, que incluía: (a) domínio conceitual dos termos físicos (tensão, corrente, resistência); (b) clareza na argumentação; (c) coerência entre os resultados experimentais e as explicações fornecidas; e (d) presença de raciocínio reflexivo nas questões abertas. As respostas foram analisadas à luz das categorias definidas e discutidas no capítulo de

resultados e análise, permitindo inferências sobre os avanços conceituais dos estudantes ao longo da sequência didática.

### **3.1 Metodologia de Ensino**

A metodologia de ensino adotada neste trabalho fundamenta-se na elaboração e aplicação de um Produto Educacional voltado para o ensino de circuitos elétricos no ensino médio. Este Produto foi desenvolvido com base em pressupostos teóricos sólidos, que orientaram a transposição didática dos conceitos de Física e sua implementação em sala de aula. A proposta visa promover uma aprendizagem significativa, ancorada no protagonismo do aluno e no uso de tecnologias educacionais.

A construção da sequência didática seguiu uma abordagem sistemática, com etapas bem definidas. Inicialmente, foram realizados levantamentos bibliográficos sobre o ensino de circuitos elétricos e os desafios enfrentados nesse contexto. Estudos como os de Jesus (2019) e Cavalcanti (2022) foram fundamentais para compreender as limitações das abordagens tradicionais e identificar estratégias pedagógicas inovadoras. A partir desse referencial, foram elaboradas atividades que integrassem experimentação prática, simulações virtuais e elementos de gamificação, promovendo uma conexão entre os conceitos teóricos e as aplicações práticas.

A sequência didática foi estruturada em quatro etapas principais. Na primeira etapa, foram introduzidos os conceitos fundamentais de circuitos elétricos, como corrente, tensão, resistência e potência. Essa etapa utilizou o simulador PhET Colorado como recurso principal, permitindo aos alunos explorar os fenômenos de forma interativa e visual. A segunda etapa abordou os circuitos em série e paralelo, com atividades práticas que incentivaram os estudantes a montar circuitos simples utilizando materiais de baixo custo. Nessa fase, o foco foi a análise experimental dos comportamentos de resistores e lâmpadas em diferentes configurações, conforme discutido por Neto (2018).

A terceira etapa incorporou a plataforma Quizizz como ferramenta de avaliação interativa. Essa fase foi planejada para revisar os conceitos abordados nas etapas anteriores, promovendo o engajamento dos alunos por meio de quizzes gamificados. Segundo Camargo (2023), o uso de gamificação no ensino de Física não apenas motiva os estudantes, mas também oferece feedback imediato, auxiliando no diagnóstico de dificuldades e na adaptação das estratégias de ensino. Por fim, a quarta etapa explorou aplicações práticas dos conceitos de

circuitos elétricos, destacando exemplos do cotidiano e incentivando os alunos a resolverem problemas reais utilizando os conhecimentos adquiridos.

O planejamento das atividades práticas e o uso das ferramentas tecnológicas foram norteados por teorias educacionais que enfatizam o aprendizado ativo e significativo. A teoria da Aprendizagem Significativa, de Ausubel (2003), guiou a seleção dos conteúdos e a organização das atividades, garantindo que os novos conceitos fossem apresentados de forma contextualizada e conectada aos conhecimentos prévios dos alunos. Já o Sociointeracionismo, de Vygotsky (1991), inspirou a criação de dinâmicas que favorecessem a interação social e a mediação do professor, promovendo um ambiente colaborativo de construção do conhecimento.

Além disso, o uso de tecnologias educacionais, como o simulador PhET Colorado, desempenhou um papel central na metodologia. Conforme apontado por Pereira (2022), essas ferramentas oferecem uma alternativa eficaz e acessível à experimentação prática, especialmente em contextos escolares com recursos limitados. A integração de tecnologias interativas, aliada às atividades práticas e avaliações formativas, potencializou o envolvimento dos alunos e contribuiu para uma compreensão mais profunda dos conceitos abordados.

Dessa forma, a metodologia de ensino proposta neste trabalho reflete um esforço para alinhar teorias educacionais, inovações pedagógicas e demandas do ensino contemporâneo. A elaboração e o desenvolvimento do Produto Educacional buscaram não apenas superar as dificuldades tradicionais do ensino de circuitos elétricos, mas também criar uma experiência de aprendizagem dinâmica, inclusiva e transformadora para os estudantes.

### **3.2 Metodologia do Trabalho**

A presente pesquisa foi desenvolvida no contexto de uma abordagem translacional, com o objetivo de conectar teorias educacionais e práticas pedagógicas aplicadas ao ensino de Física, especificamente no tema de circuitos elétricos. Este capítulo descreve detalhadamente os procedimentos e métodos utilizados na investigação, abordando o problema, os objetivos, os sujeitos envolvidos, os instrumentos de coleta e análise de dados e os métodos empregados para verificar indícios de aprendizagem.

O problema que orientou esta pesquisa está diretamente relacionado aos desafios enfrentados no ensino de circuitos elétricos no ensino médio. Apesar da relevância do tema, muitos alunos apresentam dificuldades em compreender conceitos fundamentais, como corrente, tensão e resistência, devido à abstração teórica e à limitação de recursos experimentais

disponíveis nas escolas. Assim, o trabalho buscou responder às seguintes questões: como tornar o ensino de circuitos elétricos mais dinâmico e atrativo? Quais estratégias podem ser adotadas para promover um aprendizado significativo e prático nesse contexto?

Os objetivos da pesquisa, retomados da introdução, foram: promover a compreensão de conceitos fundamentais de circuitos elétricos por meio de uma abordagem metodológica inovadora; integrar tecnologias educacionais, como o simulador PhET Colorado e a plataforma Quizizz, ao processo de ensino-aprendizagem; e verificar indícios de aprendizagem a partir da aplicação de um Produto Educacional baseado em metodologias ativas.

A caracterização dos sujeitos foi realizada considerando os alunos e o contexto escolar em que o Produto Educacional foi implementado. A pesquisa foi conduzida em uma escola pública de ensino médio localizada em uma região urbana de médio porte. A turma selecionada para a aplicação do Produto Educacional era composta por 35 estudantes do segundo ano do ensino médio, com idades entre 15 e 17 anos. O perfil dos alunos era heterogêneo em relação aos conhecimentos prévios sobre o tema, o que permitiu avaliar a eficácia da abordagem proposta em diferentes níveis de aprendizado.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados incluíram testes diagnósticos, relatórios individuais e em grupo, observações qualitativas e questionários aplicados antes, durante e após a aplicação do Produto Educacional (Apêndice A). Os testes diagnósticos foram elaborados para identificar o nível inicial de conhecimento dos alunos sobre circuitos elétricos, enquanto os relatórios e as observações foram utilizados para acompanhar o progresso durante as atividades. Além disso, os questionários permitiram avaliar as percepções dos alunos sobre as ferramentas tecnológicas empregadas e a metodologia utilizada.

A análise dos dados coletados foi realizada a partir de uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos. Os dados quantitativos, obtidos por meio dos testes e dos questionários, foram analisados estatisticamente para identificar padrões de aprendizado e correlações entre as variáveis investigadas. Por outro lado, os dados qualitativos, coletados a partir de relatórios e observações, foram analisados por meio de categorização temática, permitindo compreender as percepções dos alunos e os desafios enfrentados durante a aplicação.

Os métodos para verificação de indícios de aprendizagem incluíram a comparação entre os resultados obtidos nos testes diagnósticos e nos testes finais, além da análise dos relatórios produzidos pelos alunos. A triangulação dos dados permitiu uma avaliação mais robusta e detalhada, evidenciando a evolução dos estudantes em relação aos conceitos abordados. A

ênfase foi dada ao aprendizado significativo, analisando-se a capacidade dos alunos de conectar os novos conhecimentos aos contextos práticos e cotidianos apresentados durante as atividades.

Por fim, os resultados dessa metodologia de trabalho contribuíram para verificar a eficácia do Produto Educacional em promover o aprendizado de circuitos elétricos de forma dinâmica e envolvente. A integração de ferramentas tecnológicas e metodologias ativas mostrou-se eficiente para superar os desafios identificados no ensino tradicional, proporcionando aos alunos uma experiência de aprendizado significativa e aplicável ao mundo real.

## **4 METODOLOGIA ATIVA E TECNOLOGIAS NO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

A proposta metodológica apresentada neste trabalho integra uma abordagem prática e teórica com o uso de tecnologias educacionais, visando proporcionar uma aprendizagem significativa no estudo de circuitos elétricos. Com base nos princípios da Aprendizagem Ativa e do Sociointeracionismo de Vygotsky, a metodologia utilizada explora atividades mão na massa e ferramentas tecnológicas para engajar os estudantes em uma jornada de descoberta, análise e aplicação prática dos conceitos de Física.

A elaboração do Produto Educacional incluiu a utilização de materiais alternativos, como fios, lâmpadas e interruptores, para a construção de circuitos elétricos em série, paralelo e mistos. Essas atividades práticas foram complementadas pela introdução ao software PhET Colorado, um simulador interativo que permitiu aos estudantes expandir o entendimento dos conceitos aprendidos em sala de aula por meio de experiências virtuais. Essa combinação de estratégias práticas e digitais buscou atender às demandas contemporâneas de ensino, promovendo uma experiência imersiva e dinâmica.

O planejamento das aulas seguiu uma estrutura que priorizou o protagonismo dos estudantes e o desenvolvimento de competências investigativas e analíticas. A primeira etapa introduziu o projeto aos alunos, explicando os objetivos, as metodologias e os resultados esperados. Essa introdução destacou a importância do engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem, alinhada à visão de Vygotsky sobre a interação social como mediadora do desenvolvimento cognitivo. As etapas seguintes envolveram desafios práticos, como a construção de circuitos utilizando materiais do cotidiano, e a posterior transposição para o ambiente virtual do PhET Colorado. Essa sequência didática promoveu a integração entre teoria e prática, facilitando a compreensão e a aplicação dos conceitos de circuitos elétricos.

O uso de tecnologias interativas, como o PhET Colorado e a plataforma Quizizz, foi um diferencial da abordagem, oferecendo feedback imediato e promovendo a gamificação do processo avaliativo. Essas ferramentas não apenas aumentaram o engajamento dos estudantes, mas também permitiram a coleta de dados qualitativos e quantitativos sobre o progresso dos alunos. Questionários aplicados pela plataforma Quizizz, por exemplo, avaliaram a percepção dos estudantes sobre a metodologia adotada e os avanços em seu entendimento dos conceitos de Física.

O impacto do modelo foi evidente nas respostas dos estudantes, que relataram uma maior facilidade para relacionar os conceitos teóricos com situações práticas e reais. Além disso, as atividades experimentais estimularam o pensamento crítico e a resolução de problemas, enquanto as simulações virtuais do PhET Colorado consolidaram o aprendizado por meio da exploração interativa de variáveis e fenômenos. Essa combinação de métodos e ferramentas resultou em uma aprendizagem mais significativa e contextualizada, destacando a relevância dos circuitos elétricos no cotidiano e em aplicações tecnológicas.

A análise dos dados coletados durante a aplicação do Produto Educacional revelou que a integração entre práticas experimentais e tecnologias interativas é uma estratégia eficaz para superar os desafios do ensino tradicional de Física. Os resultados mostraram avanços no entendimento conceitual e na capacidade dos alunos de aplicar o conhecimento adquirido em novos contextos. Essa abordagem também promoveu o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como a colaboração e a autonomia no aprendizado.

Portanto, o modelo metodológico apresentado neste trabalho não apenas inovou no ensino de circuitos elétricos, mas também demonstrou o potencial das Metodologias Ativas e das tecnologias educacionais para transformar a experiência de aprendizagem, tornando-a mais envolvente, prática e significativa.

## 5 RELATO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A sequência didática estruturada para o ensino de circuitos elétricos foi aplicada no terceiro ano do Ensino Médio, em uma instituição pública estadual do Paraná. A proposta contemplou quatro aulas sequenciais, com duração média de 50 minutos cada, organizadas conforme princípios das metodologias ativas, utilizando o simulador PhET Colorado como ferramenta de mediação da aprendizagem. A seguir, descreve-se o plano e a execução de cada aula.

### 5.1 Aula 1 – Introdução ao Projeto

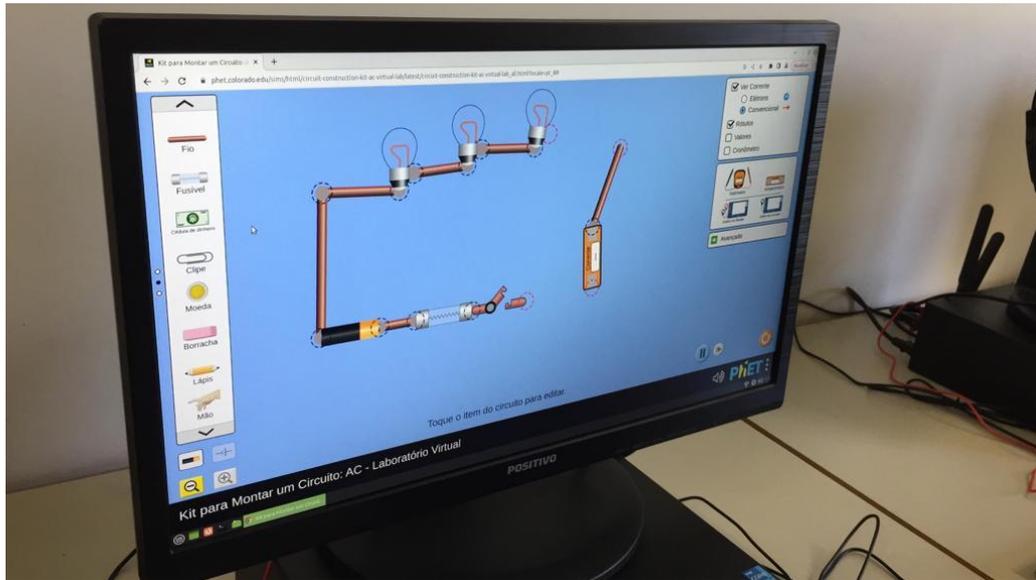
- **Objetivo:** identificar conhecimentos prévios dos alunos sobre circuitos elétricos e apresentar o simulador PhET Colorado.
- **Procedimentos:** a aula iniciou-se com uma conversa diagnóstica, por meio de perguntas abertas, com o intuito de levantar concepções espontâneas sobre corrente, tensão e resistência. Em seguida, foi apresentada a proposta do projeto e o simulador PhET Colorado. Os alunos tiveram acesso ao ambiente simulado, explorando livremente as funcionalidades, com orientação do professor.
- **Materiais utilizados:** datashow, computadores ou celulares com acesso à internet, quadro branco, PhET Colorado.

Figura 1 - Aula no Laboratório de Informática Montagem de circuitos virtuais pelos alunos no PhET Colorado



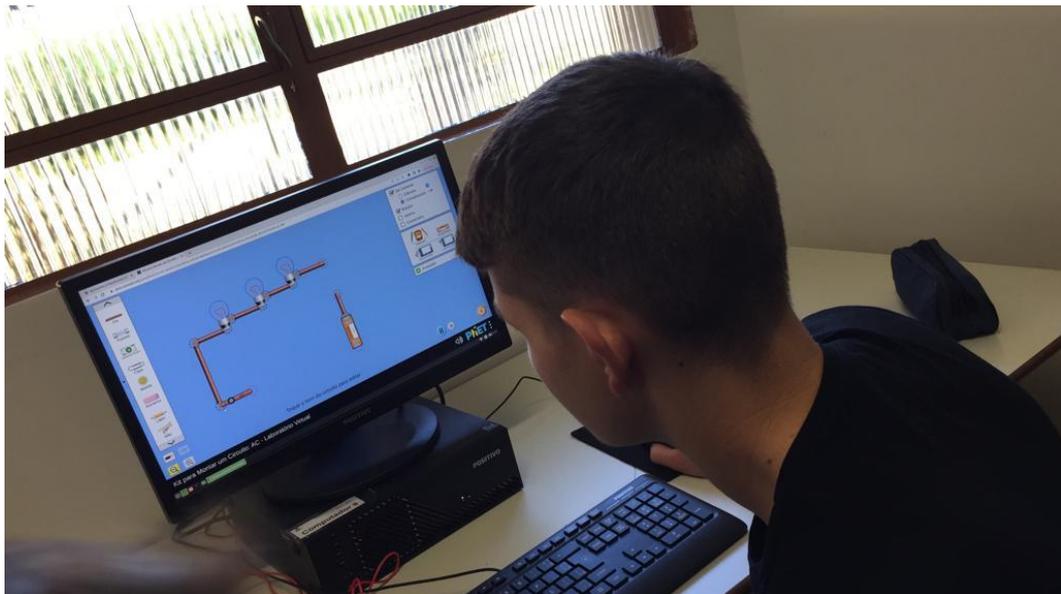
Fonte: Autor (2024)

Figura 2 - Apresentação do Software Phet Colorado aos alunos



Fonte: Autor (2024)

Figura 3 - Montagem de circuitos virtuais pelos alunos no PhET Colorado



Fonte: Autor (2024)

## 5.2 Aula 2 – Circuitos em Série

- **Objetivo:** compreender o comportamento da corrente e da tensão em circuitos em série.
- **Procedimentos:** os alunos acessaram o simulador PhET e montaram circuitos com diferentes números de resistores em série. Foram orientados a observar e registrar as variações de tensão e corrente em cada componente, utilizando o multímetro virtual. Em grupo, realizaram anotações e responderam a questionamentos orientados no roteiro da aula.

- **Materiais utilizados:** PhET Colorado, caderno de registro, roteiro de atividades, quadro para socialização dos resultados.

Figura 4 - Modelos de circuito em série apresentados aos alunos

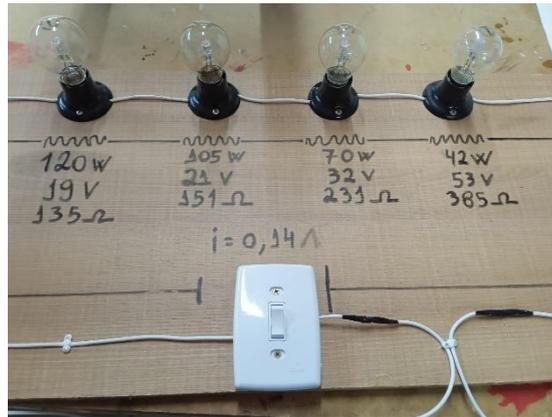


Fonte: Autor (2024)

### 5.3 Aula 3 – Circuitos Paralelos e Simulações

- **Objetivo:** analisar o comportamento das grandezas elétricas em circuitos paralelos e comparar com os circuitos em série.
- **Procedimentos:** após breve retomada teórica, os alunos utilizaram o PhET para simular circuitos paralelos. Foram estimulados a comparar a resistência equivalente nos dois tipos de circuito e a aplicar a Lei de Ohm para verificar coerência dos dados. A aula incluiu um momento de discussão coletiva mediada pelo professor, para síntese das aprendizagens.
- **Materiais utilizados:** PhET Colorado, roteiros orientativos, lousa, multímetros virtuais do simulador.

Figura 5 - Circuito Paralelo



Fonte: Autor (2024)

#### 5.4 Aula 4 – Aplicações Práticas e Discussões Colaborativas

- **Objetivo:** aplicar os conceitos construídos em situações-problema e refletir sobre as aplicações práticas dos circuitos elétricos no cotidiano.
- **Procedimentos:** os alunos foram divididos em grupos e receberam diferentes situações-problema para resolver com auxílio do PhET e dos conceitos já trabalhados. Posteriormente, apresentaram suas soluções em forma de seminário breve. A aula finalizou com a aplicação de um questionário avaliativo sobre os conteúdos abordados e a experiência com a sequência didática.
- **Materiais utilizados:** questionário impresso ou digital, quadro para exposição de conclusões, PhET Colorado.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Apresentação dos Resultados

A análise dos resultados obtidos ao longo da implementação do Produto Educacional revelou evidências significativas de aprendizagem por parte dos estudantes, especialmente no que se refere à compreensão de conceitos fundamentais de circuitos elétricos e à aplicação prática desses conhecimentos. As evidências foram coletadas por meio de atividades práticas, simulações interativas no PhET Colorado, e avaliações realizadas com o suporte da plataforma Quizizz, permitindo uma abordagem qualitativa e quantitativa na análise.

Durante as atividades práticas, os estudantes demonstraram crescente familiaridade com os conceitos de corrente elétrica, resistência e tensão. A construção de circuitos utilizando materiais alternativos serviu como um catalisador para o aprendizado experimental, permitindo que os alunos observassem o comportamento dos circuitos em série, paralelo e mistos. Esses momentos práticos foram fundamentais para que os estudantes pudessem conectar os conceitos teóricos abordados em sala de aula a situações concretas, favorecendo a internalização do conteúdo.

A interação com o simulador PhET Colorado proporcionou uma experiência enriquecedora para os estudantes, permitindo a manipulação de variáveis como intensidade de corrente e resistência em circuitos virtuais. Muitos alunos relataram que a visualização interativa facilitou a compreensão de fenômenos complexos, como a distribuição de corrente em circuitos paralelos e a soma de tensões em circuitos em série. As simulações também incentivaram o levantamento de hipóteses e a experimentação de configurações diferentes, elementos que reforçam o protagonismo do estudante no processo de aprendizagem.

As avaliações realizadas com o Quizizz indicaram um aumento significativo no nível de compreensão dos alunos sobre os conceitos de circuitos elétricos. Os resultados dos questionários aplicados ao final das aulas demonstraram uma evolução clara em relação ao diagnóstico inicial, especialmente nas questões que exigiam a aplicação prática do conhecimento adquirido. Além disso, as respostas qualitativas dos alunos revelaram uma percepção positiva sobre a metodologia empregada, destacando o impacto das atividades práticas e do uso de tecnologias interativas na aprendizagem.

Outro aspecto relevante observado foi o desenvolvimento de competências investigativas e analíticas entre os alunos. A participação ativa em atividades experimentais e o uso de ferramentas tecnológicas promoveram um ambiente de aprendizagem que estimulou a

curiosidade e a capacidade de resolução de problemas. Por exemplo, nas atividades de construção de circuitos em série e paralelo, os estudantes foram desafiados a identificar possíveis falhas nas conexões e a propor soluções, demonstrando um avanço significativo em sua capacidade de análise crítica.

Além disso, os relatos coletados durante as discussões em grupo indicaram que os alunos foram capazes de relacionar os conceitos de circuitos elétricos a contextos reais e cotidianos, como o funcionamento de dispositivos eletrônicos e sistemas de iluminação. Essa conexão com a realidade prática foi apontada como um dos fatores que mais contribuíram para a motivação e o engajamento dos estudantes ao longo do projeto.

Portanto, os resultados evidenciam o impacto positivo do Produto Educacional na promoção de uma aprendizagem significativa, integrando práticas experimentais e tecnologias educacionais. Essa abordagem não apenas facilitou a compreensão dos conceitos de circuitos elétricos, mas também contribuiu para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, sociais e emocionais, reafirmando a eficácia das Metodologias Ativas no ensino de Física.

A análise dos resultados também destacou o impacto positivo das tecnologias educacionais utilizadas no Produto Educacional, especialmente o simulador PhET Colorado e a plataforma Quizizz. Essas ferramentas desempenharam um papel crucial na ampliação do engajamento dos alunos, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais dinâmica, interativa e centrada no estudante.

O PhET Colorado, ao possibilitar a simulação de circuitos elétricos em um ambiente virtual, ampliou significativamente a compreensão dos conceitos abordados, permitindo que os estudantes visualizassem e manipulassem variáveis de forma prática e imediata. Essa interação direta favoreceu o entendimento de fenômenos complexos e incentivou a experimentação, promovendo uma aprendizagem ativa. Muitos alunos destacaram que o uso do simulador facilitou a relação entre teoria e prática, tornando mais claras as aplicações dos conceitos no cotidiano e na tecnologia.

Já o Quizizz, utilizado como ferramenta avaliativa, contribuiu para aumentar o interesse e a participação dos estudantes nas atividades. A gamificação presente na plataforma, com elementos como pontuação em tempo real e feedback imediato, transformou o processo de avaliação em uma experiência motivadora e desafiadora. Além disso, o uso do Quizizz permitiu aos alunos identificar suas próprias dificuldades e progressos, promovendo uma autorreflexão que reforçou o aprendizado. A facilidade de acesso e o caráter intuitivo da plataforma também garantiram a inclusão de todos os estudantes, independentemente do nível de familiaridade com as tecnologias.

A integração dessas tecnologias ao longo das atividades mostrou-se altamente eficaz para estimular a curiosidade e o protagonismo dos alunos, que participaram ativamente de cada etapa do projeto. Essa abordagem inovadora reforçou o papel das Metodologias Ativas na promoção de uma aprendizagem significativa, ao mesmo tempo em que destacou a importância de ferramentas tecnológicas para superar os desafios do ensino tradicional. A percepção geral dos estudantes foi de que essas tecnologias não apenas facilitaram o entendimento dos conteúdos, mas também tornaram as aulas mais envolventes e relevantes para sua formação acadêmica e pessoal.

Assim, a combinação das atividades práticas com as tecnologias educacionais empregadas demonstrou um impacto transformador no ensino de circuitos elétricos, não apenas promovendo o engajamento dos alunos, mas também ampliando sua compreensão e aplicabilidade dos conceitos aprendidos. Essa integração evidencia o potencial das tecnologias digitais como ferramentas indispensáveis para a educação do século XXI, alinhando-se às demandas contemporâneas de ensino e aprendizagem.

## **6.2 Discussão dos Resultados**

Os resultados obtidos no desenvolvimento e aplicação do Produto Educacional refletem de maneira consistente os pressupostos teóricos e as bases apresentadas na revisão da literatura. A abordagem metodológica empregada demonstrou alinhar-se aos princípios da teoria sociointeracionista de Vygotsky, à Aprendizagem Significativa de Ausubel e às contribuições das Metodologias Ativas, corroborando estudos prévios sobre o ensino de Física e o uso de tecnologias educacionais no contexto escolar.

O impacto positivo observado no engajamento e na compreensão conceitual dos alunos pode ser atribuído, em grande parte, à integração de atividades práticas e ferramentas digitais, como o simulador PhET Colorado e a plataforma Quizizz. De acordo com Pereira (2022), o uso de laboratórios virtuais no ensino de circuitos elétricos potencializa o aprendizado ao permitir uma visualização mais concreta dos fenômenos estudados, o que é corroborado pelos dados desta pesquisa. Os estudantes relataram maior facilidade para conectar teoria e prática ao manipularem variáveis no ambiente virtual, confirmando a eficácia do PhET Colorado como ferramenta de aprendizagem ativa.

A teoria de Vygotsky, particularmente o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), foi evidenciada nas interações entre alunos e professor durante as atividades práticas e discussões em grupo. O papel mediador do professor, destacado por Freitas (2002),

foi essencial para guiar os estudantes na construção de conhecimento, especialmente ao introduzir conceitos mais complexos, como circuitos mistos. Essa mediação também se refletiu nas atividades realizadas com o Quizizz, onde o feedback imediato facilitou o aprendizado contínuo, alinhando-se à perspectiva de que o aprendizado ocorre na interação entre o sujeito e o meio social.

A Aprendizagem Significativa de Ausubel também encontrou respaldo nos resultados, uma vez que a estruturação das aulas conectou os novos conhecimentos às experiências e conhecimentos prévios dos alunos. Como destacado por Moreira (2011), a aprendizagem significativa ocorre quando os conteúdos são apresentados de maneira contextualizada, o que foi evidenciado nas respostas dos estudantes, que relataram uma maior compreensão e interesse pelos conceitos devido à sua aplicabilidade prática.

Adicionalmente, as Metodologias Ativas, como Sequências Didáticas e Gamificação, desempenharam um papel central na promoção do protagonismo dos estudantes. Conforme apontado por Camargo (2023), a gamificação no ensino de Física aumenta a motivação e o engajamento dos alunos, resultados que foram evidenciados nas avaliações realizadas com o Quizizz. O caráter interativo e competitivo da ferramenta foi citado pelos estudantes como um dos aspectos mais motivadores do projeto, reforçando o papel das tecnologias digitais na renovação das práticas pedagógicas.

Por fim, os resultados também dialogam com os desafios e propostas apresentados na literatura sobre o ensino de circuitos elétricos no Ensino Médio. Estudos como os de Cavalcanti (2022) e Carvalho et al. (2019) destacam a necessidade de integrar tecnologias e práticas experimentais para superar as dificuldades de aprendizagem e engajar os alunos em conceitos abstratos. Os avanços observados nesta pesquisa, tanto na compreensão conceitual quanto no desenvolvimento de competências investigativas, reiteram a importância dessas abordagens para transformar o ensino de Física em uma experiência mais relevante e significativa.

Os dados coletados e analisados não apenas corroboram os pressupostos teóricos e as evidências apresentadas na revisão da literatura, mas também evidenciam o impacto transformador das metodologias e tecnologias empregadas. Esses resultados reforçam a necessidade de ampliar o uso de abordagens inovadoras no ensino de Física, especialmente em temas tradicionalmente desafiadores, como circuitos elétricos, alinhando-se às demandas educacionais contemporâneas e às expectativas de uma aprendizagem significativa e engajadora.

A proposta desenvolvida neste trabalho representa uma abordagem inovadora e prática para o ensino de circuitos elétricos no Ensino Médio, integrando metodologias ativas,

atividades experimentais e o uso de tecnologias digitais. Essa combinação permitiu não apenas ampliar a compreensão conceitual dos alunos, mas também promover o engajamento e o protagonismo no processo de aprendizagem, oferecendo contribuições significativas para a prática pedagógica no ensino de Física.

Entre as principais contribuições, destaca-se a capacidade da proposta de conectar os conceitos teóricos de circuitos elétricos a aplicações práticas e cotidianas. As atividades experimentais, realizadas com materiais alternativos, possibilitaram que os alunos construíssem circuitos em série, paralelo e mistos, consolidando a compreensão de fenômenos como a distribuição de corrente e tensão. Essa abordagem prática, aliada ao uso do simulador PhET Colorado, permitiu aos alunos explorar variáveis e situações que seriam de difícil reprodução no ambiente físico, ampliando a experiência de aprendizagem e estimulando o pensamento crítico e investigativo.

O uso da plataforma Quizizz também foi um diferencial da proposta, contribuindo para a avaliação formativa e para o engajamento dos alunos por meio da gamificação. A possibilidade de obter feedback imediato e de participar de avaliações interativas favoreceu a autorregulação do aprendizado e aumentou o interesse dos estudantes, aspectos frequentemente citados na literatura como essenciais para a aprendizagem ativa (Camargo, 2023; Falcão, 2016).

Além disso, a proposta evidenciou o potencial das Metodologias Ativas para transformar o ensino de Física em uma experiência mais relevante e significativa. Ao promover o protagonismo dos estudantes e valorizar suas contribuições, a abordagem fortaleceu o papel do professor como mediador e facilitador do aprendizado, alinhando-se aos princípios da teoria sociointeracionista de Vygotsky e da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

No entanto, a proposta também apresenta limitações que precisam ser consideradas para futuras implementações. Uma das principais limitações observadas foi a dependência de recursos tecnológicos, como o acesso a computadores e à internet, indispensáveis para o uso do PhET Colorado e da plataforma Quizizz. Em contextos educacionais com infraestrutura limitada, a aplicação da proposta pode ser desafiadora, exigindo adaptações que mantenham a essência da metodologia sem comprometer sua eficácia.

Outro ponto a ser destacado é a necessidade de formação continuada dos professores para o uso de tecnologias educacionais e a implementação de Metodologias Ativas. Embora a proposta tenha demonstrado resultados positivos, sua replicação exige que os educadores estejam familiarizados com os recursos tecnológicos e capacitados para conduzir atividades práticas e interativas de forma eficaz. Essa necessidade aponta para a importância de políticas

educacionais que promovam a formação docente como um aspecto central da inovação pedagógica.

Além disso, o tempo disponível para a realização das atividades em sala de aula pode ser um fator limitante, especialmente em escolas com currículos mais tradicionais ou cargas horárias reduzidas para a disciplina de Física. A integração de atividades práticas e tecnológicas requer planejamento e flexibilidade, o que pode demandar ajustes no cronograma escolar.

Por fim, a proposta também deve ser avaliada em um contexto mais amplo, envolvendo turmas maiores e diversificadas, para verificar sua aplicabilidade em diferentes realidades educacionais. Estudos futuros poderiam explorar como adaptar essa abordagem a outros temas da Física, ampliando seu alcance e contribuindo para a construção de um ensino de Ciências mais dinâmico e inclusivo. Portanto, a proposta apresentada contribui significativamente para a inovação no ensino de Física, oferecendo reflexões importantes sobre as possibilidades e os desafios de integrar metodologias ativas e tecnologias educacionais ao ambiente escolar. Ao considerar suas contribuições e limitações, ressalta-se a relevância de continuar investindo em práticas pedagógicas que promovam uma aprendizagem relevante, prática e envolvente, em consonância com as necessidades e desafios da educação atual.

## 7 CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo principal investigar e propor estratégias para o ensino de circuitos elétricos no Ensino Médio, buscando promover uma aprendizagem significativa por meio da integração de práticas experimentais e tecnologias educacionais. O trabalho foi estruturado de forma a abordar a fundamentação teórica, a revisão da literatura, a descrição metodológica e a análise dos resultados obtidos com a aplicação do Produto Educacional desenvolvido. Os resultados evidenciaram avanços importantes na compreensão conceitual dos estudantes, bem como na promoção de um ensino mais dinâmico e engajador.

A pesquisa partiu de um problema central: como tornar o ensino de circuitos elétricos mais atrativo, dinâmico e alinhado às necessidades educacionais contemporâneas? Para responder a essa questão, foram formulados objetivos específicos que guiaram a elaboração e aplicação do Produto Educacional, incluindo a construção de uma sequência didática fundamentada em Metodologias Ativas, a utilização de ferramentas tecnológicas como o simulador PhET Colorado e a plataforma Quizizz, e a promoção de atividades práticas com materiais acessíveis.

Os resultados alcançados confirmam as hipóteses iniciais de que a integração de práticas experimentais e tecnologias educacionais contribui significativamente para o aprendizado de conceitos complexos, como os relacionados aos circuitos elétricos. Os estudantes demonstraram maior compreensão conceitual e capacidade de aplicar o conhecimento teórico em contextos práticos. Além disso, a utilização das ferramentas tecnológicas possibilitou o engajamento ativo dos alunos, tornando as aulas mais atrativas e significativas, conforme apontado na literatura analisada.

O trabalho também revelou limitações que merecem atenção. A dependência de infraestrutura tecnológica adequada pode dificultar a replicação da proposta em escolas com recursos limitados. Além disso, o tempo necessário para a implementação das atividades práticas e a capacitação docente para o uso das tecnologias representam desafios que precisam ser enfrentados em futuros projetos.

Como contribuição ao campo da educação, esta pesquisa reafirma o valor das Metodologias Ativas e das ferramentas tecnológicas como elementos transformadores do ensino de Física. O conhecimento produzido oferece um referencial teórico e prático para professores que buscam renovar suas práticas pedagógicas, contribuindo para um ensino mais

relevante e eficaz. Além disso, a proposta apresentada pode ser adaptada para outros temas dentro da Física, ampliando seu alcance e impacto.

Recomenda-se que trabalhos futuros aprofundem a análise sobre a aplicação da proposta em diferentes contextos educacionais, especialmente em escolas com infraestrutura limitada. Além disso, estudos adicionais poderiam investigar os efeitos de longo prazo dessa abordagem na formação científica dos alunos, avaliando seu impacto em competências como o pensamento crítico e a resolução de problemas.

Por fim, espera-se que esta pesquisa inspire educadores e gestores a adotarem práticas pedagógicas inovadoras e tecnologicamente integradas, promovendo um ensino de Física alinhado às demandas e desafios da sociedade contemporânea. A dissertação conclui-se com a convicção de que o conhecimento produzido contribui de forma significativa para o avanço do ensino de Física e para a formação integral dos estudantes.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 2003.
- BACICH, Lilian; TANZI, Silmara; TREVISANI, Fernando M. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BARRETO F, Benigno. SILVA, Claudio. **Física aula por aula: Eletromagnetismo. Física Moderna, 3º ano**. 3ª Ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BONJORNO e vários autores. **Física: Eletromagnetismo e Física Moderna 3º ano**. Vol 3. 3ª ed. São Paulo: FTD, 2016.
- CAMARGO, Gustavo Plaster. **Gamificação no ensino de física: uma alternativa pedagógica para o ensino de circuito elétrico**. 2023. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Campus de Ji-Paraná, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2023. Disponível em: <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/5096>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- CARVALHO, Arley et al. Objetos Digitais de Aprendizagem no Ensino de Física Básica: Um estudo de caso com simuladores virtuais em uma escola de ensino público estadual. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 3, p. 263-272, 2019.
- CAVALCANTI, Letícia Maria de Oliveira. **O Uso de Objetos Virtuais de Aprendizagem no ensino de circuito elétrico**. 2022. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Semiárido. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/7824>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- FALCÃO, Elza Marques. Aprendizagem ativa no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 3, p. 1-8, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- FERRARO, N. G. SOARES, P. A. T. **Física Básica: Volume Único, Nicolau e Toledo**. São Paulo: Atual. 1998
- FISCHER, Frank; KOLAR, Barbara; REINMANN, Gabi. **Gamification and Digital Assessment: A Path to Modern Education**. Berlin: Springer, 2019.
- FREITAS, Maria T. de Assunção. **Vygotsky e Bakhtin Psicologia e Educação: um intertexto**. 4.ed. São Paulo: Editora Ática. 2002.
- GEHLEN, Simoni Tormöhlen; DELIZOICOV, Demétrio. A Dimensão Epistemológica da Noção de Problema na Obra de Vygotsky: implicações no ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**–V17(1), pp.59-79, 2012.
- GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física: Ensino Médio**. São Paulo: Ática, 2013.
- GUIMARAES, Osvaldo; PIQUEIRA, Jose Roberto; CARRON, Wilson. **Física: Ensino Médio**. 1ed. Ática. São Paulo, 2013.
- JESUS, Ademar de. **Sequência didática para o ensino de circuito elétrico utilizando módulos eletrônicos interativos**. 2019. 109 f. Dissertação (Mestrado em Física) -

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Brasil, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4798>. Acesso em: 20 nov. 2024.

JOHN-STEINER, Vera; SOUBERMAN, Ellen. Posfácio. IN.VYGOTSKY,L.S. **A Formação Social da Mente**. 4. ed. São Paulo, Martins Fontes. 1991.

KNOBLAUCH, Nilda Von. Olho humano: a janela de entrada para o estudo da óptica. **Cadernos PDE**, v. 1, 2013. Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes.pde/2013/2013\\_uem\\_fis\\_artigo\\_nilda\\_von\\_knoblauch.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes.pde/2013/2013_uem_fis_artigo_nilda_von_knoblauch.pdf)>. Acesso em 30 out. 2020.

LOURDES, Fabíola Damasceno; AZEVEDO, Marcio De Freitas; NEY, Wander Gomes. Aula interdisciplinar sobre Eletroquímica e Eletromagnetismo com utilização de recursos didáticos diversos: um estudo de caso. In: **Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão-CONEPE**. 2018. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/conepe/article/view/14366/11651>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MARTINI, Glorinha. SPINELLI, Walter. REIS, Hugo C. SANT'ANNA, Blaidi. **Conexões com a Física**. Vol 3. 3ª Edição. São Paulo: Moderna, 2016.

MARTINI, Glorinha; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo C.; SANT'ANNA, Blaidi. **Conexões com a Física**. Vol. 3. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MARX, Karl. **A ideologia alemã**: crítica da mais recente filosofia alemã em seus representantes Feuerbach, B. Bauer e Stiner. Petrópolis: Vozes, 2019.

MEIER, Marcos; GARCIA, Sandra. **Mediação da aprendizagem**: contribuições de Feuerstein e de Vygotsky. 7.ed. Curitiba: Edição do Autor. 2011

MOREIRA, Marco Antonio. e OSTERMANN, Fernanda. **Teorias construtivistas**. Textos de apoio ao professor de Física; n.10. Porto Alegre: Instituto de Física UFRGS, 1996.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teoria da Aprendizagem Significativa: Implicações para o Ensino de Ciências e Matemática**. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011.

NETO, José Augusto Pereira. **Uma proposta experimental e lúdica para o ensino de conceitos de eletrodinâmica em circuitos elétricos**. 2018. Tese (Doutorado em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2018. Disponível em: [https://www2.ifrn.edu.br/mnpef/\\_dissertacoes/Dissertacao\\_Jos%C3%A9\\_Augusto.pdf](https://www2.ifrn.edu.br/mnpef/_dissertacoes/Dissertacao_Jos%C3%A9_Augusto.pdf). Acesso em: 20 nov. 2024.

NOVAK, Joseph D.; GOWIN, Bob. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano, 1984.

OLIVEIRA JÚNIOR, Félix Miguel et al. **O uso de simulações computacionais como ferramenta de ensino e aprendizagem de circuito elétrico RC**. Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Campus VII, Patos-PB. In: Encontro Nacional de Educação, Ciências e Tecnologia, v. XXVII, 2015.

PARANÁ, Referencial curricular para o ensino médio do Paraná / Secretaria de Estado da Educação do Esporte. Curitiba: SEED/PR, 2021.

PASSOS, Erinaldo Costa.; NETO, A. V. de A. LEMAIRE, Thierry. Comportamento óptico do olho humano e suas ametropias. **Caderno de Física da UEFS**, v. 1-2, n. 06, 2008, p.7-18.

PEREIRA, Maria das Graças da Silva Nunes. **O Uso de Laboratórios virtuais nas aulas de circuito elétrico**. 2022. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Semiárido. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/8402>. Acesso em: 20 nov. 2024.

PIETROCOLA, M. POGIBIN, A. ANDRADE, R. ROMERO, T. **Física em Contextos**. Vol 3. São Paulo: Ed do Brasil, 2016.

SAVIANI, D. **Pedagogia Histórico-Crítica**. 9. ed. Campinas: Autores Associados, 2005.

SEFSTROEM, Gilsemar. **Sequência didática com atividades investigativas para o ensino e a aprendizagem de magnetismo no ensino médio**. 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Brasil, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3419>. Acesso em: 20 nov. 2024.

SFORNI, M. S. F. Aprendizagem e Desenvolvimento: o papel da mediação. In: CAPELLINI, Vera Lúcia Fialho; MANZONI, Rosa Maria. (Org.). **Políticas públicas, práticas pedagógicas e ensino-aprendizagem: diferentes olhares sobre o processo educacional**. Bauru-UNESP/FC/SP: Cultura Acadêmica, 2008.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo; ~BISCUOLA, Valter José. **Física 2**. 2ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo; BISCUOLA, Valter José. **Física 2**. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

VYGOTSKY, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes. 2000.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. 4. ed. São Paulo, Martins Fontes. 1991.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Edição eletrônica: Ed Ridendo Castigat Mores. 2002. 112p. Disponível em: <https://www.institutoelo.org.br/site/files/publications/5157a7235ffccfd9ca905e359020c413.pdf>. Acesso em 25 abril 2022.

## APÊNDICE A – Questionário de avaliação da unidade didática

1 - Qual a repercussão do uso dos recursos tecnológicos nas aulas de física?

- Irrelevante
- Significativa/importante

2 - Ao estudar o conteúdo circuitos elétricos foi possível relacionar com contextos reais já vistos anteriormente?

- O conteúdo não apresenta ligação com a realidade
- Circuitos elétricos estão fortemente presentes no cenário cotidiano

3 - O PhEt Colorado pode ser considerado um recurso facilitador da aprendizagem do conteúdo circuitos elétricos?

- Certamente
- Não foi possível estabelecer conexão entre as simulações e os conteúdos de Física tampouco com a realidade

4 - Foi perceptível a relação entre a atividade mão na massa realizada em sala de aula e a aplicabilidade do Software PhEt Colorado?

- Certamente
- As atividades não apresentaram ligação

5 – A forma como foram desenvolvidas as aulas e as atividades (a sequência didática) possibilitou o entendimento e a aprendizagem do conteúdo? De 0 a 10 quantifique:

- 0 a 4 pontos
- 5 a 8 pontos
- de 8 a 10 pontos

6 - O material construído e apresentado em sala de aula na atividade mão na massa atendeu sua finalidade de possibilitar a aprendizagem?

- Certamente
- Parcialmente
- Foi irrelevante

7 – O PhEt Colorado pode ser considerado um simulador que torna significativo o ensino de física? Pode-se dizer que ele atribui sentido aos conceitos físicos?

- Discordo totalmente
- Concordo totalmente

8 – A utilização de simulações nas aulas de física possibilita o desenvolvimento de quais competências? Responda na escala de 0 a 10.

- Capacidade de observação e análise de resultados
- Levantamento de hipóteses
- Atribuição de significado aos conceitos educativos
- Capacidade de relacionar teoria e contexto real
- Não há sentido na utilização de simuladores nas aulas de Física do Ensino Médio

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

SEQUÊNCIA DIDÁTICA:  
CIRCUITOS ELÉTRICOS COM USO DO PHET COLORADO

## APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CIRCUITOS ELÉTRICOS COM USO DO PHET COLORADO**, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 35 – UEPG- Ponta Grossa, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O Produto Educacional intitulado "**Sequência Didática: Circuitos Elétricos com Uso do PhET Colorado**" foi desenvolvido como parte da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Ele oferece uma proposta didática prática e inovadora para o ensino de circuitos elétricos, visando facilitar a compreensão de conceitos fundamentais por meio de uma abordagem interativa que combina experimentação prática com simulações virtuais. Destinado a professores de Física do Ensino Médio, o material busca aprimorar o ensino da disciplina com atividades que promovam o engajamento dos alunos e estimulem uma aprendizagem significativa.

A sequência didática foi planejada para proporcionar uma experiência dinâmica em sala de aula, permitindo aos estudantes explorar circuitos elétricos em diferentes configurações, como série, paralelo e misto, utilizando o software Phet Colorado como ferramenta tecnológica complementar. Além disso, as atividades incluem momentos de reflexão e discussão colaborativa, favorecendo o pensamento crítico e a troca de ideias. A proposta pode ser aplicada em diversos contextos educacionais, com potencial de adaptação para realidades distintas, seja em aulas presenciais ou ambientes híbridos.

O desenvolvimento deste produto foi motivado pela necessidade de superar as dificuldades tradicionais no ensino de circuitos elétricos, ao mesmo tempo em que se integra às metodologias ativas, buscando transformar o aluno em protagonista do seu aprendizado. Espera-se que esta ferramenta contribua para enriquecer as práticas pedagógicas e despertar o interesse dos estudantes pela Física, oferecendo suporte prático e teórico aos docentes. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## Sumário

<b>1. Introdução .....</b>	<b>64</b>
1.1 A Teoria do Circuito Elétrico: Fundamentos e Aplicações no Ensino.....	66
1.2 O Projeto Phet Colorado no Contexto Educacional .....	67
<b>2. Fundamentação Teórica .....</b>	<b>68</b>
2.1 Relevância do Ensino de Circuitos Elétricos.....	68
2.2 Fundamentos de Circuitos Elétricos .....	69
2.2.1 Introdução aos Conceitos Essenciais.....	70
2.2.2 Tipos de Circuitos.....	71
2.2.3 Resistores Ôhmicos e Não Ôhmicos .....	72
2.2.4 Leis da Eletricidade .....	73
2.2.5 Instrumentos e Medidas.....	74
2.2.6 Conexões Avançadas.....	76
2.3 Metodologias Ativas no Ensino de Física .....	77
2.3.1 Sequência Didática .....	78
2.3.2 Metodologia Ativa.....	79
2.3.3 Mapa Conceitual.....	79
2.4 Uso de Tecnologias no Ensino de Física .....	80
2.5 Integração Teoria e Prática .....	82
2.6 Conexão com a Aprendizagem Significativa .....	83
2.7 Dicas Práticas para o Professor .....	84
<b>3. Descrição do Produto Educacional .....</b>	<b>86</b>
3.1 Objetivo Geral .....	86
3.2 Objetivos Específicos .....	86
3.3 Estrutura da Sequência Didática.....	86
3.4 Materiais Utilizados.....	87
<b>4. Plano de Aula Detalhado.....</b>	<b>89</b>

4.1. Aula 1: Introdução ao Projeto.....	89
4.2. Aula 2: Circuitos em Série.....	89
4.3. Aula 3: Circuitos Paralelos e Simulações com o PhET Colorado.....	90
4.4. Aula 4: Aplicações Práticas e Discussões Colaborativas .....	90
<b>5. Instruções para o Uso das Ferramentas .....</b>	<b>92</b>
5.1. Uso do Simulador Phet Colorado .....	92
5.2. Uso da Plataforma Quizizz .....	93
<b>6. Avaliação e Monitoramento.....</b>	<b>95</b>
6.1. Estratégias de Avaliação dos Alunos.....	95
6.2 Análise dos Resultados .....	96
<b>7. Considerações Finais .....</b>	<b>97</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>99</b>

## 1. Introdução

O estudo de circuitos elétricos no Ensino Médio oferece uma excelente oportunidade para os alunos compreenderem princípios fundamentais da Física que têm aplicação direta no cotidiano e na tecnologia moderna. Conceitos como resistência elétrica, corrente e potência não apenas ampliam a visão dos estudantes sobre o funcionamento de dispositivos eletrônicos, mas também estimulam o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas.

Para ampliar a significatividade da aprendizagem, a incorporação de ferramentas tecnológicas, como o simulador PhET Colorado, constitui uma estratégia metodológica que viabiliza a exploração de circuitos elétricos de forma interativa e dinâmica. Esse recurso permite a realização de experimentações em configurações diversas, promovendo uma abordagem prática e visual que favorece a construção de conhecimento sobre conceitos teóricos complexos, além de estimular o envolvimento dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

Este Produto Educacional foi desenvolvido com o objetivo de integrar o uso do Phet Colorado em uma sequência didática planejada, aliando experimentação prática e simulações virtuais. A proposta busca proporcionar um aprendizado ativo e engajador, conectando teoria e prática, e promovendo uma experiência educativa alinhada às demandas contemporâneas e aos princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

A integração de tecnologias educacionais no ensino de Física, como o uso do simulador Phet Colorado, está em consonância com as habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Essas habilidades destacam a importância de ações que promovam a compreensão dos princípios fundamentais da eletrodinâmica e suas aplicações práticas no cotidiano. A exploração de conceitos, como os que envolvem circuitos elétricos, motores e transformadores, é uma oportunidade para desenvolver competências que articulam o conhecimento científico e tecnológico com a sustentabilidade e a resolução de problemas reais.

**(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 (BRASIL, 2017, p. 2020).

O presente trabalho foi motivado pela necessidade de aprofundar a discussão sobre o ensino de Física no ambiente escolar, destacando a relevância de propostas didáticas que conectem teoria e prática. Reconhece-se a importância de metodologias que favoreçam a

apropriação significativa do conhecimento pelos alunos, superando lacunas observadas na mediação do aprendizado. Nesse sentido, torna-se essencial desenvolver abordagens metodológicas que dialoguem com o contexto social e educacional dos estudantes, promovendo a interação entre o conteúdo teórico e experiências práticas.

Compreendendo esse panorama, o ensino de Física no Ensino Médio deve ser repensado para integrar o conhecimento teórico às vivências dos alunos, favorecendo uma aprendizagem contextualizada e alinhada às demandas contemporâneas. A inclusão de atividades práticas e o uso de ferramentas tecnológicas potencializam a construção do conhecimento, conectando os conteúdos curriculares à realidade dos educandos. Essa abordagem contribui para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e significativo.

As novas tecnologias exercem grande influência sobre adolescentes e jovens, especialmente no Ensino Médio, e têm se mostrado poderosas aliadas no ensino de Física. Recursos como o simulador PhET Colorado promovem uma aprendizagem interativa e exploratória, proporcionando não apenas o acesso ao conhecimento, mas também o desenvolvimento de competências e habilidades fundamentais. Considerando essa realidade, este trabalho propõe o uso do PhET Colorado como uma ferramenta tecnológica integrada ao ensino de circuitos elétricos, potencializando o engajamento e a participação ativa dos estudantes.

No planejamento pedagógico, alinhado ao Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná e às competências gerais da BNCC, enfatiza-se a utilização de recursos variados para promover a aprendizagem significativa. Essa abordagem busca desenvolver habilidades que articulem o conteúdo de Física com os desafios e demandas do cotidiano dos estudantes.

Conforme indicado no Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná, a prática docente deve considerar metodologias que envolvam os estudantes nos conteúdos, promovendo habilidades específicas do componente curricular e competências gerais da BNCC. Nesse contexto, afirma-se:

"O professor licenciado em Física precisará aplicar metodologias que envolvam o estudante nos conteúdos, a fim de desenvolver as habilidades relacionadas diretamente com o componente, assim como as competências gerais da BNCC. Para isso, o professor pode utilizar diferentes meios, levando em conta os fatores socioeconômicos da região e do perfil dos estudantes a quem se deseja atingir." (PARANÁ, 2021, p. 405).

Abordar os conteúdos de Física de forma criativa e motivadora tem o potencial de despertar nos alunos o desejo de aprender e refletir criticamente. Metodologias ativas de aprendizagem, como a utilização do PhET Colorado, oferecem oportunidades para o

desenvolvimento de posturas críticas e investigativas, promovendo a formação de cidadãos capazes de transformar seu comportamento e influenciar positivamente o meio em que estão inseridos.

### **1.1 A Teoria do Circuito Elétrico: Fundamentos e Aplicações no Ensino**

A teoria do circuito elétrico constitui um elemento central no estudo da eletricidade, abordando a dinâmica do fluxo de corrente elétrica em sistemas organizados. Um circuito elétrico pode ser compreendido como um caminho fechado que possibilita a movimentação ordenada de elétrons, resultando no fluxo contínuo de corrente.

Os circuitos elétricos são formados por componentes fundamentais, como fontes de energia, condutores, resistores e dispositivos variados, que desempenham funções específicas (NILSSON; RIEDEL, 2012). A fonte de energia, frequentemente representada por uma bateria, fornece a força eletromotriz necessária para a movimentação dos elétrons. Os fios condutores criam os caminhos pelos quais a corrente flui, enquanto resistores e outros dispositivos regulam ou condicionam o comportamento do circuito (ALEXANDER; SADIKU, 2010).

O fluxo de corrente elétrica é estabelecido convencionalmente do polo positivo para o polo negativo da fonte de energia, embora o movimento real dos elétrons ocorra em sentido oposto (BOYLESTAD, 2009). Essa dinâmica é descrita pela Lei de Ohm, que define a relação entre tensão, corrente e resistência, oferecendo uma base matemática para a análise e a compreensão dos circuitos elétricos (HAYT et al., 2019).

Os circuitos podem ser configurados de formas distintas, como em série e em paralelo, com implicações diretas sobre suas propriedades elétricas. Em um circuito em série, os componentes estão dispostos de maneira linear, enquanto em paralelo são criados múltiplos caminhos para o fluxo de corrente. Essas disposições afetam a distribuição da corrente e da tensão, sendo amplamente utilizadas em contextos práticos (KITCHIN, KITCHIN, 2020).

Um circuito funcional exige um caminho fechado para o fluxo de corrente. A interrupção desse circuito, seja por um interruptor aberto ou falhas nos componentes, interrompe o fluxo, inviabilizando seu funcionamento. Além de sua fundamentação teórica, os circuitos elétricos possuem ampla aplicabilidade em dispositivos eletrônicos e sistemas tecnológicos, tornando seu estudo indispensável no ensino de Física (Robbins, Miller, 2021).

O avanço das tecnologias educacionais permitiu a utilização de simulações computacionais, como as disponíveis no PhET Colorado, para a exploração interativa dos conceitos de circuitos elétricos. Essas ferramentas permitem a visualização de fenômenos e o

ajuste de variáveis em tempo real, facilitando o aprendizado por meio da experimentação e do desenvolvimento de habilidades científicas (BARBOSA et al., 2017).

## **1.2 O Projeto PhET Colorado no Contexto Educacional**

O PhET Colorado, desenvolvido na Universidade do Colorado Boulder, disponibiliza simulações interativas que abrangem temas de Física, Química, Biologia e Matemática, entre outros. Criado em 2002 por Carl Wieman, vencedor do Prêmio Nobel de Física em 2001, e Katherine Perkins, o projeto visa aprimorar o ensino de ciências, integrando recursos tecnológicos ao processo educacional.

As simulações do PhET Colorado foram projetadas para atender tanto às necessidades do ensino presencial quanto às de plataformas on-line. Sua interface permite aos estudantes realizar experimentos virtuais, ajustar variáveis e observar os resultados, favorecendo o desenvolvimento de competências relacionadas ao pensamento científico e à resolução de problemas. Recursos complementares, como planos de aula e guias para professores, auxiliam na implementação pedagógica das simulações.

Amplamente utilizadas em mais de 90 idiomas, as simulações PhET têm contribuído para aumentar o interesse dos estudantes pelas ciências e para melhorar seu desempenho acadêmico. Estudos indicam que sua utilização promove maior engajamento e retenção de conhecimento de forma duradoura, consolidando seu papel como uma ferramenta pedagógica relevante.

O projeto PhET Colorado, ao integrar tecnologia e educação, oferece aos professores uma abordagem inovadora para ensinar conceitos científicos de maneira acessível e prática. Seu impacto global no ensino de ciências reflete seu compromisso com a formação de estudantes preparados para lidar com os desafios de um mundo cada vez mais fundamentado no conhecimento científico.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1 Relevância do Ensino de Circuitos Elétricos

O ensino de circuitos elétricos no contexto da educação básica é essencial para o desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas dos alunos. Este tema permite que os estudantes compreendam conceitos fundamentais de Física que sustentam as tecnologias que utilizam no cotidiano, como iluminação residencial, eletrodomésticos e dispositivos eletrônicos. Além disso, ele promove uma maior familiaridade com os princípios de funcionamento de equipamentos tecnológicos, incentivando a resolução de problemas e o pensamento crítico.

A contextualização desses conceitos no ambiente escolar também contribui para a formação de cidadãos mais preparados para os desafios do século XXI. A compreensão de circuitos elétricos não se limita ao aprendizado teórico; ela oferece oportunidades para os alunos desenvolverem habilidades práticas, como a construção e análise de circuitos, e promove o aprendizado por meio da experimentação e da aplicação de tecnologias educacionais, como simuladores virtuais e plataformas interativas.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino de Física deve fomentar a articulação entre conhecimentos científicos e habilidades práticas, visando à formação integral do estudante. A BNCC destaca que o ensino deve estimular a capacidade de análise crítica e a contextualização do conhecimento, conectando-o a problemas concretos e situações do dia a dia (BRASIL, 2018). Especificamente no ensino médio, as competências gerais relacionadas às ciências da natureza incluem a investigação científica, o pensamento analítico e o uso de tecnologias digitais para a aprendizagem.

O ensino de circuitos elétricos dialoga diretamente com essas competências. Por exemplo, ao estudar a Lei de Ohm ou as características dos circuitos em série e paralelo, os alunos desenvolvem habilidades para compreender e aplicar conceitos matemáticos e físicos de forma integrada. Além disso, a inclusão de tecnologias como o simulador PhET Colorado e ferramentas de avaliação interativas, como o Quizizz, reforça o papel da tecnologia no aprendizado ativo e significativo.

Portanto, o ensino de circuitos elétricos vai além da simples transmissão de conhecimentos teóricos. Ele oferece uma plataforma para o desenvolvimento de competências científicas, habilidades práticas e a capacidade de relacionar a Física com o mundo ao redor dos

alunos. Dessa forma, contribui para uma formação mais ampla, conectada às demandas sociais, culturais e tecnológicas do contexto atual.

## **2.2 Fundamentos de Circuitos Elétricos**

O ensino de circuitos elétricos no contexto da educação básica é essencial para o desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas dos alunos. Este tema permite que os estudantes compreendam conceitos fundamentais de Física que sustentam as tecnologias que utilizam no cotidiano, como iluminação residencial, eletrodomésticos e dispositivos eletrônicos. Além disso, ele promove uma maior familiaridade com os princípios de funcionamento de equipamentos tecnológicos, incentivando a resolução de problemas e o pensamento crítico (MOREIRA, 2011).

A contextualização desses conceitos no ambiente escolar também contribui para a formação de cidadãos mais preparados para os desafios do século XXI. A compreensão de circuitos elétricos não se limita ao aprendizado teórico; ela oferece oportunidades para os alunos desenvolverem habilidades práticas, como a construção e análise de circuitos, e promove o aprendizado por meio da experimentação e da aplicação de tecnologias educacionais, como simuladores virtuais e plataformas interativas. Esse enfoque, fundamentado na aprendizagem ativa, é uma estratégia poderosa para engajar os alunos e torná-los protagonistas do processo educacional (FALCÃO, 2016).

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino de Física deve fomentar a articulação entre conhecimentos científicos e habilidades práticas, visando à formação integral do estudante. A BNCC destaca que o ensino deve estimular a capacidade de análise crítica e a contextualização do conhecimento, conectando-o a problemas concretos e situações do dia a dia (BRASIL, 2018). Especificamente no ensino médio, as competências gerais relacionadas às ciências da natureza incluem a investigação científica, o pensamento analítico e o uso de tecnologias digitais para a aprendizagem.

O ensino de circuitos elétricos dialoga diretamente com essas competências. Por exemplo, ao estudar a Lei de Ohm ou as características dos circuitos em série e paralelo, os alunos desenvolvem habilidades para compreender e aplicar conceitos matemáticos e físicos de forma integrada. Além disso, a inclusão de tecnologias como o simulador PhET Colorado e ferramentas de avaliação interativas, como o Quizizz, reforça o papel da tecnologia no aprendizado ativo e significativo.

Portanto, o ensino de circuitos elétricos vai além da simples transmissão de conhecimentos teóricos. Ele oferece uma plataforma para o desenvolvimento de competências científicas, habilidades práticas e a capacidade de relacionar a Física com o mundo ao redor dos alunos. Dessa forma, contribui para uma formação mais ampla, conectada às demandas sociais, culturais e tecnológicas do contexto atual.

### ***2.2.1 Introdução aos Conceitos Essenciais***

Os conceitos fundamentais de corrente elétrica, tensão elétrica, resistência e potência elétrica formam a base do estudo de circuitos elétricos, tanto no contexto acadêmico quanto em aplicações práticas. Esses conceitos não apenas estruturam a compreensão dos fenômenos elétricos, mas também oferecem uma base sólida para o desenvolvimento de competências relacionadas à resolução de problemas e à análise crítica no ensino de Física.

A corrente elétrica é definida como o movimento ordenado de cargas elétricas através de um condutor, geralmente impulsionado pela presença de uma diferença de potencial. Esse fluxo de cargas é mensurado em ampères (A) e é essencial para a compreensão do funcionamento de dispositivos elétricos e eletrônicos. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2020), a corrente elétrica em um circuito é o resultado da ação combinada de um campo elétrico e da natureza do condutor, sendo diretamente proporcional à tensão aplicada.

A tensão elétrica, por sua vez, é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um circuito, responsável por impulsionar as cargas elétricas. Medida em volts (V), a tensão desempenha o papel de "força motriz" para o fluxo de corrente. Tipler e Mosca (2015) destacam que a tensão elétrica está relacionada à energia potencial elétrica disponível por unidade de carga, sendo um parâmetro crítico para o dimensionamento e análise de circuitos.

A resistência elétrica é a oposição oferecida por um material ao fluxo de corrente elétrica. Essa propriedade, medida em ohms ( $\Omega$ ), depende de características intrínsecas do material, como sua resistividade, bem como de fatores externos, como a temperatura. Resnick, Halliday e Krane (2020) explicam que a resistência é um parâmetro central na Lei de Ohm, determinando a relação linear entre tensão, corrente e resistência em circuitos ôhmicos.

Por fim, a potência elétrica é a quantidade de energia transferida ou convertida por unidade de tempo em um circuito elétrico. Medida em watts (W), ela é fundamental para entender a eficiência e o consumo de energia de dispositivos elétricos. Hewitt (2014) ressalta que a potência elétrica é diretamente proporcional ao produto da corrente e da tensão, fornecendo um indicativo prático do desempenho de sistemas elétricos.

No contexto da educação básica, esses conceitos desempenham um papel essencial na formação dos estudantes. Eles permitem compreender fenômenos elétricos do cotidiano, como o funcionamento de eletrodomésticos, e conectar conhecimentos teóricos com aplicações práticas. Além disso, a abordagem desses conceitos por meio de experimentos e simulações estimula o aprendizado ativo, promovendo uma experiência mais significativa e engajante.

### 2.2.2 Tipos de Circuitos

A compreensão dos tipos de circuitos elétricos – em série, paralelo e misto – é fundamental para o estudo de sistemas elétricos no ensino de Física. Cada tipo apresenta características distintas que influenciam o comportamento das variáveis elétricas, como tensão, corrente e resistência equivalente. A seguir, são apresentados os conceitos essenciais e exemplos práticos de cada tipo.

Em um circuito em série, os componentes são conectados de forma que a corrente elétrica flua sequencialmente por todos eles. Isso significa que a mesma corrente percorre todos os componentes, mas a tensão total é dividida entre eles. Por exemplo, imagine um circuito com três resistores de  $10\ \Omega$ ,  $20\ \Omega$  e  $30\ \Omega$ , conectados em série a uma bateria de  $12\ \text{V}$ . A resistência equivalente e a corrente serão, respectivamente:

$$R_{eq} = 10 + 20 + 30 = 60\ \Omega.$$

$$I = \frac{V_{total}}{R_{eq}} = \frac{12}{60} = 0,2\ \text{A}.$$

Em um circuito em paralelo, os componentes estão conectados de modo que cada um recebe a mesma tensão elétrica. A corrente total é dividida entre os diferentes caminhos, dependendo das resistências individuais. Uma das vantagens desse sistema é que, se um componente falhar, os outros continuam funcionando. Esse tipo é ideal para sistemas que requerem tensões constantes, como iluminação doméstica. Por exemplo, considere dois resistores de  $10\ \Omega$  e  $20\ \Omega$  conectados em paralelo a uma fonte de  $12\ \text{V}$ . A resistência equivalente é:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{2}{20} + \frac{1}{20} = \frac{3}{20}.$$

$$R_{eq} = \frac{20}{3} \approx 6,67\ \Omega.$$

Já os circuitos mistos combinam elementos em série e paralelo, criando configurações mais complexas. A análise desses circuitos envolve a simplificação em etapas, reduzindo grupos de componentes a resistências equivalentes. Um circuito com dois resistores de  $10\ \Omega$  e  $20\ \Omega$  em paralelo, conectados em série a um resistor de  $30\ \Omega$ , terá a resistência equivalente calculada em duas etapas: resistência do paralelo e resistência total.

$$\frac{1}{R_{par}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{3}{20} \quad \text{ou} \quad R_{par} = 6,67\ \Omega.$$

$$R_{eq} = R_{par} + 30 = 6,67 + 30 = 36,67\ \Omega.$$

### 2.2.3 Resistores Ôhmicos e Não Ôhmicos

Os resistores são componentes fundamentais em circuitos elétricos, projetados para oferecer oposição ao fluxo de corrente elétrica. Eles desempenham um papel crucial no controle de tensões e correntes dentro de um sistema elétrico. A classificação em resistores ôhmicos e não ôhmicos baseia-se no comportamento de sua resistência frente às variações de tensão e corrente.

Os resistores ôhmicos são aqueles cuja resistência elétrica permanece constante, independentemente da tensão ou corrente aplicada, obedecendo rigorosamente à Lei de Ohm. Essa lei estabelece uma relação linear entre a tensão (V), corrente (I) e resistência (R), descrita pela equação:

$$V = R \cdot I$$

Esse comportamento linear pode ser representado por um gráfico tensão-corrente que resulta em uma linha reta. Resistores comerciais, como aqueles utilizados em circuitos eletrônicos, são exemplos típicos de resistores ôhmicos, devido à sua resistência fixa. Por exemplo, um resistor de  $10\ \Omega$  conectado a uma bateria de  $5\ \text{V}$  permite calcular a corrente no circuito:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{5}{10} = 0,5\ \text{A}.$$

Os resistores não ôhmicos apresentam uma resistência variável, que depende das condições externas, como temperatura, tensão aplicada ou características do material. Esses resistores não obedecem à Lei de Ohm, e seu gráfico tensão-corrente não é uma linha reta. Exemplos comuns incluem lâmpadas incandescentes, diodos e transistores.

As lâmpadas incandescentes são exemplos clássicos de resistores não ôhmicos. Inicialmente, quando a lâmpada é ligada, o filamento possui baixa resistência. À medida que a corrente aquece o filamento, sua resistência aumenta significativamente devido ao aumento da temperatura. Isso explica por que a relação entre tensão e corrente em uma lâmpada não é linear.

Por exemplo, considere uma lâmpada de 60 W, projetada para operar em 220 V. A corrente inicial será maior porque a resistência do filamento ainda está baixa. Após atingir sua temperatura operacional, a resistência estabiliza e a corrente diminui.

A distinção entre resistores ôhmicos e não ôhmicos é essencial para o ensino de Física, pois demonstra como as características materiais influenciam o comportamento dos circuitos. Estudar o comportamento de lâmpadas em circuitos elétricos permite aos alunos compreender a interação entre propriedades elétricas e térmicas, conectando teoria e prática de forma significativa. Além disso, essa abordagem promove habilidades de análise experimental e pensamento crítico.

#### ***2.2.4 Leis da Eletricidade***

As leis fundamentais da eletricidade, como a Lei de Ohm e as Leis de Kirchhoff, desempenham um papel central no estudo e aplicação de circuitos elétricos. Essas leis não apenas descrevem o comportamento das variáveis elétricas em circuitos, mas também oferecem uma base para análises mais complexas. No ensino, sua aplicação prática facilita a conexão entre teoria e experimentação, promovendo uma aprendizagem significativa.

Com visto anteriormente, a Lei de Ohm estabelece uma relação linear entre a tensão elétrica (V), a corrente elétrica (I) e a resistência elétrica (R) de um circuito. Essa lei é válida para resistores ôhmicos, cuja resistência permanece constante. Ela é fundamental para o cálculo de grandezas elétricas e para a compreensão básica do comportamento de circuitos.

No contexto educacional, a Lei de Ohm pode ser utilizada para ensinar os conceitos de proporcionalidade e análise de circuitos. Atividades práticas podem incluir a medição de tensão e corrente em resistores para verificar experimentalmente a validade da lei. Por exemplo, em um circuito com um resistor de  $10\ \Omega$  conectado a uma fonte de 12 V, é possível calcular a corrente:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{10} = 1,2\ \text{A}.$$

As Leis de Kirchoff ampliam a análise de circuitos, permitindo resolver sistemas mais complexos com múltiplos componentes. Essas leis são baseadas nos princípios de conservação da carga elétrica e da energia.

- a) Lei dos Nós (Conservação de Corrente): A soma das correntes que entram em um nó é igual à soma das correntes que saem. Essa lei é expressa como:

$$\sum I_{\text{entrada}} = \sum I_{\text{saída}}$$

- b) Lei das Malhas (Conservação de Energia): A soma algébrica das tensões em uma malha fechada é igual a zero, considerando as quedas de tensão e as forças eletromotrizes. Essa lei é expressa como:

$$\sum V = 0$$

A aplicação das Leis de Ohm e de Kirchoff no ensino de Física é uma oportunidade para que os alunos desenvolvam habilidades analíticas e experimentais. Essas leis permitem que os estudantes explorem fenômenos elétricos de maneira prática, utilizando multímetros para medir tensão e corrente, e simuladores como o PhET para modelar circuitos complexos. Esse aprendizado ativo conecta teoria e prática, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios fundamentais da eletricidade.

### ***2.2.5 Instrumentos e Medidas***

Os instrumentos de medição são indispensáveis para o estudo e a experimentação em circuitos elétricos, possibilitando que os alunos analisem quantitativamente os fenômenos elétricos. Entre os mais utilizados no ensino estão os multímetros e as fontes de energia, cada um desempenhando funções específicas que facilitam a compreensão prática dos conceitos teóricos.

O multímetro é um instrumento versátil que permite medir grandezas elétricas fundamentais, como tensão (V), corrente (I) e resistência (R). Ele é essencial em experimentos envolvendo circuitos elétricos, pois capacita os alunos a realizar medições precisas, conectando teoria e prática. Suas funções básicas são:

- **Medição de Tensão:** O multímetro mede a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito, configurando-se para operar na escala de volts (V). Ele deve ser conectado em paralelo ao componente cujo potencial será medido.

- **Medição de Corrente:** A corrente elétrica é medida configurando o multímetro na escala de ampères (A) e conectando-o em série ao circuito. Isso permite a passagem da corrente através do aparelho.
- **Medição de Resistência:** Para medir resistência, o multímetro deve estar na escala de ohms ( $\Omega$ ). O componente a ser medido deve estar isolado do circuito para evitar interferências.

O uso do multímetro em sala de aula pode ser introduzido por meio de atividades simples, como a medição de tensão em pilhas ou a verificação da resistência de resistores comerciais. Atividades práticas podem incluir:

- Identificação de resistores usando o código de cores e confirmação das resistências com o multímetro.
- Medição da corrente e da tensão em circuitos montados pelos alunos, verificando a validade da Lei de Ohm. Essas atividades promovem o aprendizado ativo e auxiliam os alunos a desenvolverem habilidades técnicas e analíticas.

Além do multímetro, outros instrumentos desempenham papéis importantes em experimentos de circuitos elétricos, especialmente as fontes de energia. As fontes de energia são dispositivos usados para fornecer a diferença de potencial necessária para o funcionamento dos circuitos elétricos. Elas podem ser pilhas, baterias ou fontes reguláveis, e sua escolha depende do tipo de experimento a ser realizado.

- **Pilhas e Baterias:** São fontes portáteis e acessíveis, adequadas para experimentos básicos, como a construção de circuitos simples em série e paralelo.
- **Fontes Reguláveis:** Permitem ajustar a tensão e a corrente fornecidas ao circuito, sendo ideais para experimentos que demandam controle preciso das variáveis elétricas. Por exemplo, uma fonte regulável pode ser usada para variar a tensão em um resistor e medir a corrente correspondente, verificando experimentalmente a Lei de Ohm.

Um exemplo prático em sala de aula é, inicie com a montagem de circuitos simples, como ligar uma lâmpada a uma bateria, introduzindo os conceitos de corrente e tensão. Em experimentos avançados, use fontes reguláveis para demonstrar como a variação da tensão afeta o comportamento de componentes como lâmpadas e resistores.

O uso de instrumentos de medição no ensino de Física oferece aos alunos a oportunidade de trabalhar com equipamentos que simulam práticas científicas reais. Isso não apenas reforça os conceitos teóricos, mas também desenvolve habilidades práticas e estimula a curiosidade científica, preparando os estudantes para resolver problemas de forma metódica e analítica.

### **2.2.6 Conexões Avançadas**

Os conceitos de circuitos elétricos possuem desdobramentos importantes em áreas avançadas da Física e suas aplicações tecnológicas. Desde os fundamentos da Eletrodinâmica até o uso das Equações de Maxwell, essas conexões são essenciais para compreender fenômenos complexos e aplicações práticas em telecomunicações, medicina e indústria. Essa integração entre teoria e prática reforça o papel da Física como base para o desenvolvimento de inovações científicas e tecnológicas.

A Eletrodinâmica é o ramo da Física que estuda o movimento de cargas elétricas em condutores, sendo o alicerce para a compreensão de circuitos elétricos. Esse campo é fundamentado na interação entre campos elétricos e magnéticos e suas influências no transporte de corrente elétrica.

O movimento das cargas elétricas é regido pela força elétrica gerada pela diferença de potencial e pela interação com o material condutor. Segundo Tipler e Mosca (2015), a condutividade do material e as propriedades do meio determinam a eficiência com que a corrente é transportada. A Eletrodinâmica oferece aos alunos uma visão mais ampla sobre os princípios que sustentam os circuitos elétricos, conectando-os a fenômenos mais complexos, como a indução magnética.

Os circuitos elétricos são a base de muitos sistemas modernos de telecomunicações, que utilizam sinais elétricos para transmitir informações. Desde a telefonia até redes sem fio, a Física dos circuitos desempenha um papel crucial no funcionamento desses sistemas.

Os circuitos amplificadores e osciladores são elementos essenciais para a modulação e transmissão de sinais. Por exemplo, as redes de internet utilizam cabos de cobre ou fibra óptica, que dependem de circuitos elétricos para codificar e decodificar sinais digitais (Hewitt, 2014). Estudar essas aplicações permite que os alunos compreendam a base física dos dispositivos que utilizam no cotidiano, como smartphones e roteadores, promovendo uma conexão prática entre Física e tecnologia.

Os circuitos elétricos também desempenham papéis importantes em áreas como a medicina e a indústria, ampliando sua relevância para além da sala de aula. Na área médica, circuitos elétricos são utilizados em dispositivos como sensores cardíacos, desfibriladores e equipamentos de imagem, como ressonância magnética e tomografia. Esses dispositivos dependem de circuitos avançados para detectar, amplificar e processar sinais biológicos.

Em contextos industriais, os circuitos elétricos controlam sistemas automáticos, sensores de pressão e temperatura, e maquinários complexos, como robôs industriais. Segundo

Halliday, Resnick e Walker (2020), o estudo de circuitos elétricos fornece a base teórica para a criação e manutenção dessas tecnologias.

As Equações de Maxwell são um conjunto de leis fundamentais que descrevem o comportamento de campos elétricos e magnéticos, assim como sua interação com a matéria. Elas generalizam as leis da eletricidade e do magnetismo, conectando fenômenos eletrostáticos, eletrodinâmicos e ópticos. Essas equações explicam como as variações nos campos elétricos e magnéticos geram ondas eletromagnéticas, que são a base das comunicações modernas, como rádio, televisão e Wi-Fi. Além disso, elas fornecem a estrutura matemática para o entendimento de circuitos de alta frequência e micro-ondas.

Embora complexas, as Equações de Maxwell podem ser introduzidas no ensino básico como uma conexão com os conceitos aprendidos em circuitos elétricos, mostrando como os fundamentos são aplicados em fenômenos do cotidiano, como as ondas de rádio.

### **2.3 Metodologias Ativas no Ensino de Física**

O ensino de Física, tradicionalmente centrado na transmissão de conteúdo pelo professor, tem enfrentado desafios relacionados ao engajamento e à eficácia do aprendizado dos alunos. Nesse cenário, as metodologias ativas surgem como estratégias pedagógicas inovadoras que transformam o estudante em protagonista do processo de ensino-aprendizagem, promovendo autonomia, pensamento crítico e resolução de problemas. Essas abordagens deslocam o foco da mera transmissão de informações para a construção colaborativa e contextualizada do conhecimento, como enfatizam Bacich, Tanzi e Trevisani (2015). Nelas, o professor atua como mediador, criando situações de aprendizado em que os alunos são incentivados a participar ativamente, seja por meio de experimentos, resolução de problemas, debates ou uso de tecnologias.

Entre as metodologias ativas mais relevantes no ensino de Física, destacam-se a Aprendizagem Baseada em Problemas, a Sala de Aula Invertida, a Aprendizagem por Projetos, a Gamificação e a Aprendizagem Baseada em Investigação. Na Aprendizagem Baseada em Problemas, por exemplo, os estudantes são desafiados a resolver situações reais ou simuladas que exigem a aplicação de conceitos físicos, como analisar a eficiência de sistemas elétricos utilizando a Lei de Ohm.

Já a Sala de Aula Invertida permite que os alunos estudem os conteúdos previamente, por meio de vídeos ou textos, para então, em sala de aula, focarem na resolução de problemas

e realização de atividades práticas, como a montagem de experimentos envolvendo circuitos elétricos. A Aprendizagem por Projetos integra diferentes disciplinas e estimula os estudantes a desenvolver soluções concretas, como a construção de um circuito que simule o funcionamento de um sistema de semáforos. A Gamificação, por sua vez, utiliza elementos de jogos para motivar e engajar os alunos, como o uso da plataforma Quizizz para avaliações interativas.

Finalmente, a Aprendizagem Baseada em Investigação envolve os estudantes em atividades de exploração e experimentação, permitindo-lhes formular hipóteses e tirar conclusões fundamentadas, como ao investigar o comportamento de lâmpadas em circuitos elétricos.

Essas metodologias são especialmente eficazes no ensino de Física, pois transformam a dinâmica da sala de aula em um ambiente participativo e colaborativo. Elas são fundamentais para o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, autonomia, responsabilidade e engajamento.

Segundo Moreira (2011), a Aprendizagem Significativa promovida por essas metodologias conecta os conceitos aprendidos às vivências dos alunos, facilitando a retenção de longo prazo. Além disso, as atividades interativas tornam o aprendizado mais atraente e relevante, incentivando os estudantes a aplicar o conhecimento teórico em situações práticas e reais.

No contexto do ensino de Física, as metodologias ativas desempenham um papel crucial ao mostrar a relevância da disciplina no cotidiano, motivando os alunos e promovendo um aprendizado mais profundo e significativo. Como destaca Valente (2015), a integração de práticas inovadoras com o uso de tecnologias educacionais é essencial para preparar os estudantes para os desafios do século XXI, ampliando suas competências para resolver problemas e pensar criticamente sobre o mundo ao seu redor.

### ***2.3.1 Sequência Didática***

A sequência didática é uma metodologia de planejamento e organização de aulas que visa promover um aprendizado estruturado e progressivo. Ela consiste em um conjunto de atividades planejadas de forma articulada, com objetivos claros e etapas definidas, que ajudam a conectar os conteúdos teóricos ao cotidiano dos alunos. Essa abordagem permite que o professor sistematize o processo de ensino, criando oportunidades para que os estudantes construam e apliquem o conhecimento de maneira gradativa.

No ensino de Física, as sequências didáticas são particularmente eficazes para abordar temas complexos, como circuitos elétricos. Por exemplo, uma sequência pode começar com a introdução de conceitos fundamentais, como corrente, tensão e resistência, seguida de experimentos práticos e, por fim, avaliação do aprendizado por meio de desafios interativos ou relatórios. Segundo Zabala (1998), o planejamento de uma sequência didática deve considerar os conhecimentos prévios dos alunos, promovendo atividades que estimulem sua curiosidade e permitam a construção coletiva do saber.

A utilização de sequências didáticas no ensino de Física contribui para o engajamento dos alunos, pois organiza o aprendizado em etapas claras e progressivas, tornando o conteúdo mais acessível e relevante. Essa abordagem também incentiva a participação ativa, uma vez que os estudantes são desafiados a aplicar os conceitos de forma prática e reflexiva.

### ***2.3.2 Metodologia Ativa***

A metodologia ativa é uma abordagem educacional que coloca o aluno no centro do processo de aprendizado, transformando-o em um protagonista na construção do conhecimento. Diferentemente do ensino tradicional, que prioriza a transmissão de informações pelo professor, a metodologia ativa promove a participação ativa dos estudantes por meio de estratégias como resolução de problemas, debates, simulações e experimentos.

No ensino de Física, a metodologia ativa é especialmente relevante, pois permite que os alunos explorem fenômenos naturais de forma prática e interativa. Por exemplo, ao trabalhar com circuitos elétricos, os estudantes podem montar experimentos para verificar a Lei de Ohm ou investigar o comportamento de resistores não ôhmicos. De acordo com Bacich, Tanzi e Trevisani (2015), essa abordagem estimula o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, criatividade e autonomia, fundamentais para a formação de cidadãos preparados para os desafios do século XXI.

As metodologias ativas não apenas aumentam o engajamento dos alunos, mas também promovem a aprendizagem significativa, conectando os conceitos teóricos às suas aplicações práticas. Esse tipo de aprendizado é mais duradouro, pois está ancorado nas experiências vividas pelos estudantes durante as atividades.

### ***2.3.3 Mapa Conceitual***

O mapa conceitual é uma ferramenta pedagógica que organiza graficamente os conceitos e suas relações, facilitando a compreensão de temas complexos. Desenvolvido por

Novak e Gowin (1984) como parte da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, o mapa conceitual tem como objetivo promover a conexão entre os conhecimentos prévios e os novos, ajudando os alunos a organizar o pensamento de maneira lógica e hierárquica.

No ensino de Física, o uso de mapas conceituais é especialmente útil para estruturar temas como circuitos elétricos. Por exemplo, os conceitos de corrente, tensão e resistência podem ser organizados em um mapa que mostra como estão interligados e como se relacionam com leis fundamentais, como a Lei de Ohm. Essa visualização facilita a compreensão de sistemas mais complexos, como circuitos mistos.

Os mapas conceituais oferecem vantagens significativas no processo de ensino-aprendizagem, pois ajudam os alunos a visualizar o todo e as partes de um tema, favorecendo a retenção e a integração do conhecimento. Além disso, promovem o engajamento, pois incentivam os estudantes a construir ativamente suas representações gráficas, consolidando o aprendizado por meio da reflexão.

As abordagens discutidas – sequência didática, metodologia ativa e mapas conceituais – apresentam vantagens notáveis no engajamento e aprendizado dos alunos. Elas transformam a sala de aula em um espaço mais dinâmico e colaborativo, promovendo a participação ativa e o pensamento crítico. Essas metodologias valorizam o papel do estudante como protagonista do processo de aprendizagem, conectando os conteúdos às suas experiências e interesses. Além disso, ao promoverem a prática reflexiva, ajudam os alunos a desenvolver habilidades para resolver problemas, trabalhar em equipe e aplicar os conhecimentos adquiridos em contextos reais.

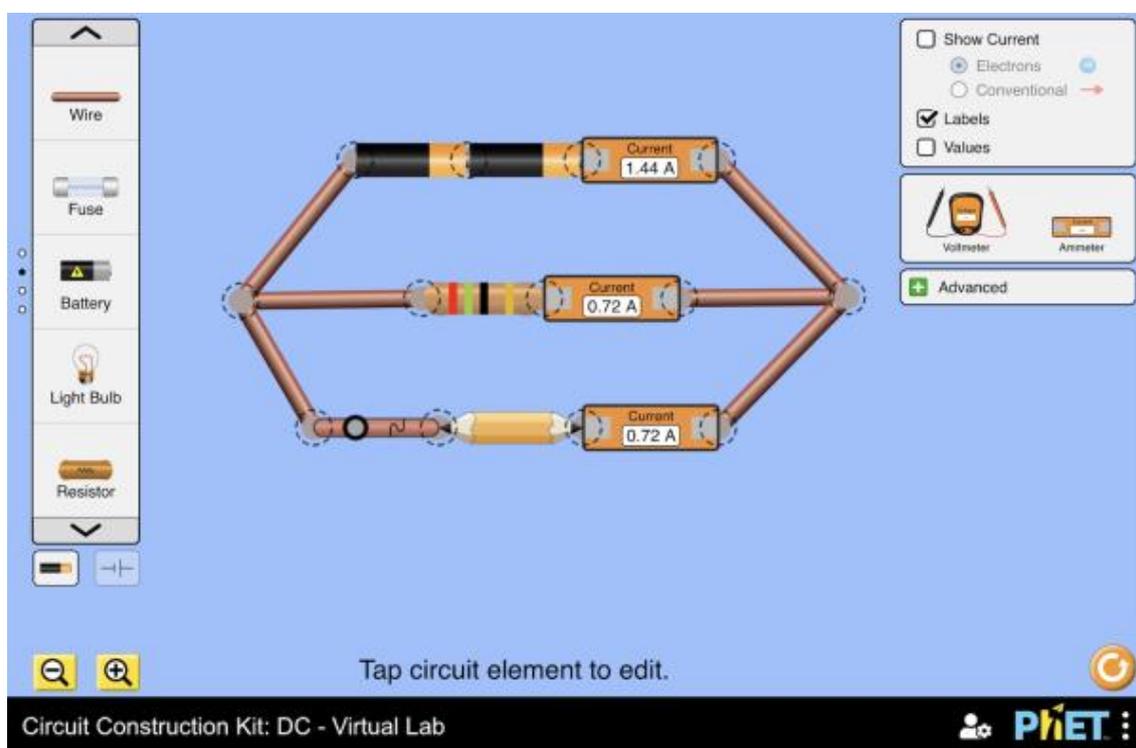
## **2.4 Uso de Tecnologias no Ensino de Física**

A integração de tecnologias no ensino de Física tem se mostrado uma abordagem eficiente para engajar os alunos e facilitar a compreensão de conceitos complexos. Essas ferramentas, ao combinarem interatividade e simulação, transformam o aprendizado em uma experiência mais dinâmica e significativa, conectando os estudantes ao conteúdo de forma prática e contextualizada. No contexto deste Produto Educacional (PE), foram utilizadas duas tecnologias principais: o simulador PhET Colorado e a plataforma de avaliação interativa Quizizz, cada uma com funcionalidades específicas que contribuem para o ensino e a aprendizagem de circuitos elétricos.

O simulador PhET Colorado é uma ferramenta desenvolvida pela Universidade do Colorado que permite a visualização e a experimentação de conceitos científicos por meio de

simulações interativas. Voltado para o ensino de Ciências, o PhET oferece recursos que auxiliam os alunos a compreenderem fenômenos abstratos, como a distribuição de corrente em circuitos em série e paralelo, de forma visual e prática. Por exemplo, ao explorar um circuito elétrico no PhET, os estudantes podem ajustar parâmetros como resistência e tensão, observando em tempo real como essas mudanças afetam a corrente elétrica. Essa abordagem promove um aprendizado ativo, permitindo que os alunos testem hipóteses, analisem resultados e estabeleçam conexões entre teoria e prática. Além disso, o simulador é acessível em dispositivos variados, o que facilita sua implementação em diferentes contextos educacionais (PERKINS et al., 2006).

Figura 6 - Montagem de um Circuito Elétrico

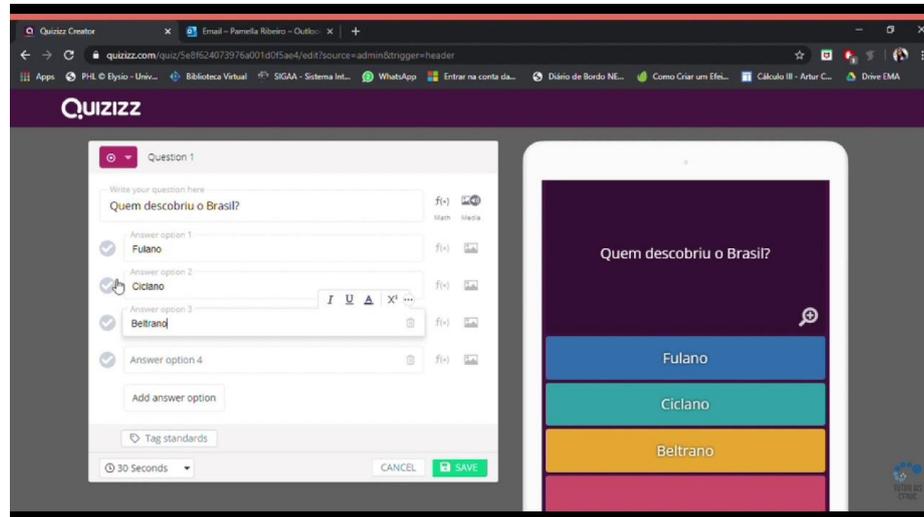


Fonte: Acervo do autor (2024)

A plataforma **Quizizz**, por sua vez, é uma ferramenta de gamificação que transforma a avaliação tradicional em uma atividade interativa e envolvente. No ensino de Física, ela pode ser usada para reforçar o conteúdo apresentado, avaliar a compreensão dos alunos e promover o engajamento. Por meio de questionários dinâmicos e competitivos, os estudantes recebem feedback imediato sobre seu desempenho, o que os incentiva a refletir sobre seus erros e buscar a melhoria contínua. No contexto do ensino de circuitos elétricos, o Quizizz pode ser utilizado para avaliar o entendimento sobre conceitos como a Lei de Ohm, o comportamento de resistores

e as diferenças entre circuitos em série e paralelo. Além disso, o caráter lúdico da ferramenta aumenta a motivação dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais atrativo e eficaz (FISCHER et al., 2019).

Figura 7 - Criação de um Quiz



Fonte: Acervo do autor (2024)

O uso de tecnologias no ensino de Física traz benefícios significativos, especialmente no contexto da educação básica. Primeiramente, essas ferramentas tornam o aprendizado mais interativo e visual, ajudando os alunos a superar dificuldades relacionadas à abstração de conceitos científicos. Em segundo lugar, elas promovem o engajamento, ao oferecerem atividades dinâmicas que estimulam a curiosidade e a participação ativa dos estudantes. Por fim, as tecnologias ampliam as possibilidades de ensino, permitindo que os professores adaptem suas práticas pedagógicas às necessidades e interesses de suas turmas, o que contribui para uma formação mais ampla e conectada às demandas do mundo contemporâneo.

## 2.5 Integração Teoria e Prática

A integração entre teoria e prática é um dos pilares fundamentais do ensino de Física, especialmente quando se trata de conceitos abstratos como os encontrados no estudo de circuitos elétricos. No contexto deste Produto Educacional (PE), os fundamentos teóricos abordados – como corrente elétrica, tensão, resistência e a Lei de Ohm – sustentam a execução de atividades práticas que ajudam os alunos a compreenderem e aplicarem esses conceitos em situações concretas. Essa abordagem não apenas reforça o aprendizado, mas também promove uma conexão significativa entre o conhecimento teórico e as aplicações reais.

Por exemplo, em uma aula planejada para explorar a diferença entre circuitos em série e paralelo, os alunos começam revisando os conceitos teóricos fundamentais. São apresentados a eles diagramas que mostram a distribuição de corrente e tensão em cada tipo de circuito, acompanhados de explicações baseadas na Lei de Ohm e nas Leis de Kirchhoff. Em seguida, essa base teórica é aplicada na prática por meio da montagem de circuitos reais utilizando resistores e lâmpadas, ou simulados no PHET Colorado. Os alunos são incentivados a medir a tensão e a corrente nos circuitos, verificar os resultados experimentais e compará-los às previsões teóricas, consolidando o aprendizado de forma integrada.

Outro exemplo ocorre na análise de resistores não ôhmicos, como lâmpadas incandescentes. Após a introdução teórica sobre o comportamento variável de sua resistência com a temperatura, os estudantes utilizam o simulador PhET para observar como a corrente diminui à medida que o filamento aquece. Essa prática ajuda os alunos a perceberem como conceitos aparentemente teóricos têm implicações diretas no funcionamento de dispositivos que utilizam diariamente.

A integração teoria-prática proposta no PE visa criar um ambiente de aprendizagem em que os alunos possam ver a relevância do conteúdo estudado em suas vidas e compreender como os conceitos de Física são aplicados em situações do mundo real. Essa conexão torna o aprendizado mais interessante, relevante e significativo, promovendo um maior engajamento e retenção do conhecimento.

## **2.6 Conexão com a Aprendizagem Significativa**

A Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por David Ausubel, fundamenta a proposta pedagógica deste Produto Educacional. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem é significativa quando o estudante consegue relacionar novos conceitos ao que já sabe, integrando o novo conhecimento de forma estruturada em sua base cognitiva. Essa conexão entre o conhecimento prévio e o novo é essencial para que o aprendizado seja compreendido, retido e aplicado em diferentes contextos.

No contexto do ensino de Física, a aprendizagem significativa é especialmente relevante, pois muitos conceitos científicos são abstratos e distantes do cotidiano dos alunos. No entanto, ao integrar práticas experimentais, tecnologias educacionais e situações-problema, o PE cria oportunidades para que os estudantes construam o conhecimento de maneira ativa e contextualizada. Por exemplo, ao trabalhar com circuitos elétricos, os alunos podem relacionar conceitos como tensão e corrente ao funcionamento de dispositivos que utilizam em casa, como

lâmpadas, carregadores e eletrodomésticos. Essa abordagem facilita a compreensão, pois conecta o conteúdo à vivência prática dos estudantes.

Além disso, as metodologias ativas utilizadas, como o simulador PhET e a plataforma Quizizz, reforçam a proposta de aprendizagem significativa. Por meio dessas ferramentas, os alunos não apenas recebem informações, mas interagem com os conceitos, testam hipóteses e refletem sobre os resultados, o que promove uma aprendizagem mais profunda. Segundo Moreira (2011), o material de ensino deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve ser apresentado de forma lógica e contextualizada, permitindo que o estudante o relacione com sua realidade.

A conexão com a aprendizagem significativa proposta neste PE não apenas facilita a aquisição de novos conhecimentos, mas também promove habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e autonomia. Dessa forma, o PE não apenas ensina a Física, mas também prepara os alunos para lidar com desafios reais, conectando a ciência ao mundo em que vivem.

## **2.7 Dicas Práticas para o Professor**

A aplicação de conceitos de Física no ensino médio exige não apenas conhecimento técnico, mas também criatividade e sensibilidade para adaptar o conteúdo à realidade dos alunos. Este capítulo apresenta sugestões práticas para que os professores utilizem os conceitos abordados no Produto Educacional (PE) de maneira eficaz, promovendo o engajamento dos estudantes e adaptando as atividades às condições de cada escola.

Para iniciar as aulas de forma envolvente, o professor pode propor discussões sobre aparelhos domésticos que fazem parte da rotina dos alunos, como lâmpadas, ventiladores e carregadores de celular. Esses objetos podem ser usados para introduzir conceitos fundamentais de circuitos elétricos, como corrente, tensão e resistência, conectando o conteúdo teórico à vivência prática dos estudantes. Por exemplo, uma pergunta inicial como “Por que as lâmpadas da sua casa continuam funcionando se uma queima?” pode estimular a curiosidade e preparar os alunos para compreenderem circuitos em paralelo. Outra estratégia eficaz é a condução de experimentos práticos com materiais simples e de baixo custo, como fios de cobre, baterias, lâmpadas pequenas e resistores. Esses experimentos permitem que os alunos observem e testem na prática os conceitos aprendidos em sala de aula. Por exemplo:

- **Circuitos em Série e Paralelo:** Os alunos podem montar circuitos simples com lâmpadas e observar como a luminosidade varia em cada configuração.

- **Lei de Ohm:** Utilizando uma fonte de energia ajustável e um multímetro, os estudantes podem medir a tensão e a corrente em resistores, verificando a relação  $V=R \cdot I$ .

Essas práticas promovem o aprendizado ativo, permitindo que os estudantes sejam protagonistas na construção do conhecimento. Além disso, incentivam a resolução de problemas e o trabalho em equipe, habilidades fundamentais para sua formação.

Em escolas com recursos limitados, onde o acesso a equipamentos laboratoriais pode ser restrito, o uso de ferramentas tecnológicas como o simulador PhET Colorado torna-se uma alternativa poderosa. O PhET permite que os alunos explorem conceitos como a distribuição de corrente e tensão em circuitos elétricos por meio de simulações interativas. Essa ferramenta é acessível, gratuita e oferece um ambiente seguro para experimentação, possibilitando a execução de atividades que seriam inviáveis sem equipamentos físicos.

Além disso, o professor pode adaptar as atividades para contextos variados, utilizando materiais recicláveis, como caixas de papelão para suportes de circuitos ou pedaços de fio reutilizados para conexões. Essas adaptações não apenas tornam o ensino mais inclusivo, mas também despertam a criatividade dos alunos e os conscientizam sobre o uso sustentável dos recursos.

Por exemplo, em uma escola com poucos recursos, o professor pode substituir resistores comerciais por lâmpadas de Natal, que possuem propriedades semelhantes e são facilmente acessíveis. Outra ideia é usar pilhas de aparelhos domésticos antigos como fonte de energia, demonstrando como reaproveitar materiais para fins educacionais.

As dicas práticas apresentadas neste capítulo buscam capacitar os professores a aplicarem os conceitos de Física de forma adaptada e criativa, promovendo um aprendizado significativo e acessível para todos os alunos. Seja utilizando materiais simples, seja explorando ferramentas tecnológicas, o mais importante é criar um ambiente onde os estudantes possam conectar a teoria à prática, compreendendo a relevância da Física no mundo ao seu redor.

### 3. Descrição do Produto Educacional

O Produto Educacional (PE) proposto neste trabalho consiste em uma sequência didática voltada para o ensino de circuitos elétricos no ensino médio, com ênfase na aplicação de metodologias ativas e no uso de tecnologias educacionais. Ele foi desenvolvido com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa e prática, conectando os conceitos teóricos da Física ao cotidiano dos alunos. Este capítulo apresenta os objetivos gerais e específicos, a estrutura da sequência didática e os materiais utilizados para a execução das atividades.

#### 3.1 Objetivo Geral

Promover a compreensão dos conceitos fundamentais de circuitos elétricos – como corrente, tensão, resistência e potência – por meio de atividades práticas e interativas, estimulando o pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver a capacidade de analisar circuitos elétricos simples e mistos, identificando a distribuição de corrente, tensão e resistência.
- Aplicar os princípios da Lei de Ohm e das Leis de Kirchhoff em situações práticas e experimentais.
- Utilizar o simulador PHET Colorado para explorar o comportamento de circuitos em um ambiente interativo.
- Incentivar a aprendizagem ativa e a autonomia dos estudantes, por meio de metodologias que valorizem o protagonismo no processo de ensino-aprendizagem.
- Estimular a reflexão sobre a aplicabilidade dos conceitos de circuitos elétricos em dispositivos e tecnologias do cotidiano.

#### 3.3 Estrutura da Sequência Didática

A sequência didática foi planejada para ser aplicada em seis aulas de 50 minutos cada, abordando os conceitos de circuitos elétricos de forma progressiva. As etapas incluem atividades teóricas, práticas e avaliações interativas. A seguir, descreve-se a estrutura geral da sequência:

- **Aula 1 – Introdução aos Circuitos Elétricos:** Apresentação dos conceitos de corrente, tensão e resistência elétrica, utilizando exemplos cotidianos. Debate sobre a importância

dos circuitos elétricos no funcionamento de dispositivos como lâmpadas e carregadores de celular.

- **Aula 2 – Circuitos em Série e Paralelo (Parte 1):** Exploração teórica das características e diferenças entre circuitos em série e paralelo. Simulação prática com o PHET Colorado para observar a distribuição de corrente e tensão em cada tipo de circuito.
- **Aula 3 – Circuitos em Série e Paralelo (Parte 2):** Montagem de circuitos simples em série e paralelo utilizando materiais de baixo custo. Medição de grandezas elétricas com o multímetro e análise dos resultados.
- **Aula 4 – Circuitos Mistos e Resistores Não Ôhmicos:** Discussão sobre a combinação de circuitos em série e paralelo e o comportamento de resistores não ôhmicos, como lâmpadas. Experimentos práticos para investigar as mudanças de resistência com a temperatura.
- **Aula 5 – Aplicação da Lei de Ohm e Leis de Kirchhoff:** Resolução de problemas teóricos e práticos, utilizando as leis fundamentais da eletricidade. Simulações avançadas no PHET para reforçar os conceitos.
- **Aula 6 – Avaliação e Reflexão Final:** Avaliação dos conhecimentos adquiridos por meio da plataforma Quizizz e discussão coletiva sobre as aplicações dos conceitos no cotidiano.

Essa organização promove uma progressão lógica dos conteúdos, com foco na conexão entre teoria e prática e no desenvolvimento de habilidades investigativas.

### 3.4 Materiais Utilizados

A implementação da sequência didática requer materiais acessíveis e de fácil manipulação, assim como ferramentas tecnológicas que complementem as atividades práticas.

Os materiais utilizados incluem:

#### 1. Materiais Físicos:

- Fontes de energia, como pilhas ou baterias.
- Resistores comerciais e lâmpadas pequenas.
- Fios condutores e conectores simples.
- Multímetros para medição de grandezas elétricas.
- Suportes e bases para montagem de circuitos.

## 2. **Tecnologias Educacionais:**

- **Simulador PhET Colorado:** Utilizado para criar simulações interativas de circuitos elétricos, permitindo que os alunos explorem o comportamento de componentes em diferentes condições.
- **Plataforma Quizizz:** Ferramenta de avaliação gamificada, empregada para revisar conceitos e avaliar o desempenho dos alunos.

## 3. **Recursos Complementares:**

- Projetor ou computador para apresentar conteúdos digitais e acessar o simulador PhET.
- Planilhas e guias de atividades, que auxiliam os alunos a registrar e analisar os resultados experimentais.

Essa combinação de materiais físicos e digitais oferece uma experiência de aprendizado rica e interativa, viabilizando a aplicação do PE em diversos contextos educacionais, inclusive em escolas com recursos limitados.

## 4. Plano de Aula Detalhado

O plano de aula detalhado aqui apresentado foi desenvolvido para aplicar os conceitos fundamentais de circuitos elétricos em uma sequência didática que combina atividades teóricas, práticas e tecnológicas. Cada aula tem duração de 50 minutos e é estruturada para promover o aprendizado significativo por meio de metodologias ativas, experimentação e discussões colaborativas.

### 4.1. Aula 1: Introdução ao Projeto

**Objetivo:** Contextualizar o tema dos circuitos elétricos, apresentando sua relevância no cotidiano e os objetivos gerais do projeto.

A aula começa com uma discussão interativa sobre a importância dos circuitos elétricos em dispositivos do dia a dia, como lâmpadas, celulares e eletrodomésticos. O professor pode perguntar: "Por que, em uma casa, algumas lâmpadas continuam funcionando mesmo quando uma queima?" Essa pergunta serve como introdução para os conceitos de circuitos em série e paralelo.

Na segunda parte da aula, o professor apresenta os conceitos básicos de corrente elétrica, tensão e resistência, utilizando exemplos visuais no quadro ou projetor. São apresentados diagramas simples que mostram o fluxo de corrente em circuitos. Por fim, são introduzidos os objetivos da sequência didática, explicando como as atividades práticas e o uso do simulador PhET Colorado ajudarão na compreensão dos conceitos.

### 4.2. Aula 2: Circuitos em Série

**Objetivo:** Explorar os conceitos de circuito em série por meio de explicações teóricas e atividades práticas.

A aula começa com uma breve revisão teórica sobre o circuito em série, destacando características como:

- A corrente é igual em todos os componentes.
- A resistência equivalente é a soma das resistências individuais.
- A tensão total é dividida entre os componentes.

Na prática, os alunos montam um circuito em série utilizando materiais simples, como lâmpadas, fios condutores e uma fonte de energia (bateria). Com o uso de multímetros, medem

a tensão e a corrente nos diferentes componentes, verificando as relações previstas pela Lei de Ohm. Para concluir, os resultados são comparados em uma discussão coletiva, reforçando a conexão entre teoria e prática.

### 4.3. Aula 3: Circuitos Paralelos e Simulações com o PhET Colorado

**Objetivo:** Analisar os conceitos de circuito em paralelo e explorar suas características com o suporte do simulador PhET Colorado.

Inicialmente, o professor apresenta os conceitos de circuito em paralelo:

- A tensão é igual em todos os componentes.
- A corrente é dividida entre os diferentes caminhos, proporcionalmente às resistências.
- A resistência equivalente é calculada por:

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

Na parte prática, os alunos utilizam o simulador PhET Colorado para construir e explorar circuitos em paralelo. Eles alteram valores de resistência e tensão e observam, em tempo real, como essas mudanças afetam a corrente e a potência em cada componente. O simulador permite aos alunos visualizar conceitos abstratos de forma interativa e envolvente. A aula termina com uma breve discussão, em que os alunos compartilham suas observações e conclusões, conectando os resultados da simulação à teoria apresentada.

### 4.4. Aula 4: Aplicações Práticas e Discussões Colaborativas

**Objetivo:** Aplicar os conceitos de circuitos elétricos a situações práticas e estimular a colaboração entre os alunos para a resolução de problemas.

Nesta aula, os alunos trabalham em grupos para resolver problemas que conectam os conceitos de circuitos elétricos ao cotidiano. Por exemplo:

- Dimensionar um circuito de iluminação doméstica utilizando resistores e lâmpadas.
- Calcular a corrente em um circuito misto e justificar a escolha de componentes para um sistema eficiente.

Além disso, são realizadas discussões colaborativas em que cada grupo apresenta suas soluções e desafios enfrentados. O professor atua como mediador, promovendo reflexões

sobre como os conceitos de corrente, tensão e resistência influenciam o funcionamento de dispositivos do dia a dia.

Para encerrar, o professor propõe questões que incentivam a análise crítica, como: "Por que circuitos em paralelo são preferíveis para iluminação doméstica?" e "Como o aumento da resistência em um circuito pode ser útil ou prejudicial em sistemas reais?"

O plano de aula foi projetado para engajar os alunos em atividades práticas e interativas, promovendo uma compreensão profunda dos conceitos de circuitos elétricos e sua aplicação no cotidiano. A combinação de métodos tradicionais, práticas experimentais e tecnologias educacionais cria um ambiente propício ao aprendizado ativo e significativo.

## 5. Instruções para o Uso das Ferramentas

A utilização de ferramentas tecnológicas no ensino de Física proporciona aos alunos uma experiência de aprendizagem interativa e contextualizada. Este capítulo detalha como utilizar o simulador PhET Colorado e a plataforma Quizizz para maximizar os resultados das atividades propostas no Produto Educacional (PE).

### 5.1. Uso do Simulador PhET Colorado

O PhET Colorado é uma ferramenta interativa desenvolvida pela Universidade do Colorado, que permite simular experimentos científicos de forma visual e dinâmica. Ele é especialmente útil no ensino de circuitos elétricos, pois oferece um ambiente virtual onde os alunos podem montar circuitos, ajustar parâmetros e observar os resultados em tempo real.

#### Como acessar e configurar o PhET Colorado:

1. Acesse o site oficial: <https://phet.colorado.edu/>.
2. Na barra de pesquisa, procure pelo simulador "Circuitos Elétricos".
3. Escolha a versão "HTML5", que é compatível com dispositivos modernos, como computadores, tablets e smartphones.
4. Caso não haja acesso à internet durante a aula, é possível baixar o simulador para uso offline.

#### Etapas para usar o simulador em sala de aula:

1. **Montagem de Circuitos:**
  - Oriente os alunos a montarem circuitos simples em série e paralelo, utilizando elementos como resistores, fontes de energia e interruptores disponíveis no simulador.
  - Permita que ajustem parâmetros como resistência, tensão e corrente, observando como as alterações influenciam o circuito.
2. **Medições e Análises:**
  - Ensine os alunos a usar os instrumentos virtuais do PhET, como o voltímetro e o amperímetro, para medir tensões e correntes em diferentes partes do circuito.
  - Solicite que registrem os valores medidos e comparem com as previsões teóricas baseadas na Lei de Ohm e nas Leis de Kirchhoff.

### 3. Exploração Avançada:

- Proponha atividades que envolvam circuitos mistos ou o comportamento de resistores não ôhmicos, como lâmpadas incandescentes.
- Incentive os alunos a testar hipóteses e refletir sobre os resultados obtidos.

### Dicas para otimizar o uso do PhET:

- Divida os alunos em grupos pequenos para facilitar a colaboração.
- Use o projetor para demonstrar as funcionalidades do simulador antes de iniciar as atividades individuais ou em grupo.
- Proponha questões desafiadoras que exijam análise crítica, como “O que acontece com a corrente total quando adicionamos mais resistores em paralelo?”.

## 5.2. Uso da Plataforma Quizizz

A plataforma Quizizz é uma ferramenta de gamificação que transforma a avaliação em uma experiência interativa e engajante. Por meio de questionários dinâmicos, os alunos respondem perguntas em tempo real, competindo de forma saudável e recebendo feedback imediato sobre seu desempenho.

### Como acessar e configurar o Quizizz:

1. Acesse o site oficial: <https://quizizz.com/>.
2. Crie uma conta gratuita como professor e faça login na plataforma.
3. Clique em “Criar” para elaborar um novo questionário ou use questionários disponíveis na biblioteca pública da plataforma.

### Etapas para usar o Quizizz em sala de aula:

1. **Elaboração do Questionário:**
  - Inclua perguntas que abranjam os conceitos trabalhados durante a sequência didática, como corrente, tensão, resistência e características de circuitos.
  - Utilize diferentes tipos de perguntas (múltipla escolha, verdadeiro ou falso, etc.) para diversificar a avaliação.
  - Configure um cronômetro para aumentar o dinamismo e a competitividade.
2. **Execução da Atividade:**

- Compartilhe o código de acesso com os alunos para que ingressem no jogo pelo celular ou computador.
- Realize a atividade em tempo real, monitorando o progresso dos estudantes por meio do painel do professor.

### 3. **Análise dos Resultados:**

- Ao final da atividade, revise as perguntas mais desafiadoras com os alunos, discutindo as respostas corretas e esclarecendo dúvidas.
- Use os relatórios gerados pela plataforma para identificar os pontos fortes e fracos dos estudantes, ajustando o ensino conforme necessário.

### **Dicas para otimizar o uso do Quizizz:**

- Combine o Quizizz com atividades práticas para reforçar os conceitos aprendidos, como uma sessão de perguntas sobre a montagem de circuitos realizada previamente.
- Proponha desafios colaborativos, dividindo a turma em equipes que competem entre si, incentivando o trabalho em grupo.

O uso do PHET Colorado e do Quizizz no ensino de Física traz benefícios significativos para o aprendizado dos alunos. O PhET promove a experimentação virtual, permitindo que os estudantes explorem conceitos teóricos em um ambiente seguro e interativo. Já o Quizizz transforma a avaliação em uma atividade divertida e engajante, motivando os alunos a participarem ativamente do processo de aprendizagem. Juntas, essas ferramentas enriquecem o ensino de circuitos elétricos, tornando-o mais dinâmico, acessível e conectado às demandas tecnológicas da educação contemporânea.

## 6. Avaliação e Monitoramento

A avaliação e o monitoramento são elementos fundamentais no processo de ensino-aprendizagem, permitindo não apenas medir o desempenho dos alunos, mas também identificar dificuldades, ajustar estratégias pedagógicas e promover uma aprendizagem mais significativa. No contexto deste Produto Educacional (PE), a avaliação é concebida como uma ferramenta formativa e processual, integrando atividades práticas, interativas e reflexivas para compreender o progresso dos estudantes.

### 6.1. Estratégias de Avaliação dos Alunos

A avaliação proposta no PE combina métodos tradicionais e inovadores para abranger diferentes aspectos do aprendizado. As principais estratégias incluem:

1. **Avaliação Diagnóstica:** Antes de iniciar as atividades, os alunos respondem a um questionário ou participam de uma discussão inicial para identificar seus conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos. Essa etapa ajuda o professor a planejar as aulas com base nas necessidades específicas da turma.
2. **Avaliação Formativa:** Durante a sequência didática, os alunos participam de atividades práticas, como montagem de circuitos, uso do simulador PhET Colorado e resolução de problemas em equipe. Essas atividades são acompanhadas pelo professor, que observa o desempenho dos estudantes, esclarece dúvidas e registra os avanços.
3. **Avaliação por Gamificação:** A plataforma Quizizz é utilizada para realizar testes interativos, avaliando o entendimento dos conceitos de forma dinâmica e motivadora. As perguntas abordam conteúdos como corrente, tensão, resistência e as características de circuitos em série e paralelo. O feedback imediato oferecido pela plataforma permite que os alunos reflitam sobre seus erros e compreendam os conceitos mais profundamente.
4. **Avaliação Prática:** Experimentos realizados em sala de aula, como a medição de tensão e corrente em circuitos reais ou simulados, são avaliados com base na capacidade dos alunos de aplicar os conceitos teóricos na prática. Relatórios ou apresentações sobre os experimentos realizados também podem ser utilizados como instrumento de avaliação.
5. **Avaliação Reflexiva:** Ao final da sequência didática, os alunos participam de uma discussão coletiva, onde são incentivados a refletir sobre os conteúdos aprendidos e sua aplicabilidade no cotidiano. Questões abertas, como “O que você aprendeu sobre o

funcionamento de circuitos elétricos?” ou “Como a Física pode ajudar a resolver problemas práticos?”, são utilizadas para promover a metacognição.

## 6.2 Análise dos Resultados

A análise dos resultados da avaliação deve ser realizada de forma qualitativa e quantitativa, considerando o desempenho individual e coletivo dos alunos. Algumas práticas recomendadas incluem:

- **Relatórios de Desempenho:** Os resultados das atividades práticas, como medições em circuitos ou simulações no PhET, podem ser registrados pelos alunos em relatórios. Esses documentos são avaliados com base na clareza das explicações, coerência dos dados e capacidade de relacionar os resultados aos conceitos teóricos.
- **Relatórios Gerados pelo Quizizz:** A plataforma oferece um resumo detalhado do desempenho de cada aluno, permitindo que o professor identifique tópicos que necessitam de reforço. Questões com maior índice de erro podem ser revisadas em aulas posteriores.
- **Feedback Individual e Coletivo:** O professor deve fornecer feedback construtivo aos alunos, destacando seus progressos e sugerindo melhorias. Esse retorno pode ser feito individualmente ou em discussões coletivas, promovendo a troca de experiências e aprendizagens entre os estudantes.
- **Autoavaliação:** Os alunos também podem ser convidados a avaliar seu próprio aprendizado, identificando suas principais conquistas e dificuldades ao longo do processo. Essa prática incentiva a autonomia e a responsabilidade pelo aprendizado.

A avaliação e o monitoramento desempenham um papel essencial na promoção de um ensino de qualidade. No contexto deste PE, essas práticas permitem não apenas verificar a aquisição de conhecimentos sobre circuitos elétricos, mas também desenvolver habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho colaborativo. Além disso, a utilização de estratégias variadas garante que diferentes perfis de aprendizagem sejam atendidos, contribuindo para um ensino mais inclusivo e significativo.

## 7. Considerações Finais

O Produto Educacional (PE) apresentado neste trabalho foi desenvolvido com o objetivo de promover uma abordagem significativa e prática no ensino de circuitos elétricos, integrando metodologias ativas e tecnologias educacionais ao contexto da sala de aula. A sequência didática e as ferramentas utilizadas – como o simulador Phet Colorado e a plataforma Quizizz – foram planejadas para oferecer aos estudantes uma experiência de aprendizado dinâmica, conectada ao cotidiano e centrada no protagonismo do aluno.

Uma das principais contribuições do PE é sua capacidade de transformar conceitos teóricos complexos em experiências concretas e interativas. Ao integrar teoria e prática, o PE ajuda os alunos a compreenderem os fundamentos da eletricidade, ao mesmo tempo em que desenvolvem habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe. Essa abordagem não apenas reforça o aprendizado, mas também prepara os estudantes para lidar com desafios reais, conectando a Física às demandas do mundo contemporâneo.

Além disso, o PE se destaca por sua flexibilidade e adaptabilidade. As atividades propostas podem ser ajustadas para diferentes contextos educacionais, desde escolas com recursos tecnológicos avançados até aquelas com acesso limitado a equipamentos. Por exemplo, enquanto escolas equipadas podem realizar experimentos com multímetros e fontes de energia, aquelas com menos recursos podem utilizar o simulador Phet para alcançar objetivos semelhantes. Essa adaptabilidade garante que o PE possa ser aplicado de maneira inclusiva, atendendo às necessidades de diferentes realidades escolares.

O impacto do PE no ensino de Física vai além do domínio dos conteúdos específicos de circuitos elétricos. Ele promove uma mudança na forma como os alunos aprendem, incentivando uma participação mais ativa e engajada. Essa transformação contribui para o desenvolvimento de competências gerais, como autonomia, comunicação e colaboração, que são fundamentais para a formação integral dos estudantes.

Os resultados esperados incluem não apenas a melhoria do desempenho acadêmico, mas também um maior interesse pela disciplina de Física, à medida que os alunos percebem sua relevância e aplicabilidade. O uso de tecnologias como o PhET e o Quizizz também aproxima o ensino da realidade digital dos estudantes, tornando as aulas mais atrativas e conectadas ao seu universo.

Para potencializar o impacto do PE, sugere-se que os professores utilizem a sequência didática de forma flexível, adaptando-a às características de suas turmas. Algumas sugestões incluem:

- Inserir questões locais ou problemas do cotidiano dos alunos nas atividades práticas, tornando o aprendizado mais contextualizado.
- Promover momentos de reflexão coletiva ao final de cada aula, incentivando os alunos a compartilharem suas descobertas e dúvidas.
- Utilizar os relatórios gerados pelas ferramentas digitais para identificar dificuldades e personalizar o ensino, reforçando os tópicos que apresentaram maior índice de erro.
- Expandir o uso do PE para outros temas da Física, utilizando sua estrutura como modelo para desenvolver sequências didáticas sobre outros conteúdos, como magnetismo e eletromagnetismo.

Por fim, o PE também pode ser utilizado em programas de formação continuada de professores, como exemplo prático de aplicação de metodologias ativas e tecnologias educacionais. Ao disseminar as práticas apresentadas neste trabalho, é possível contribuir para a renovação do ensino de Física, tornando-o mais acessível, inclusivo e eficaz.

## Referências Bibliográficas

- ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de circuitos elétricos**. 5. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2010.
- AUSUBEL, David P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 2003.
- BACICH, Lilian; TANZI, Silmara; TREVISANI, Fernando M. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BARBOSA, Cairo Dias et al. O movimento de cargas elétricas em um fio condutor: cuidados com as simplificações das simulações no ensino de física. **Scientia Plena**, v. 13, n. 1, 2017.
- BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à análise de circuitos**. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2020 [online]. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- FALCÃO, Elza Marques. Aprendizagem ativa no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 3, p. 1-8, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- FISCHER, Frank; KOLAR, Barbara; REINMANN, Gabi. **Gamification and Digital Assessment: A Path to Modern Education**. Berlin: Springer, 2019.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, Volume 3: Eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.
- HAYT, William H.; KEMMERLY, John E.; DURBIN, Steven M. **Análise de circuitos**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019.
- HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- KITCHIN, G. W.; KITCHIN, J. D. **Circuitos elétricos: análise e projeto**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2020.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Teoria da Aprendizagem Significativa: Implicações para o Ensino de Ciências e Matemática**. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Teoria da Aprendizagem Significativa: Implicações para o Ensino de Ciências e Matemática**. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011.
- NILSSON, James W.; RIEDEL, Susan A. **Circuitos elétricos**. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.
- NOVAK, Joseph D.; GOWIN, Bob. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano, 1984.

PARANÁ. **Referencial Curricular para o Ensino Médio**. Curitiba: Secretaria da Educação do Estado do Paraná, 2021 [online]. Disponível em: <https://www.educacao.pr.gov.br>. Acesso em: 20 nov. 2024.

PERKINS, Katherine K.; LOPEZ, Lucinda; WIEGERT, Christian. **PhET Interactive Simulations: Advancing Science Education Through Visualization**. American Journal of Physics, v. 74, n. 5, p. 212-217, 2006.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física 2: Eletricidade e Magnetismo**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2020.

ROBBINS, A.; MILLER, W. C. **Circuitos elétricos: teoria e prática**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2021.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros, Volume 2: Eletricidade e Magnetismo**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

VALENTE, José Armando. **Educação e Tecnologias: O Novo Ritmo da Informação**. 3. ed. Campinas: Papyrus, 2015.

ZABALA, Antoni. **A Prática Educativa: Como Ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.