

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



C

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

CRISTIAN FERNANDES SANTOS

**ENSINO DE FÍSICA EM AULAS REMOTAS: POSSIBILIDADES DO USO DO GUIA
DIDÁTICO COM SIMULADOR PHET COMO EXPERIMENTO VIRTUAL DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO**

**TERESINA
2021**

CRISTIAN FERNANDES SANTOS

**ENSINO DE FÍSICA EM AULAS REMOTAS: POSSIBILIDADES DO USO DO GUIA
DIDÁTICO COM SIMULADOR PHET COMO EXPERIMENTO VIRTUAL DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Piauí no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Maria do Socorro Leal Lopes
Co-Orientadora: Profa. Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo

**TERESINA
2021**

ENSINO DE FÍSICA EM AULAS REMOTAS: POSSIBILIDADES DO USO DO GUIA DIDÁTICO COM SIMULADOR PHET COMO EXPERIMENTO VIRTUAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO

CRISTIAN FERNANDES SANTOS

Orientadora: Profa. Dra. Maria do Socorro Leal Lopes

Co-Orientadora: Profa. Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Piauí no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovado em 00 de xxxxxx de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria do Socorro Leal Lopes - MNPEF/UFPI
(Orientadora/ Presidente)

Profa. Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo - MNPEF/UFPI
(Examinador interno)

Profa. Dra. Josânia Lima Portela Carvalhêdo - PPGed/UFPI
(Examinador externo)

Profa. Dra. Hilda Mara Lopes Araújo - MNPEF/UFPI
(Suplente interno)

Profa. Dra. Hilda Maria Martins Bandeira - MSC/UFPI
(Suplente externo)

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Natureza
Serviço de Processamento Técnico

S237e Santos, Cristian Fernandes.

Ensino de física em aulas remotas: possibilidades do uso do guia didático com simulador PHET como experimento virtual de circuitos elétricos no ensino médio / Cristian Fernandes Santos. – 2021.
127 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Matemática, Mestrado Profissional em Matemática, Parnaíba, 2017.

“Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Leal Lopes”.

“Co-Orientadora: Prof.^a Dr.^a Claudia Adriana de Sousa Melo”.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Circuitos elétricos – Estudo e ensino. 3. Metodologias de ensino. 4. Tecnologias educacionais. I. Título.

CDD: 537

A Deus, pois tudo que sou depende de ti meu eterno pai.

A meus pais Vieira e Joana.

A minha esposa Fabiane pela perseverança em nossa união.

Aos meus Filhos João Victor futuro engenheiro eletricista, e Pedro Lucas.

Às minhas irmãs Celia e Roseana.

À minha família, razão de minha existência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, razão de tudo, nada acontece sem a Vossa permissão!

Agradeço a minha orientada Profa. Dra. Maria do Socorro Leal pela orientação, incentivo e aceitação da minha condição humana de um ser frágil e defeituoso e que mesmo assim merece levar o curso até o fim, para que assim eu possa ser o membro de minha família com mais alto título de graduação, em minha família humilde do interior.

Agradeço a minha esposa pela compreensão de saber que nos dias os quais eu não podia dormir eram necessários para a conclusão do estudo.

Ao meus filhos por compreender que a minha ausência fora com um propósito maior que servirá também de inspiração a eles, para que consigam fazer tudo no tempo certo.

Não tenho como deixar de agradecer aos conhecimentos compartilhados por todos os professores do Programa do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física da UFPI em suas ricas aulas, em especial aos professores que ultrapassaram o formalismo didático como os professores Francisco Barbosa, Claudia, a grande mestra Hildamara e o professor que é além disso tudo, nosso companheiro o Jovem Neuton.

Um especial aos meus amigos que ora eram colegas de sala e que acabaram tornando-se amigos, alguns inserparáveis: Cabral , Fernando, Ezequias e a Andreia (que agregou o Sandro à turma)

Agradecimento de modo especial, aos professores avaliadores deste estudo que, com olhar sensível colaboraram com a consolidação do Produto Educacional.

“Uma mente que se abre a uma nova ideia, jamais volta ao seu tamanho original.”

Albert Einstein.

Por isso eu digo aos alunos:

Abram suas cabeças, cadernos e corações, assim vocês aprenderão o que quiserem

RESUMO

O presente estudo tem como título: Guia didático para professores: utilizando o simulador PHET para o ensino de eletricidade em aulas remotas. Seguimos da seguinte questão: qual a possibilidade de um guia didático utilizando experimento virtual de circuitos elétricos do Phet colaborar com o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de eletricidade em aulas remotas? Seguimos o pressuposto que um guia didático para professores, utilizando laboratório virtual de circuitos elétricos do PHET para o ensino de eletricidade em aulas remotas traz possibilidades para o aprendizado dos alunos. Adota-se como objetivo geral desta pesquisa, elaborar um guia didático para o ensino dos conteúdos de Eletricidade na disciplina de Física na 3ª série do do Ensino Médio em aulas remotas. Para tal fixamos como objetivos específicos, identificar as dificuldades de aprendizagem dos alunos nos temas relacionados ao ensino de Eletricidade, na disciplina de Física no 3º ano do Ensino Médio, aplicar um guia didático no ensino de eletricidade em aulas remotas, com o uso da plataforma Google Meet e do site PhET, no 3º ano do Ensino Médio, avaliar as possibilidades do uso do guia didático, como experimento virtual de circuitos elétricos do PheT na mediação das aprendizagens, no ensino de eletricidade em aulas remotas. Para realização do estudo considerando o momento pandêmico, COVID-19, utilizamos a plataforma digital Google Meet e o site PHET para aplicar, questionários aos professores da 3ª série do Ensino Médio pós graduandos do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, Polo Universidade Federal do Piauí . Com base na premissa de que, para desenvolver o ensino remoto, os professores estão necessitando de ferramentas lúdicas que os auxiliem ministrar uma aula dinâmica na qual seja dada mais ênfase à aprendizagem, por meio de mediação tecnológica. O estudo teve como fundamento teórico-metodológico, a teoria de aprendizagem significativa de David Paul Ausubel (1978) e para fundamentação dos conteúdos de eletricidade podemos citar alguns autores Psillos (1998), Viennot (2001), Duit (1998), Stocklmayer (2010), Treagust (1998), dentre outros. Este estudo foi desenvolvido por meio de uma metodologia quantitativa de base explicativa e como procedimento para coleta dos dados foram aplicados questionários inicial como forma de diagnosticar as necessidades dos professores participantes da pesquisa com o propósito de elaborar posteriormente material pedagógico que os auxiliásem no ensino de eletricidade em aulas remotas e questionário final para avaliar o uso do guia didático; Ao final, após o

uso do guia didático foi constatamos que o produto educacional, desenvolvido com textos e imagens de fácil acesso e compreensão foi aprovado por 87% dos professores participantes da pesquisa.

Palavras-chave: Aula Remota. Eletricidade. Ensino de Física. PHET.

ABSTRACT

The present study is entitled: Didactic guide for teachers: using the PHET simulator for teaching electricity in remote classes. We continue with the following question: what is the possibility of a didactic guide using Phet's virtual electrical circuit experiment to collaborate with the process of teaching and learning the content of electricity in remote classes? We adopted as a general objective of this research, to elaborate a didactic guide for the teaching of the contents of Electricity in the discipline of Physics in the 3rd grade of High School in remote classes. To this end, we set as specific objectives, to identify with the teachers the students' learning difficulties in subjects related to the teaching of Electricity, to apply a didactic guide through remote classes using the Google Meet platform and the PhET website with the teachers of the 3rd grade of Education Medium, evaluate the possibility of a didactic guide using Phet's virtual electrical circuit experiment to improve the teaching of electricity in remote classes. To carry out the study considering the pandemic moment, COVID-19, we used the Google Meet digital platform and the PHET website to apply questionnaires to teachers of the 3rd grade of high school after graduating from the National Professional Master's Degree in Physics Teaching, Polo Universidade Federal do Piauí. Based on the premise that, in order to develop remote teaching, teachers are in need of playful tools that help them teach a dynamic class in which more emphasis is placed on learning, through technological mediation. The study had as a theoretical-methodological basis, the theory of significant learning by Ausubel (1978) and to support the content of electricity we can mention some authors Psillos (1998), Viennot (2001), Duit (1998), Stocklmayer (2010), Treagust (1998), among others. This study was developed by means of an explanatory-based quantitative methodology and as a procedure for data collection, initial questionnaires were applied as a way to diagnose the needs of the teachers participating in the research with the purpose of later elaborating pedagogical material that would help them in teaching electricity in remote classes and a final questionnaire to assess the use of the didactic guide; In the end, after using the didactic guide it was found that the educational product, developed with texts and images that are easy to access and understand, was approved by 87% of the teachers participating in the research.

Keywords: Electricity. PHET. Physics teaching. Remote Lessons.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BR	Brasil
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LED	Light Emission Diodo
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PhET	<i>Physics Education Technology</i>
PISA	Programme for International Student Assessment (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes)
PT	Português
SBF	Sociedade Brasileira de Física
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Competências Gerais da Educação Básica	51
Figura 2 – Área na BNCC do Ensino Médio	51
Figura 3 – Competência Específica 1	52
Figura 4 – Kit de Construção de circuitos DC no PhET	54
Figura 5 – Montagem de um circuito DC simples no PhET	55
Figura 6 – Configuração dos componentes no PhET	55
Figura 7 – Fechamento do circuito no PhET	56
Figura 8 – Inversão dos terminais do voltímetro e apresentação dos valores no circuito	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Rede de Ensino que você atua	66
Gráfico 2 – Trabalhou ou trabalha com a 3ª série do ensino médio no modo remoto	67
Gráfico 3 - Principal material didático utilizado para as suas aulas remotas	67
Gráfico 4 - Diagnóstico sobre a aprendizagem dos alunos e seu aproveitamento .	68
Gráfico 5 – Sentiu dificuldade de encontrar material didático.....	69
Gráfico 6 – Acha interessante ter material auxiliar de eletricidade	69
Gráfico 7 – O guia didático possibilita a melhoria de ensino através das aulas remotas?	70
Gráfico 8 - O texto utilizado no guia é didático e objetivo?	71
Gráfico 9 - A sequência de conteúdos do guia didático possibilita que o professor mesmo que não tenha muita facilidade e/ou hábito de usar o site do PhET possa acessar o mesmo?	72
Gráfico 10 - O guia didático possui figuras, imagens ou ilustrações suficientes que auxiliam o professor conhecer o site, as simulações e os recursos?	72
Gráfico 11 - O guia didático possibilita a abordagem dos temas transversais dos PCN's que é a aplicação prática virtual para compreensão da teoria abordada em aula?	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Modelos para descrever fenômenos elétricos fundamentais.....	43
Quadro 2 – Modelos para descrever fenômenos elétricos fundamentais (cont.).....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Habilidades específicas do ensino de Física	53
Tabela 2 – Distribuição dos locais de trabalho dos professores pesquisados	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 O ENSINO DE FÍSICA PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	19
2.1 CONTEXTO ATUAL DO ENSINO DE FÍSICA	19
2.1.1 Aprendizagem Significativa e a Física	19
2.2 A ELETRICIDADE NO ENSINO MÉDIO	20
2.2.1 Questões emergentes no ensino de Física: análise das pesquisas desenvolvidas na área	21
2.2.1.1 Quanto a aprendizagem dos fenômenos eletrostáticos e campos elétricos .	23
2.2.1.2 Quanto a aprendizagem do potencial elétrico e da capacitância elétrica	26
2.2.1.3 Quanto a aprendizagem de circuitos de Corrente Contínua.....	28
2.2.1.4 Resumo das questões emergentes no ensino de Física, com base nas pesquisas desenvolvidas na área	30
2.2.1.5 Possíveis razões para as questões emergentes no ensino de física	31
3 HISTORIZANDO A ELETRICIDADE	33
3.1 A CONTRIBUIÇÃO DA HISTÓRIA E DA EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE	34
3.2 A HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DAS TEORIAS SOBRE A ELETRICIDADE NOS SÉCULOS XVII E XIX	36
3.3 O ENSINO DE ELETRICIDADE – EDUCAÇÃO BÁSICA.....	45
3.3.1 Diretrizes para a criação de sequências de ensino e aprendizagem	45
3.4 O ENSINO DA ELETRICIDADE PROPOSTO PELA BNCC	50
3.5 ENSINO REMOTO DE FÍSICA USANDO LABORATÓRIOS DO PHET	53
4 PERCURSO TEÓRICO METODOLÓGICO	61
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	61
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DA PESQUISA.....	61
4.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	62
4.4 INSTRUMENTOS DE PRODUÇÃO DE DADOS	62
4.4.1 Questionário	62
4.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS	62.
4.6 GUIA DIDÁTICO PARA PROFESSORES: A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR PHET NO ENSINO DE ELETRICIDADE EM AULAS REMOTAS	63
4.6.1 Elaboração do Produto Educacional	63

5.2 Análise das atividades desenvolvidas	64
6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	64
6.1 DIAGNÓSTICO DA NECESSIDADE DO GUIA.....	64
6.2 AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	70
7 CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO	90
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	91
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	93
APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL.....	96

1 INTRODUÇÃO

Ao longo de dez anos como professor de Física na educação básica foi possível perceber as dificuldades encontradas pelos alunos da 3ª série do ensino médio com relação ao ensino de Física, na área de eletricidade, tais como corrente elétrica, potencial elétrico, campo magnético em motores, associação de capacitores, resistores e geradores. Essas dificuldades percebidas foram a motivação para esse trabalho de produção de um guia didático com utilização dos recursos dos laboratórios PhET (Physics Education Technology) para aulas remotas.

Somado a esse contexto de dificuldades, o universo do aluno adolescente é muito intenso, restando pouco ou nenhum interesse por aulas ministradas com uma metodologia há muito tempo não atualizada. Assim, cabe ao professor aproximar o conteúdo de forma significativa, utilizando, para isso, metodologias criativas de ensino como o laboratório virtual PhET, instigando a curiosidade, a atenção e o foco dos alunos.

Conforme o resultado do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) - *Programme for International Student Assessment* -, da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), sob responsabilidade no Brasil do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), no teste Pisa 2015, com 72 países avaliados, posicionou o Brasil em 63º em Ciências.

De acordo com normativa do INEP, o referido teste é uma iniciativa de avaliação comparada, aplicada de forma amostral a estudantes matriculados a partir do 7º ano do ensino fundamental na faixa etária dos 12 aos 15 anos, idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países. O teste serve para produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico. A avaliação procura verificar até que ponto as escolas de cada país participante estão preparando seus jovens para exercer o papel de cidadãos na sociedade contemporânea.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF), com intuito de melhorar a qualidade do ensino de Física no país, implantou o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), com a proposta de adequar a Física para um ensino que contemple os conteúdos, mas também as competências num ponto de vista,

conceitual fenomenológico e da transferência didática para a sala de aulas do século XXI.

Devido às dificuldades encontradas pelos alunos da 3ª série do Ensino Médio, nos assuntos sobre eletricidade, tais como corrente elétrica, potencial elétrico, campo magnético em motores, associação de capacitores, resistores e geradores, essa pesquisa se justifica pela utilização dos laboratórios do PhET para a aplicação prática (virtual) dos ensinamentos de Física em aulas remotas.

Mediante situações cotidianas de sala de aula, pouco resta ao professor a se aproximar do conteúdo de maneira tão significativa, que se abordado desse modo, utilizando essa metodologia, será capaz de instigar a curiosidade, a atenção o foco dos alunos, aos que vivenciam as citadas situações aqui, sabemos que o universo do adolescente, é muito intenso, restando pouco ou quase nenhum interesse por parte deles por aulas ministradas com metodologia utilizadas há muito tempo sem sucesso, tecnicista cuja proposta fechada não estimula a curiosidade e participação ativa do aluno no processo de ensino e aprendizagem.

Assim, diante dessas situações cotidianas de sala de aula, cabe ao professor aproximar o conteúdo de forma significativa, utilizando para isso metodologias criativas de ensino como o laboratório virtual PhET, instigando a curiosidade, a atenção e o foco dos alunos. Aos docentes que vivenciam as situações citadas, sabem que o universo do adolescente é muito intenso, restando pouco ou quase nenhum interesse por aulas ministradas com a metodologia que há muito tempo não é atualizada.

As observações dimensionadas remetem no presente trabalho ao seguinte problema de pesquisa: qual a possibilidade de um guia didático utilizando experimentos virtuais de circuitos elétricos do PhET melhorar o ensino de eletricidade em aulas remotas? Partimos do pressuposto de que devido ao ensino remoto os professores estão necessitando de ferramentas de mediação pedagógica com o uso de tecnologia para a aprendizagem significativa dos conteúdos de física.

Delineamos como objetivo geral investigar as possibilidades do uso de um guia didático para o ensino dos conteúdos de Eletricidade, na disciplina de Física no 3º ano do Ensino Médio, como experimento virtual de circuitos elétricos do site PheT na mediação das aprendizagens em aulas remotas. Como objetivos específicos, elencamos: 1) Identificar as dificuldades dos professores em ministrar aulas remotas com conteúdo potencialmente significativo (fazer um questionário semi estruturado

inicial com seis perguntas fechadas para identificar os recursos que os professores utilizaram para as suas aulas); 2) Aplicar um guia didático através de aulas remotas utilizando a plataforma *Google Meet* e o site PhET com os professores da 3ª série do Ensino Médio: Uma prática virtual guiada por um guia didático; 3) Avaliar o questionário semi estruturado fechado com 6 perguntas para analisar o guia didático pelos professores da 3ª série do ensino médio.

Sabemos que de forma geral os conteúdos abordados na 3ª série do Ensino Médio, são aprendidos de forma mecânica, em que suas fórmulas são decoradas para cálculos com corrente elétrica, resistência elétrica, associação de resistores, isso nos faz refletir enquanto professores, sobre o fato de que ao término de responder essas questões, o então empolgado aluno está acertando todas as atividades, mas não sabe explicar do que se trata uma corrente elétrica.

Na tentativa de amenizar tal situação, o presente trabalho pode com extrema facilidade abordar um dos temas transversais dos PCN que é a aplicação prática para compreensão da teoria abordada em aula.

Desse modo, para realização deste estudo seguimos um ordem para a coleta dos dados conforme segue. O trabalho aqui apresentado tem como sequência, a aplicação de questionário de diagnóstico, tanto de conteúdos como de análise da compreensão a respeito do entendimento dos professores, participantes, de como os conteúdos abordados podem ser explicados através dessa ferramenta.

Posteriormente, o treinamento e apresentação do guia aos professores os quais estarão aptos a trabalhar com as atividades dos circuitos elétricos virtuais do PhET é por meio de aulas remotas guiadas.

O contexto do local de estudo foi na Universidade Federal do Piauí, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que teve como participantes, de modo remoto, professores que estão se qualificando no curso do Programa de Pós – Graduação do MNPEF.

Concluimos esperando que o produto deste estudo, o Guia Didático, seja utilizado para melhorar a qualidade do ensino de Física no ramo da Eletricidade na 3ª série do Ensino Médio propiciando aos alunos a aprendizagem desse conteúdo.

2 O ENSINO DE FÍSICA PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Nesta seção, apresento as dificuldades no ensino e aprendizagem de Física, além da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel e da importância dessa teoria para elaboração e desenvolvimento do manual didático.

2.1 CONTEXTO ATUAL DO ENSINO DE FÍSICA

O ensino de Física atualmente tem levado os alunos a um grande desinteresse, visto que, os fenômenos apresentados são meras demonstrações matemáticas de fórmulas que servem para calcular a resistência elétrica, ou potencial elétrico, por exemplo, sem se preocupar com o que essencialmente acontece nos fenômenos citados, que é a dificuldade de movimento das cargas em um corpo como primeiro fenômeno e o trabalho elétrico, ou seja, uma carga que se move ao longo de uma distância em um campo elétrico no segundo fenômeno usado como exemplo.

Assim, sem conseguir a atenção dos alunos para este aspecto citado, usando uma abordagem matemática formal, temos aí uma reprodução de uma Física meramente “formulista”, com o aluno sempre perguntando: - Professor qual(is) a(s) fórmula(s) que vai(ão) cair na prova? Dessa maneira o ensino apresenta a mesma cara da matemática, e por consequência aqueles que têm dificuldades em matemática, também terão aversão à Física.

Na perspectiva de tornar o processo de ensino e aprendizagem em algo mais prazeroso, de modo que os alunos fiquem empolgados e que lhes façam sentido, precisamos enquanto professores, dá a oportunidade a esses alunos de receberem os conteúdos educacionais especificamente àqueles relacionados ao campo de pesquisa que é Eletricidade na Física numa visão de Aprendizagem Significativa.

2.1.1 Aprendizagem Significativa e a Física

O Norte Americano judeu David Paul Ausubel era médico de formação, especialista em Psiquiatria, porém dedicado à Psicologia Educacional. Autor da Teoria da Aprendizagem Significativa. O foco dessa teoria é aprendizagem humana, que ocorre no contexto escolar.

Conforme Paixão (2015), na perspectiva de Ausubel, pode-se dizer que quando uma ideia ou informação nova se relaciona com conceitos já assimilados, fica claro que a informação deverá ser interiorizada e compreendida, não devendo existir apenas uma memorização mecânica, pois no aluno já há uma estrutura cognitiva inicial, ou seja um conteúdo é realmente aprendido de forma significativa quando ele compara o novo conhecimento com o que ele já aprendeu.

Para que ocorra a aprendizagem significativa são necessárias três condições:

a primeira, é que o conteúdo a ser aprendido pelo aluno deve ser pertinente a algum aspecto importante da estrutura cognitiva do mesmo de maneira pessoal, relação essa que não ocorre ao pé da letra de maneira não arbitrária ou por acaso; a segunda, o conteúdo a ser aprendido pelo aluno deve ser potencialmente significativo, isto é, deve apresentar a propriedade de ser relacionável com a estrutura cognitiva do educando; e a terceira, o aluno precisa demonstrar-se de maneira positiva a sua disposição a Aprendizagem Significativa para que possa fazer esse relacionamento do que já está no seu cognitivo com o novo aprendizado exposto.

Com o intuito de contemplar essas três condições descritas nos pressupostos da Aprendizagem Significativa a nossa proposta de um guia didático, é um trabalho que poderá potencializar o processo de ensino – aprendizagem de Eletricidade na Física do 3º Ano do Ensino Médio.

2.2 A ELETRICIDADE NO ENSINO MÉDIO

Uma das áreas de pesquisa em educação de Física que apresenta o maior número de obras nas últimas três décadas é a eletricidade. Inúmeros estudos sobre o ensino e a aprendizagem da eletricidade foram realizados (DUIT, 2009). Duas razões para esse alto número de estudos na área de eletricidade serão discutidas a seguir.

Primeiro, os fenômenos elétricos e suas propriedades são uma parte importante da instrução da Física em muitos níveis diferentes. Os alunos aprendem sobre a ideia de carga e circuitos elétricos na escola primária e gradualmente integram ideias mais complexas para interpretar fenômenos elétricos. Estudar os modelos necessários para interpretar os fenômenos eletromagnéticos é uma área produtiva: fornece uma base sólida para entender questões que variam da natureza

eletromagnética da matéria à fundação da tecnologia contemporânea. A estrutura da natureza eletromagnética da matéria é bela e útil.

Além disso, as teorias eletromagnéticas fornecem um bom contexto para o ensino de habilidades de raciocínio científico, como relações de construção e desenho de modelos entre fenômenos de descrição de níveis macroscópicos e teorias de níveis microscópicos. Como a pesquisa mostra, muitas vezes os alunos precisam ter a capacidade de raciocinar de forma holística.

Psillos (1998) mostra a necessidade de raciocínio global para analisar os componentes do circuito elétrico. Viennot (2001) explica que superar o “raciocínio causal” e / ou o “raciocínio baseado na fórmula” é uma condição necessária para a compreensão dos circuitos elétricos e outras áreas da eletricidade.

A eletricidade é uma área da Física que os estudantes acham significativamente mais difícil de entender do que a mecânica. Os níveis de compreensão dos conceitos de eletricidade são altamente idiossincráticos. Além disso, a literatura mostra confusão entre os conceitos de eletricidade e a terminologia usada na vida cotidiana (por exemplo, energia elétrica, tensão, corrente elétrica). Isso não surpreende devido à complexidade dos conceitos envolvidos, mas é mais desconcertante que essa falta de entendimento permaneça quase inalterada pelo ensino (MCDERMOTT; SHAFFER, 1992; WANDERSEE et al. 1994).

Pesquisas realizadas sobre novas propostas para melhorar a situação oferecem resultados desiguais (MULHALL et al. 2001). Alguns estudos apresentam progresso específico, enquanto outros não. Como consequência, dois problemas principais podem ser identificados: (1) o conhecimento prévio dos alunos interage fortemente com as estratégias de ensino utilizadas, produzindo uma ampla variedade de realizações de aprendizagem (SAGLAM; MILLAR, 2005) e (2) as estratégias de ensino devem combinar a fenômenos elétricos de nível macroscópico e teoria dos níveis microscópicos (CHABAY; SHERWOOD, 2006; YOUNG; FREEDMAN, 2008).

2.2.1 Questões emergentes da pesquisa sobre ensino de Física

A principal linha de pesquisa sobre ensino e aprendizagem de eletricidade nas últimas décadas se concentrou no estudo das concepções alternativas dos alunos (DRIVER et al.1994, WANDERSEE et al. 1994). No caso de circuitos DC e

eletrostática, a pesquisa sugere um consenso sobre as principais dificuldades de aprendizagem.

O pensamento atual sugere que o conhecimento prévio e as concepções dos alunos interferem e afetam seu aprendizado em novos contextos (AUSUBEL, 1978; DUIT; TREAGUST, 1998). Essas suposições estabelecem as habilidades científicas dos alunos e, como afirmam Etkina et al. (2006), "... essas (habilidades científicas) não são habilidades automáticas, mas são processos que os alunos precisam usar de maneira reflexiva e crítica" (VOSNIADOU, 2002, p. 1). Conclusões sem evidência ou empregando uma única estratégia, que geralmente envolve a aplicação específica e direta de uma "receita", são ocorrências comuns (GUISASOLA et al. 2008; VIENNOT 2001).

O conhecimento prévio e as concepções dos alunos interferem e afetam seu aprendizado em novos contextos (AUSUBEL, 1978; DUIT; TREAGUST, 1998). Essas suposições estabelecem as habilidades científicas dos alunos e, como Etkina et al. (2006, p. 1) afirmam "... essas (habilidades científicas) não são habilidades automáticas, mas são processos que os alunos precisam usar de maneira reflexiva e crítica".

Certas formas de raciocínio características da vida cotidiana, como tirar conclusões sem evidências ou empregar uma única estratégia, que geralmente envolve a aplicação específica e direta de uma "receita", aparecem com frequência (GUISASOLA et al. 2008; VIENNOT, 2001).

Ideias alternativas sobre fenômenos eletromagnéticos podem surgir do contexto acadêmico, pois exige um conhecimento elaborado muito distante da vida cotidiana. Como o conteúdo de Física de um programa de ensino e os livros didáticos fazem parte do contexto acadêmico, é particularmente necessário realizar pesquisas sobre eles e seus efeitos no aprendizado.

Para apresentar as principais dificuldades de aprendizagem e ideias alternativas detectadas pela pesquisa, elas são agrupadas em diferentes aspectos conceituais da eletricidade. Não segue um desenvolvimento histórico dos resultados da pesquisa, mas critérios relacionados à estrutura conceitual da Física e sua relação com o currículo de eletricidade.

No entanto, diferentes projetos de pesquisa mostraram que concepções alternativas não são ideias aleatórias, mas possuem alguma coesão interna, estruturada em "quadro conceitual alternativo" (OLIVA, 1999; WATTS; TABER 1996).

As descobertas apresentadas aqui em cada subseção geralmente se referem a aspectos relacionados, portanto, sua visão de todo o conceito não deve ser perdida.

2.2.1.1 Quanto a aprendizagem dos fenômenos eletrostáticos e campos elétricos

Os livros didáticos de Física da universidade apresentam eletrostática antes dos circuitos DC, diferente dos cursos secundários (de 12 a 16 anos) que começam com circuitos DC sem analisar explicitamente os fenômenos de eletrificação eletrostática ou explicar um modelo para a natureza elétrica da matéria (STOCKLMAYER; TREAGUST, 1994).

Até o presente momento, poucos estudos abordaram dificuldades de aprendizado em eletrostática. Existem problemas na falha em aprender sobre os modelos científicos que são usados para interpretar fenômenos eletrostáticos básicos, como interações entre cargas pontuais, fenômenos que envolvem carregamento por fricção ou carregamento por indução elétrica.

Galili (1995), mostra que em Israel estudantes de 16 a 18 anos e futuros professores secundários aplicam a terceira lei de Newton superficialmente (uma dificuldade observada no trabalho sobre concepções alternativas no campo da mecânica) e têm sérias dificuldades ao analisar a polarização de um metal sob eletricidade. Interações, dificuldades que derivam de concepções alternativas de mecânica.

Segundo Furio et al. (2004), estudantes espanhóis de 17 a 18 anos de idade demonstram diferentes concepções alternativas ao interpretar fenômenos de eletrificação devido ao atrito ou indução. A maioria dos estudantes considera a eletricidade como um fluido composto de partículas que podem ser transmitidas através de condutores. Para que ocorra a interação elétrica, o fluido deve passar de um corpo para outro. Os alunos desta categoria não são capazes de explicar cientificamente fenômenos que envolvem ações remotas, como indução elétrica e polarização da matéria.

Somente uma minoria de estudantes usa o modelo de ação newtoniano à distância para explicar o fenômeno da eletrificação remota e, conseqüentemente, para dar uma explicação científica dos fenômenos de indução e polarização. Além disso, em um estudo com estudantes coreanos do ensino médio e da faculdade sobre suas ideias sobre a indução eletrostática, Park et al. (2001) descobriram que muitos

estudantes mostram uma falta de entendimento sobre polarização dielétrica, mesmo que esse conceito seja básico para as experiências cotidianas, como como a atração de um pedaço de papel pela fricção de um pente. Além disso, alguns alunos do ensino médio não entenderam o papel de um eletroscópio e não tinham certeza sobre qual material era um condutor ou não.

No estudo da eletrostática, campo elétrico e potencial elétrico são dois conceitos importantes. Pesquisas sobre as dificuldades dos alunos mostram que a grande maioria não tem conhecimento científico e aplica incorretamente esses conceitos, decorrente de uma recordação mal compreendida das informações recebidas durante as instruções.

Em um estudo psicogenético das ideias que influenciam o conceito de campo, Nardi e Carvalho (1990) entrevistaram 45 estudantes brasileiros em quatro casos de fenômenos de interação eletrostática, um dos quais consiste em um pêndulo eletrostático que atrai uma haste carregada positivamente. Eles mostram que as respostas dos alunos podem ser classificadas em três níveis: (a) estudantes que não entendem a ação à distância e não conseguem relacionar os resultados do experimento a uma causa única; (b) estudantes que atribuem a ação à existência de forças em todos os pontos em torno de uma força geradora que depende da distância e que consideram o campo representado por uma magnitude vetorial com direção e significado e (c) estudantes que reconhecem que o campo é um vetor e discutem-no corretamente como tais em diferentes contextos e também usam uma linguagem científica que coincide com a teoria ensinada no nível secundário (idades de 16 a 18).

Os autores sugerem semelhanças entre a classificação obtida e o desenvolvimento histórico da teoria de campo. Eles propõem o uso do desenvolvimento histórico de ideias de campo, tanto para identificar problemas na aprendizagem, quanto um guia para ajudar os alunos a passar de uma interpretação para outra.

Törnkvist et al. (1993) administraram um questionário relacionado ao campo elétrico e suas representações gráficas e matemáticas a mais de 500 estudantes universitários. Eles descobriram que 85% dos estudantes acreditavam ser possível que duas linhas de campo se cruzassem, 49% acreditam que as linhas de campo podem formar um ângulo e 29% consideram que as linhas de campo elétricas podem ser circulares.

Os autores sugerem que esses maus resultados são uma consequência das concepções "ingênuas" dos alunos sobre o campo elétrico, baseadas na intuição e não no que foi explicado nas aulas. Segundo os autores, os alunos tendem a tratar as linhas de campo como entidades isoladas em um campo euclidiano, e não como um conjunto de curvas que representam uma propriedade Física do espaço que tem uma representação matemática.

Essa maneira "ingênua" de raciocinar e representar o campo elétrico também é apoiada pelos resultados encontrados no estudo de Galili (1995), mencionado anteriormente.

Pocovi e Finley (2002) estudaram as concepções de 39 estudantes universitários em relação às linhas de campo que sustentam as conclusões acima mencionadas. Eles descobriram que muitos estudantes consideravam as linhas de campo como entidades materiais capazes de transportar taxas e impõem o caminho que as taxas devem seguir.

Estudos de Viennot e Rainson (1992) e Rainson et al. (1994), envolvendo mais de 100 estudantes universitários da França e Argélia, mostraram que a grande maioria teve dificuldades em aplicar o princípio de superposição e em interpretar o campo elétrico em um meio material.

Os autores acreditam que essas dificuldades se devem principalmente a uma compreensão limitada das equações matemáticas e a um raciocínio equivocado relacionado à causalidade dos fenômenos. Uma alta porcentagem de estudantes relacionou o fato de as acusações não se moverem ou a natureza isolante da questão com o fato de não existir um campo elétrico. Os resultados sugerem que os alunos precisam imaginar um efeito (movimento de cobranças) para aceitar uma causa. Outra dificuldade detectada está ligada a uma interpretação causal da fórmula.

O estudo foi realizado em relação à expressão do campo elétrico em torno de um condutor, dado pela teoria de Coulomb. Os autores atribuem parcialmente as dificuldades de aprendizado dos alunos a um tratamento pedagógico deficiente e confuso dos campos elétricos. Em particular, eles insistem que o princípio de superposição para a interação elétrica está longe de ser claro para os alunos e que é útil trabalhar com ele em situações estáticas antes de analisar circuitos elétricos (VIENNOT; RAINSON, 1999).

Além disso, o ensino deve destacar a explicação dos aspectos causais do campo elétrico e da força elétrica. Os autores propõem que esse foco seja unificado tanto em eletrostática quanto em circuitos elétricos.

Furio e Guisasola (1998) investigaram as dificuldades dos estudantes espanhóis em entender o conceito de campo elétrico no ensino médio e superior. Eles basearam seu trabalho na hipótese de que problemas históricos no desenvolvimento da teoria do campo elétrico se relacionam às dificuldades dos alunos em entender esse conceito.

Eles descobriram que a maioria dos estudantes não usa corretamente o conceito de campo e, em vez disso, raciocina com base no modelo newtoniano de “ação à distância”. Essas dificuldades podem dever-se a uma apresentação linear e acumulativa de eletrostática no ensino tradicional, ensino que não considera saltos qualitativos no desenvolvimento da teoria. Em um estudo posterior, Saarelainen et al. (2007) mostram que as dificuldades de alguns alunos também estão relacionadas aos métodos matemáticos necessários e ao significado do conceito de campo em eletricidade e magnetismo.

Kenosen et al. (2011) descobriram que os estudantes não incluem a natureza vetorial das quantidades de campo em seu raciocínio. Além disso, os alunos descreveram a direção da interação da força em vez do campo elétrico. Alguns dos alunos não estavam dispostos a aplicar o conceito de campo em seu raciocínio. Os autores afirmam que esse problema pode resultar da dificuldade conhecida que envolve a mudança do entendimento dos alunos do perfil conceitual coulombiano baseado em partículas para o Maxwelliano baseado em campo.

2.2.1.2 Quanto a aprendizagem do potencial elétrico e da capacitância elétrica.

Um dos conceitos mais pesquisados no ensino de eletricidade é o potencial elétrico. A maioria desses estudos se concentrou em aprender esse conceito no contexto de circuitos elétricos, mas a partir da década de 1990, surgiram mais trabalhos analisando esse conceito no contexto da eletrostática e como ele se relaciona com os circuitos elétricos.

Eylon e Ganiel (1990) descobriram que o potencial elétrico é um dos conceitos que oferece aos alunos as maiores dificuldades de aprendizagem na interpretação de circuitos elétricos.

Eles atribuem essa dificuldade ao fato de que os circuitos elétricos são descritos em termos de variáveis "macroscópicas" (corrente, resistência, tensão medida pelo voltímetro), enquanto as explicações usam modelos (cargas, campos, potencial).

Tais modelos relacionam os conceitos estudados em eletrostática com aqueles que entram em cena ao analisar circuitos elétricos. O estudo mostra que seria uma boa ideia relacionar explicitamente conceitos como campo elétrico e potencial elétrico estudados em eletrostática com aqueles em circuitos de corrente contínua.

Está bem documentado que estudantes do ensino médio e do primeiro ano não são capazes de estabelecer relações entre o conceito de potencial em eletrostática e sua aplicação em circuitos elétricos (BENSEGHIR; CLOSSET, 1996; COHEN et al. 1983; FURIO; GUIASOLA, 1998; RAINSON et al., 1994; VIENNOT; RAINSON, 1992).

Essa falta de relação significa que o conceito de potencial elétrico permanece vago e é usado apenas como uma conveniência de cálculo. Muitos estudantes usam os conceitos de potencial elétrico e diferença de potencial sem um significado consistente em um modelo explicativo (SHAFFER; MCDERMOTT, 1992; SHIPSTONE et al., 1988) e, com base no uso incorreto da lei de Ohm, consideram que, se não houver corrente entre dois pontos em um circuito, não há diferença de potencial. Isso sugere que os alunos pensam que a diferença de potencial é uma consequência do fluxo de cargas e não sua causa (PERIAGO; BOHIGAS, 2005; STEINBERG, 1992).

Além disso, Cohen et al. (1983) descobriram que a bateria de um circuito DC é concebida pelos estudantes como um dispositivo que fornece "corrente constante", em vez de um que mantém constantemente a diferença de potencial entre seus polos. Muitos estudantes confundem o conceito de diferença de potencial com a quantidade de carga elétrica (THACKER et al. 1999).

Guruswamy et al. (1997) mostram que os alunos analisam a passagem de cargas entre dois condutores unidos por um fio condutor, olhando a quantidade de carga em cada condutor e sem levar em consideração a diferença de potencial entre eles. Guisasola et al. (2002) realizaram um estudo sobre como os alunos do primeiro ano aprendem o conceito de capacidade elétrica. A maioria dos estudantes não entende o conceito de potencial de um corpo carregado e identifica sua capacidade com a quantidade de cargas que acumula. Isso os impede de dar a explicação correta dos fenômenos, como os corpos sendo carregados por indução.

Em um estudo com estudantes do ensino médio e superior, Benseghir e Closset (1996) mostram que, para alguns estudantes, a diferença de potencial entre os terminais de uma bateria e a circulação atual não está relacionada: a diferença de potencial é considerada estritamente numericamente como uma característica da bateria, e a corrente elétrica é analisada do ponto de vista eletrostático (atração entre cargas, sinal diferente das cargas em cada extremidade, etc.).

Um número significativo de estudantes considera apenas que existe uma diferença potencial entre os pontos do circuito sempre que a diferença nos sinais é percebida (polo positivo e negativo) ou quando há uma variação da quantidade de cargas entre os pontos (dentro do circuito). resistor não há variação na quantidade de carga). Os alunos consideram a diferença de potencial como "abstrata" e preferem um conceito muito mais acessível, como carga elétrica.

Parece que quando os alunos não atribuem significado a esses conceitos, eles se refugiam em suas definições operacionais e baseiam seu raciocínio em fórmulas sem significado (VIENNOT, 2001).

Em resumo, o conceito de potencial é frequentemente apresentado de maneira puramente operacional e os alunos são solicitados a dar um salto na matemática formal. É aqui que muitos deles falham.

Alunos do ensino médio e superior têm dificuldade em aprender sobre o potencial elétrico, devido à ausência de análise de circuitos elétricos e seu balanço energético. A maioria dos estudantes de Física do terceiro ano ainda não entende claramente a utilidade dos conceitos de diferença de potencial (Guisasola e Montero 2010).

Isso mostra a necessidade de apresentar diferença de potencial e força eletromotriz para mostrar que estes medem diferentes tipos de ações produzidas por causas radicalmente diferentes (JIMENEZ; FERNÁNDEZ, 1998; ROCHE, 1987; VARNEY; FISHER, 1980).

2.2.1.3 Quanto a aprendizagem de circuitos de Corrente Contínua.

Pesquisas sobre ensino e aprendizagem de circuitos de Corrente Contínua CC ou DC apontam para os alunos que apresentam um modelo típico de corrente

elétrica como uma das cargas que se movem entre dois pontos em um potencial elétrico diferente (modelo de fluxo de carga). Os livros didáticos não concordam com o tipo de cobrança (positiva ou negativa) envolvida na corrente.

O fluxo de carga apresenta sérias dificuldades para os alunos. Closset (1983) mostrou que muitos estudantes secundários e universitários analisam o circuito usando raciocínio "sequencial". Esses alunos pensam que existem entidades diferentes ("corrente", "elétrons" ou "eletricidade") associadas à intensidade e tensão que saem da bateria e são mais ou menos afetadas à medida que passam por cada elemento do circuito, por exemplo, "A corrente é usada no resistor" ou "a corrente é gasta na lâmpada" sem referência ao que poderia ter acontecido com a "corrente" antes do elemento em análise.

Eles também não consideram como a "corrente" retorna ao outro polo da bateria. Além disso, outros estudos descobriram que os alunos do ensino médio acreditam que a corrente é gasta ao passar através de uma lâmpada ou que a corrente fornecida pela bateria é independente da topologia do circuito. Os alunos do ensino médio têm dificuldade em interpretar o comportamento dos resistores conectados em série e em paralelo em um circuito CC completo. Os alunos acham difícil aceitar que, quando o número de resistores em paralelo aumenta, a resistência total diminui. Eles também não conseguem entender as relações entre corrente e resistores e resistores e diferença de potencial (LIEGEOIS; MULLET, 2002).

Conceitos de potencial elétrico e diferença de potencial são frequentemente confundidos com a intensidade ou energia atuais. Esses conceitos são usados para representar a "força" de uma bateria.

Além disso, os alunos frequentemente não entendem que a diferença de potencial entre dois pontos em um circuito depende de sua topologia. Smith e van Kampen (2011) investigaram a compreensão qualitativa dos professores de ciências em pré-serviço dos circuitos que consistem em várias baterias em um e vários circuitos. Eles descobriram que a maioria dos estudantes era incapaz de explicar os efeitos da adição de baterias em circuitos únicos e múltiplos, pois tendiam a usar o raciocínio baseado na corrente e na resistência, e não na tensão, que pensavam na bateria como fonte de corrente constante. novo contexto e que as respostas dadas eram inconsistentes com a conservação atual.

O estudo de Borges e Gilbert (1999) sobre modelos explicativos de circuitos elétricos mostrou que os alunos do ensino médio apresentam modelos alternativos

como “eletricidade como fluxo” e “eletricidade como correntes opostas”, onde as cargas elétricas que compõem a corrente não são tomadas individualmente. Esses modelos mal se preocupam com a natureza da eletricidade e são essencialmente descritivos. Ambos os modelos são muito limitados em termos de previsão do comportamento da corrente elétrica no circuito.

Borges e Gilbert (1999) mostram que encontramos modelos explicativos mais complexos em estudantes nos últimos anos do ensino médio e no nível universitário. Por exemplo, eles pensam na eletricidade como "cargas móveis" ou como "campo". Esses modelos são capazes de explicar alguns fenômenos relacionados às correntes elétricas, como uma relação entre a intensidade da corrente e a diferença de potencial da bateria. Greca e Moreira (1997) mostram que os modelos dos alunos para explicar a eletricidade se tornam mais complexos ao longo dos anos de instrução, mas para a maioria continuam longe do modelo científico.

2.2.1.4 Resumo das questões emergentes no ensino de Física, com base nas pesquisas desenvolvidas na área.

A maioria das dificuldades mencionadas parece resistente ao ensino tradicional de circuitos elétricos. Portanto, nas últimas décadas, um grande esforço foi dedicado à compreensão das concepções dos alunos antes e depois da instrução. Como resultado, temos hoje algum entendimento conceitual sobre os principais conceitos elétricos:

- Os alunos acham difícil interpretar os fenômenos de indução e polarização elétricos usando o modelo explicativo de Coulomb para ação à distância.
- A maioria dos estudantes dos últimos anos do ensino médio e da universidade não entende a diferença ontológica entre "ação à distância" e "modelo de campo". Isso leva a confundir o conceito de campo com o da força exercida sobre as cargas elétricas e, portanto, sem levar em consideração o meio em que a interação ocorre.
- Os alunos usam análise causal inadequada para interpretar equações como o princípio de superposição.
- Muitos estudantes confundem o campo elétrico com as linhas de campo imaginárias usadas para representá-lo. Os alunos afirmam que o campo elétrico existe apenas ao longo das linhas de campo e não o consideram existente em todos os pontos do espaço.
- Os alunos têm um significado confuso do conceito de potencial elétrico e diferença de potencial, levando-os a evitar o uso desses conceitos para analisar o movimento de cargas em um fio condutor.
- Os alunos atribuem a passagem de corrente elétrica à diferença na quantidade de carga entre as extremidades de um condutor.

- Os estudantes “refugiam-se” nas definições operacionais (“soluções de fórmula”) para analisar os fenômenos elétricos. Eles geralmente baseiam seu raciocínio em uma descrição literal da “fórmula” ou em uma análise causal incorreta dela.
- A maioria dos estudantes pensa que o potencial elétrico definido em eletrostática é diferente do potencial elétrico definido em circuitos elétricos.
- A maioria dos estudantes não relaciona fenômenos macroscópicos (atrações e repulsões elétricas, corrente elétrica, tensão da bateria, etc.) com os conceitos microscópicos que constroem a teoria explicativa (campo, diferença de potencial, polarização etc.).
- A maioria dos estudantes em sua análise de circuitos elétricos simples pensa que a corrente é usada em uma resistência; elétrons flutuantes se empurram através de um fio, assim como as moléculas de água se empurram através de um tubo; eles confundem a regra do loop e a lei de Ohm (embora a lei de Kirchhoff seja um princípio muito mais geral), assumindo que força eletromotriz e diferença de potencial são sinônimos (Kirchhoff Barbas e Psillos (1997), Cohen et al. (1983), Dupin e Joshua (1987), McDermott e Shafer (1992) e Shipstone et al. (1988), Duit e von Rhöneck (1998), Psillos et al. (1988) e Testa et al. (2006).

Como resultado desses esforços para identificar as dificuldades de aprendizagem dos alunos, maior atenção deve ser dada ao entendimento conceitual em programas e livros didáticos de Física (Engelhard e Beichner 2004; Halloun e Hestanes 1985; Maloney et al. 2001).

São necessárias mais pesquisas sobre as concepções dos alunos em outras áreas, como capacitância e suas relações com o potencial elétrico, o movimento de cargas e o potencial elétrico em um sistema elétrico mais complexo.

2.2.1.5 Possíveis razões para as questões emergentes no ensino de física.

O ensino tradicional não parece melhorar a falta de compreensão dos alunos sobre o campo elétrico. Existe uma grande lacuna entre os pensamentos do aluno e esse conceito abstrato (Furio e Guisasola 1998; Viennot e Rainsou 1999). Alguns outros motivos sugeridos com frequência são:

- Pouco conhecimento das ferramentas matemáticas exigidas pela definição operativa e sua aplicação (vetores, derivadas e integrais);
- Pouco conhecimento dos conceitos básicos na área de mecânica (força, trabalho e energia).

No “pensamento espontâneo” dos professores (Hewson e Hewson 1988), os alunos são frequentemente responsabilizados por esses problemas. A maioria dos professores se refere apenas às deficiências dos alunos para explicar o fracasso geral no aprendizado, mas o tipo de ensino responsável também deve ser considerado. A pesquisa das ideias e formas de raciocínio dos alunos identifica o assunto que deve

ser melhor ensinado, a fim de melhorar a compreensão (FURIO et al. 2003; VIENNOT; RAINSON, 1999).

As concepções dos professores mostram uma ampla gama de pontos de vista sobre o ensino de circuitos de corrente contínua. Alguns pontos de vista são consistentes com visões alternativas dos próprios alunos, como ideias "diretas" sobre como os circuitos operam (GUNSTONE et al. 2009). Em um estudo sobre as metáforas que especialistas e amadores usam ao explicar a eletricidade, Stocklmayer e Treagust (1996) descobriram que "os professores tinham um modelo mecânico que dava origem a imagens de elétrons como pequenas bolas se movendo ao longo de fios semelhantes a túneis" (ibid. 171).

Essa concepção contrasta com a imagem mental dos especialistas que "era mais global e holística do que a visão eletrônica dos elétrons. Essencialmente, esses praticantes estavam preocupados com o circuito como um todo" (ibid. P. 174). Por outro lado, os professores frequentemente usam vocabulário científico para se referir a como os fenômenos elétricos funcionam, mas conceitos como potencial elétrico, diferença de potencial ou campo elétrico são evitados ou mal compreendidos (MULHALL et al. 2001).

Muitas apresentações de livros didáticos desses conceitos são dominadas pelo instrumentalismo matemático e pela simplificação da justificação. Durante décadas (MOREAU; RYAN, 1985), estudos sobre a apresentação dos conceitos de eletricidade em livros didáticos indicam que muitos livros não prestam atenção ou enfatizam a conexão entre eletrostática e circuitos elétricos. Por exemplo, o fato de que o potencial elétrico em circuitos é exatamente o mesmo que em eletrostática não é destacado, supondo que os alunos façam a conexão eles mesmos. Heald (1984) afirmou que há uma descontinuidade na apresentação dos tópicos de eletrostática e circuitos de corrente contínua nos cursos introdutórios de Física. Na eletrostática, a análise se concentra explicitamente nas cargas elétricas nos corpos e no campo elétrico e no potencial no espaço e na matéria.

No capítulo seguinte do livro sobre circuitos CC, a atenção se concentra em baterias, resistores, condutores e condensadores. Nos anos 1990, Stocklmayer e Treagust (1994) realizaram um estudo sobre as maneiras pelas quais os livros didáticos apresentaram os conceitos de eletricidade no período de 1891 a 1991 e descobriram que, apesar do fato de o desenvolvimento histórico da teoria eletromagnética ter feito importantes saltos qualitativos em direção a um No

entendimento moderno da corrente elétrica em um circuito, há poucas mudanças nesse sentido nos textos analisados. A maioria representa a corrente elétrica como o movimento de um fluido - uma imagem pré-Faraday.

Além disso, Bagno e Eylon (1997) descobriram que muitos livros didáticos apresentam um campo elétrico como uma força a ser aplicada nas cargas elétricas; essa ideia pode levar os alunos a entenderem esse conceito difícil e não intuitivo.

Os pesquisadores concordam com a pouca aprendizagem dos alunos sobre eletricidade; no entanto, existe uma falta de consenso sobre metas específicas de aprendizado para eletricidade. Por exemplo, Shaffer e McDermott (1992) focaram na corrente elétrica, Licht (1991), Psillos (1998) e Psillos et al. (1988) enfatizaram a diferença de potencial, enquanto Eylon e Ganiel (1990) e Sherwood e Chabay (1999) focaram em uma abordagem microscópica.

A falta de consenso resulta do grande número de aspectos, como a natureza dos modelos e analogias que são considerados apropriados ao ensinar eletricidade, a natureza dos próprios conceitos que podem ser usados em cada nível e a relação entre o mundo dos fenômenos em um nível macroscópico e as teorias explicativas em um nível microscópico (DUPIN; JOSHUA, 1989; HÄRTEL, 1982).

A natureza dos modelos e analogias que cada professor escolhe está intrinsecamente ligada à compreensão do conceito por parte do professor (DUIT; VON RÖNECK, 1998; PINTÓ, 2005). Portanto, é necessário definir os objetivos conceituais e metodológicos das sequências de ensino em eletricidade. É necessária uma reflexão cuidadosa para justificar, a partir de um referencial teórico do ensino de Física, "o que" ensinar e "como" fazê-lo. Ambos os aspectos estão inter-relacionados e requerem análise conceitual e epistemológica, mesmo em aspectos elementares.

Contribuições para esses problemas da história e filosofia da ciência e do atual quadro teórico da Física são revisadas na próxima seção.

3 HISTORICIZANDO A ELETRICIDADE

Essa seção tem por objetivo apresentar a história e a evolução das teorias sobre a eletricidade, assim como a importância do estudo desses conteúdos para a Educação Básica e a utilização dos laboratórios do PhET.

3.1 A CONTRIBUIÇÃO DA HISTÓRIA E DA EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE

Os conceitos e teorias científicas não surgem milagrosamente, mas são o resultado de um árduo processo de solução de problemas e de um teste rigoroso das hipóteses iniciais (NERSSEIAN, 1995).

Na ciência, mudança e alteração dinâmicas são a regra e não a exceção (THACKRAY, 1980). Citando Kuhn (1984): "Eu fui atraído ... para a história da ciência por um fascínio totalmente imprevisível com a reconstrução de velhas ideias científicas e dos processos pelos quais elas foram transformadas em ideias mais recentes" (ibid. P. 31). Saber como as ideias explicativas levam ao modelo científico atual pode fornecer informações importantes ao estabelecer metas de aprendizado e selecionar conhecimentos que ajudem a projetar sequências de ensino (DUSCHL, 1994; WANDERSEE, 1992).

A história da ciência é um instrumento útil no ensino das ciências, especificamente da eletricidade, para identificar problemas encontrados na construção de conceitos e teorias, quais barreiras epistemológicas precisavam ser superadas e quais ideias levavam ao progresso. Além disso, a história da ciência pode mostrar o contexto social onde as teorias foram desenvolvidas e as repercussões tecnológicas resultantes do conhecimento adquirido.

O consenso atual afirma que a compreensão de conceitos e teorias requer conhecimento não apenas do estado atual de compreensão de um tópico específico, mas também da maneira como o conhecimento foi desenvolvido e aprimorado ao longo do tempo. Além disso, os padrões educacionais desenvolvidos nas últimas décadas (Conselho Nacional de Pesquisa 1996; ROCARD et al. 2007) exigem uma apresentação de conceitos e teorias que envolvam não apenas uma perspectiva histórica, mas também uma introdução significativa de termos e uma representação apropriada dos aspectos sociais e sociais. contexto científico da origem das principais ideias e soluções.

A estrutura da ciência, a natureza do método científico e a validação dos julgamentos dos cientistas são algumas das áreas em que a história e a filosofia da ciência podem enriquecer o ensino da ciência. Existem muitos argumentos

defendendo a inclusão da história da ciência no currículo, particularmente sua integração nas estratégias de ensino.

Esta seção considera a história da ciência como um instrumento útil para identificar problemas na construção de conceitos e teorias e para indicar as barreiras epistemológicas que precisavam ser superadas e as ideias que permitiam o progresso (FURIO et al. 2003).

Com base nessas informações, podem ser traçados objetivos de ensino que podem ajudar no desenho de sequências de ensino que melhorem significativamente o ensino e a aprendizagem de conceitos e teorias (MÄNTYLÄ, 2011; NIAZ, 2008). No entanto, para que essas informações sejam úteis no desenho de um guia didático, é necessário que seja realizado um estudo histórico e epistemológico com "intencionalidade pedagógica" e conhecimento das dificuldades de aprendizagem dos alunos.

Um estudo crítico da história e da epistemologia da ciência (onde a história é vista como uma fonte de problemas resolvidos levando a avanços no conhecimento científico) provavelmente mostrará aos professores e pesquisadores saltos qualitativos na evolução de um conceito. Considerar essas "descontinuidades" entre significados de conceitos e modelos pode ajudar a esclarecer, explicar e explorar conceitos de Física e entender as dificuldades de aprendizagem dos alunos.

A história da eletricidade mostra as mais importantes dificuldades epistemológicas e ontológicas no desenvolvimento da teoria da eletricidade que os pesquisadores tiveram que superar para chegar à estrutura conceitual de eletricidade atual. Como os conceitos de eletricidade são abstratos e bastante distantes das ideias espontâneas dos alunos, a perspectiva histórica pode ser importante em termos de tomada de decisões em relação a sequências e objetivos de ensino.

Mudanças conceituais na ciência podem fornecer algumas dicas para o ensino contemporâneo da ciência. No entanto, existem diferenças óbvias nos processos de raciocínio de estudantes atuais e físicos do passado a serem levadas em consideração no ensino.

3.2 A HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DAS TEORIAS SOBRE A ELETRICIDADE NOS SÉCULOS XVII E XIX

William Gilbert, compilando parcialmente as ideias de J. Cardan publicadas em "De subtilitate" (1550), estabeleceu uma divisão clara entre o efeito do âmbar e do magnetismo em seu livro "De Magnete, Magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure" (1600). Com o uso do "versorium", Gilbert realizou a primeira classificação de materiais "elétricos" e "não elétricos". Gilbert explicou que esses fenômenos eram devidos à "natureza material" liberada ao esfregar corpos "elétricos", como vidro ou âmbar.

Naquela época, o modelo "eflúvio" de Gilbert era usado para explicar a atração elétrica entre os corpos carregados pela fricção. Também foi usado na classificação dos corpos em "elétrico" e "não elétrico", dependendo se eles foram carregados quando esfregados e descargas elétricas em gases rarefeitos ou "brilhavam" induzidos (WHITTAKER, 1987).

Este modelo explicativo de "eflúvio elétrico" não forneceu explicações plausíveis para novos fenômenos elétricos, como repulsão elétrica ou transmissão elétrica. Após a descoberta do movimento elétrico por Gray, não foi possível aceitar que os eflúvios estavam inseparavelmente unidos aos corpos dos quais haviam fluído através da fricção. Era preciso admitir que as saídas tinham uma existência independente, pois era possível que elas fossem transferidas de um corpo para outro.

Portanto, esses eflúvios foram reconhecidos sob o nome de "fluido elétrico" como uma das substâncias que compunham o mundo. As contribuições de Du Fay e Franklin, entre outras, foram confirmar um modelo que descrevia a eletricidade como um fluido elétrico composto de partículas extremamente sutis.

O modelo de "fluido elétrico" não explicou por que dois corpos que não possuem fluido (carga negativa) se repelem e também teve alguma dificuldade em explicar a indução. No final do terceiro terço do século XVIII, pensava-se que eram necessárias bases quantitativas para avançar no estudo da eletricidade.

Assim, pesquisadores como Cavendish, Priestley e Coulomb procuraram uma teoria semelhante à gravitação, sob a clara influência da mecânica newtoniana (CONANT et al. 1962; HARMAN, 1982).

O novo modelo que surgiu no início do século XIX é coerente com a Física de Newton, no sentido de introduzir a noção de forças de "ação à distância", que operam

instantaneamente entre corpos carregados. As interações são forças centrais, calculáveis por meio da lei de Coulomb. Com a lei sobre conservação de carga e a lei de Coulomb sobre atração de corpos carregados, a eletricidade foi elevada ao nível da "ciência moderna".

O resultado foi que as teorias da "ação à distância" se tornaram quase o único foco de atenção, até muito mais tarde, quando Faraday levou a teoria elétrica a explicações mais complexas e frutíferas, usando o conceito de linhas de campo (WHITTAKER, 1987).

Durante o século XIX, diferentes descobertas mostraram que o modelo de Coulomb de interpretação de fenômenos eletromagnéticos teve que ser repensado. Oersted mostrou experimentalmente que "ações transversais" existiam entre uma corrente elétrica e uma bússola, em oposição ao conceito de forças centrais para todas as ações à distância Wise (1990).

O papel do ambiente em que a interação ocorreu também começou a ser enfatizado por novos fatos experimentais, por ex. verificou-se que os recipientes com pressão de ar mantinham as cargas melhor em um condutor (BERKSON, 1974; CANTOR et al. 1991).

A descoberta de Volta produziu uma corrente elétrica contínua configurando diferentes materiais em uma determinada ordem. Esses achados, entre outros, forneceriam evidências para apoiar a unidade das forças naturais (SUTTON, 1981).

A lei da conservação de energia, formulada em 1840, colocou os fenômenos de luz, calor, eletricidade e magnetismo em uma estrutura de princípios gerais. Depois de Volta, surgiram diferentes explicações sobre como um circuito elétrico poderia operar.

Durante décadas, o conceito de fenômeno de "circuito elétrico" esteve ligado à eletrostática (BENSEGHIR; CLOSSET, 1996). Os modelos "fluido elétrico" e "conflito elétrico" foram utilizados para explicar a neutralização das cargas nas baterias e outros materiais. A análise de circuitos elétricos está intimamente relacionada à análise dos processos de acumulação de carga elétrica, estudados durante o século XVIII sobre cargas e descargas em corpos isolados (jarro de Leyden). A invenção da célula voltaica e o movimento aparentemente perpétuo do fluido elétrico provocaram mudanças no quadro teórico.

Isso levou à definição do potencial elétrico de um corpo carregado e do conceito de capacitância, como é concebido hoje. O conceito de potencial elétrico,

usado para explicar como os circuitos funcionam, foi outro desafio para os cientistas no século XIX. No entanto, como Roche (1989) afirma: O conceito de potencial é a fusão de pelo menos cinco tradições históricas bastante distintas.

Apesar da aparente unidade do conceito recebido, cada uma dessas tradições ainda desempenha um papel semiautônomo na compreensão atual do potencial. (p. 171). Este é um ponto crucial para esclarecer e explicar os fenômenos elétricos na eletrostática e nos circuitos.

Alessandro Volta tentou estabelecer que o “fluido galvânico”, de origem animal, era o mesmo que a eletricidade comum ou a eletricidade estática (KIPLING; HURD, 1958). No meio da controvérsia sobre a natureza da eletricidade, Volta descobriu que quando dois corpos não carregados de metais diferentes eram colocados em contato, diretamente ou por meio de um eletrólito, os dois metais em circuito fechado adquiriam uma carga e permaneciam carregados apesar de a presença de um caminho condutor onde as cargas poderiam fluir e, assim, neutralizar-se (BROWN, 1969; FOX, 1990; SUTTON, 1981).

Essa é uma clara ruptura com a ideia de que cargas opostas não poderiam ser separadas, como se acreditava no campo da eletrostática no momento. Volta introduziu o conceito de “grau de tensão elétrica” de um condutor carregado e também definiu “força eletromotriz” como o principal motor de corrente em um circuito fechado, medido como tensão elétrica.

Ele afirmou que um novo tipo de “força” estava agindo sobre as cargas, separando-as e mantendo-as separadas, e chamou essa ação de força eletromotriz, o nome que ainda é aplicado (PANCALDI, 1990; WILLIAMS, 1962). As explicações de Volta não se encaixavam no paradigma de Coulomb, que prevaleceu no primeiro terço do século XIX.

Nesse contexto “eletrostático”, o conceito de “força eletromotriz” foi interpretado como a capacidade dos corpos de gerar eletricidade em outros. Assim, um dos metais da bateria de Volta “gera” eletricidade no outro devido à sua “força eletromotriz”. As interpretações de Volta sobre como as baterias funcionam não se encaixam nesse arcabouço teórico e caem no esquecimento (WARNEY; FISCHER, 1980).

Esses conceitos primitivos se referem diretamente às analogias do tipo mecânico, surgidas mais tarde no século XIX: “pressão elétrica” ou “força” é pensada como uma propriedade do fluido elétrico e não do espaço contínuo.

S. D. Poisson e G. Green em 1811 introduziram um significado muito diferente do conceito de potencial elétrico em eletrostática como uma função matemática cujo gradiente era o valor numérico igual à intensidade ou força elétrica por unidade de carga. Primeiro pensado apenas como um construto matemático (FOX, 1990), Green denominou essa função de "potencial".

Em 1827, Ohm fez uma contribuição à teoria dos circuitos através de sua lei para condutores. Ohm esclareceu os papéis separados e complementares de corrente e potencial em um momento em que ambos estavam bastante confusos. Ele supôs que um gradiente estacionário de carga de volume correspondente a um gradiente de potencial impulsiona um fluxo constante de eletricidade.

Ohm usou a analogia do gradiente de temperatura que conduz a transferência de calor para explicar o fluxo de eletricidade (SCHAGRIN, 1963; TATON, 1988). G. Kirchhoff, que sintetizou o trabalho de Ohm sobre condução elétrica e resistência elétrica, deu o maior passo no desenvolvimento do conceito de potencial e teoria de circuitos.

Com base no que se sabia sobre eletrostática, não poderia haver um gradiente de carga de volume dentro do condutor, e Kirchhoff resolveu o problema colocando um gradiente de carga na superfície (WHITTAKER, 1987). Kirchhoff demonstrou que a "tensão elétrica" de Volta e a função potencial de Poisson eram numericamente idênticas em um condutor e, portanto, podiam ser reduzidas a um único conceito.

Assim, ele mostrou que os fenômenos eletrostáticos e de circuito pertenciam a uma ciência, não a duas (HEILBRON, 1979). A partir dessa unificação, o papel do potencial passou a dominar a análise dos circuitos, mas sem atenção à distribuição da carga na superfície.

Modelos explicativos de corrente elétrica receberam um novo impulso com a teoria dos campos iniciada por Faraday e desenvolvida posteriormente por Maxwell em 1865. O modelo de campo sugere uma mudança ontológica na concepção de interação elétrica, sem custos de teste comprovando sua existência e introduzindo energia potencial na teoria do campo. Maxwell (1865), referindo-se ao caráter "posicional" da intensidade vetorial do campo elétrico em Uma teoria dinâmica do campo eletromagnético, mostrou o quão difícil é este modelo:

Ao falar sobre a intensidade do campo elétrico em um ponto, não assumimos necessariamente que uma força é realmente exercida lá, mas apenas que, se um

corpo eletrificado for colocado lá, uma força atuará sobre ele ... que é proporcional a carga do corpo. (p. 17)

A teoria de campo de Faraday também envolve uma nova concepção de interação elétrica, onde sua representação não se limita localmente às partículas de material carregadas, mas se espalha pelo espaço circundante.

Aprofundando-se na mudança ontológica que ocorre da visão de Coulomb à do campo elétrico, no primeiro, o conceito de interação elétrica está ligado ao de cargas em uma zona do espaço ou em um corpo carregado; não há interação elétrica sem as cargas elétricas que interagem no espaço. Além disso, o novo entendimento do campo elétrico nos obriga a pensar de maneira diferente, pois o conceito de interação elétrica não está mais vinculado a duas cargas elétricas, mas se estende ao longo da área de influência de uma delas.

Se o campo elétrico é considerado uma propriedade de cada ponto no espaço, a ação elétrica pode ser "sem" a necessidade de carga. A partir dessa nova concepção de interação elétrica, é fácil estabelecer a relação entre os conceitos de carga, campo elétrico e energia potencial elétrica.

As propriedades Físicas podem ajudar a explicar as dificuldades de entender alguns dos conceitos usados na eletricidade. Um tópico para discussão entre físicos tem sido o significado dos conceitos de potencial, diferença de potencial e força eletromotriz.

Härtel (1985) indica que a maioria dos livros de texto define o potencial de maneira abstrata e matematicamente elegante, mas descarta qualquer mecanismo causal que explique o fluxo de elétrons nos circuitos elétricos. Ele acha necessário dar sentido aos conceitos de diferença potencial e potencial.

Reif (1982), Romer (1982) e Peters (1984) discutem potencial elétrico, diferença de potencial e força eletromotriz no contexto de circuitos elétricos. Seus estudos concluem que a tensão medida por um voltímetro é igual ao trabalho total por unidade de carga que se move através do instrumento.

Como a tensão indicada por um voltímetro depende das forças Coulomb e não Coulomb dentro do instrumento, a tensão medida é geralmente diferente da diferença de potencial entre os pontos aos quais os fios do voltímetro estão conectados (a tensão é igual a $\Delta V + \epsilon$).

Além disso, alguns livros didáticos do início dos anos 1950 e 1960 mostraram cargas superficiais no fio como a causa do campo elétrico dentro do fio que produz o

fluxo de corrente elétrica (Jefimenko 1966; Sommerfeld e 1952). Rosser (1963, 1970) descreveu uma análise matemática do campo elétrico produzido pela distribuição da carga na superfície dos fios, que é de grande valia na compreensão do campo elétrico nos circuitos elétricos.

Härtel (1982) propôs analisar o circuito elétrico como um sistema. Nesta abordagem, os três termos fundamentais corrente, tensão e resistência são introduzidos simultaneamente de maneira qualitativa.

O termo tensão é introduzido em estreita relação com a causa do movimento. No entanto, Härtel afirmou que, para uma compreensão completa de por que existe uma queda potencial para mover as cargas entre dois pontos de um condutor, é necessário analisar a interação entre o campo elétrico e os transportadores de cargas. Em um estudo posterior, Härtel (1987, 1993) analisou o gradiente da distribuição de carga ao longo das diferentes partes do circuito, que produz diferentes campos elétricos, dependendo da resistência dessa parte do circuito.

Ele discutiu as relações entre os tópicos geralmente díspares da eletrostática e dos circuitos por meio das cargas de superfície e deu aos alunos uma compreensão qualitativa do comportamento do circuito. Ele também discutiu o comportamento transitório dos circuitos quando, por exemplo, um interruptor está fechado.

Outros estudos, como os realizados por Aguirregabiria et al. (1992) e Jackson (1996), confirmam a utilidade do modelo de distribuição gradativa de cargas para explicar possíveis mudanças no circuito. O livro de Chabay e Sherwood (2002) compila, entre outros, as contribuições de Härtel e propõe considerar cuidadosamente os conceitos de "carga e feedback da superfície". Esta proposta justifica a continuidade entre os conceitos estudados em eletrostática e em circuitos elétricos.

Em Preyer (2000), são descritas duas demonstrações de palestras que ilustram o ponto em que o potencial elétrico em um circuito é a mesma função da distribuição de densidade de carga que em eletrostática. Outro tópico recorrente de discussão no arcabouço teórico da Física é o uso do modelo newtoniano e maxwelliano de interpretação de fenômenos eletromagnéticos.

Devemos ressaltar que os modelos newtoniano e maxwelliano, quando utilizados para interpretar interações entre cargas, podem ser considerados pertencentes a um status ontológico e epistemológico diferente, mas não o contrário.

Isso significa que a comunidade científica assume os dois, embora o nível conceitual e o poder mais altos de um deles sejam admitidos.

Por exemplo, ao analisar os fenômenos eletromagnéticos, é possível fazer uma descrição em termos da intensidade do campo que existe nesta zona do espaço ou em termos da ação que o campo exerce sobre as cargas que existem nesta área do espaço (a força exercida). No entanto, como Sharma (1988) afirmou:

Para descobrir a força de uma carga de teste q em um ponto no espaço, você não precisa percorrer todo o caminho para descobrir onde estão as fontes (cargas ou correntes); em vez disso, você apenas precisa conhecer os valores de E e B naquele momento e usar a lei da força de Lorentz para calcular a força.

Se E e B de duas distribuições de origem forem os mesmos em um determinado ponto no espaço, a força que atua sobre uma carga ou corrente de teste nesse ponto fornecerá o mesmo, independentemente de quão diferentes sejam as distribuições de origem. Isso dá significado a E e B por si só, independentemente das fontes. Além disso, a velocidade finita de propagação dos sinais eletromagnéticos, a ação retardada, requer campos para transportar energia, momento e momento angular, a fim de garantir a conservação dessas quantidades. (p. 420).

A estrutura maxwelliana é considerada conceitualmente superior e tem mais poder explicativo. No entanto, a construção da teoria dos campos requer a aquisição prévia da estrutura antiga (ou seja, não é possível introduzir o campo elétrico sem conhecer os pré-requisitos da carga e força elétrica de Coulomb) e o reconhecimento de suas insuficiências teóricas (Berkson, 1974).

Os quadros 1 e 2 resumem os diferentes modelos usados ao longo da história e a estrutura eletromagnética clássica de hoje para interpretar os fenômenos elétricos básicos.

Quadro 1 – Modelos para descrever fenômenos elétricos fundamentais

Referência empírica	Diferentes modelos utilizados ao longo da história
<p>Carregamento de corpos por fricção</p> <p>Atração entre corpos carregados</p> <p>Atração de corpos luminosos por objetos friccionados</p>	<p>Modelo Effluvia Os fenômenos elétricos foram devidos a algo ("eflúvio elétrico") que foi libertado ao esfregar corpos "elétricos", como vidro ou âmbar. A metodologia utilizou critérios de evidência empírica para testar a teoria.</p> <p>Problemas explicativos: O modelo não explicou a repulsa entre corpos carregados.</p>
<p>Transmissão de eletricidade ou "Propriedade elétrica"</p> <p>Eletrificação por contato</p> <p>Fenômenos de repulsão elétrica Indução elétrica</p> <p>Capacitância elétrica</p> <p>Circuitos elétricos simples</p>	<p>Fluido elétrico O modelo descreve a eletricidade como um fluido elétrico composto de partículas extremamente sutis. O fluido elétrico pode ser transmitido e é inseparável do corpo carregado, como no modelo anterior. Esfregar não cria eletricidade; fluido é apenas transferido de um corpo para outro. Portanto, a quantidade total de eletricidade em qualquer sistema isolado é invariável. O excesso e a falta de eletricidade do corpo estão associados ao + e -, respectivamente. A regra empírica segundo a qual os corpos carregados com o mesmo sinal se repelem e aqueles com sinal diferente se atraem é definida. O líquido elétrico acumulado no corpo exerce uma pressão sobre a superfície do corpo. Em um certo ponto, a "pressão elétrica" é grande o suficiente para impedir que o corpo admita mais carga. A capacitância é definida como $C = Q / \text{tensão}$. A corrente em um circuito simples foi explicada pela teoria de "Conflito elétrico" baseado no modelo de fluido elétrico.</p> <p>Problemas explicativos: A metodologia da pesquisa é qualitativa. Também não pode quantificar os fenômenos elétricos nem definir sua magnitude. O modelo não explica por que dois corpos, que não possuem fluido, repelem entre si. A explicação da indução elétrica usando a "atmosfera elétrica" é questionada por meio de evidências experimentais. O papel da bateria em um circuito ainda é inexplicável.</p>

Fonte: Elaborado com base em Rocard et al. (2007)

Quadro 2 – Modelos para descrever fenômenos elétricos fundamentais (cont.)

Referência empírica	Diferentes modelos utilizados ao longo da história
<p>Fenômenos eletrostáticos</p> <p>Condensadores</p> <p>Circuitos elétricos DC simples</p>	<p>Modelo de ação à distância</p> <p>Uma metodologia quantitativa, semelhante à usada em mecânica Newtoniana, é introduzido, e o conceito de carga elétrica é definido pela fórmula da força elétrica. O modelo descreve a eletricidade como um conjunto de cargas que interagem à distância, de acordo com a lei de Coulomb. Interação elétrica entre cargas separadas são transmitidas instantaneamente através do espaço onde estão situados, qualquer meio existente entre eles.</p> <p>A capacidade das cargas de agir à distância implica a presença de um corpo eletrificado perto do corpo a ser carregado e envolve alguma modificação no potencial elétrico do sistema e sua “Capacitância” para armazenar cargas.</p> <p>A capacitância é uma propriedade de condutores que interagem A corrente direta é devida ao fluxo de elétrons sob a influência de forças elétricas e sob a influência de uma diferença de potencial através dos polos de uma bateria.</p>
<p>Fenômenos eletrostáticos</p> <p>Capacitância elétrica</p> <p>Energia potencial Elétrica</p> <p>Circuitos elétricos DC simples</p>	<p>Modelo de Campo</p> <p>Neste novo entendimento da interação elétrica, não apenas a carga, mas também o meio é levado em consideração. A interação da transmissão não é imediata, porque depende do meio existente entre as cargas. O processo de carga de um corpo implica trabalho e aquisição de um potencial elétrico. Assim, o conceito de capacitância é um propriedade do sistema de condutores que interagem, o que pode princípio seja medido como $C = Q / \Delta V$.</p> <p>Correntes elétricas em fios, resistores, etc. são acionadas por campos elétricos.</p> <p>O campo elétrico tem sua fonte apenas na distribuição da carga na superfície do fio.</p>

Fonte: Elaborado com base em Rocard et al. (2007)

3.3 O ENSINO DE ELETRICIDADE – EDUCAÇÃO BÁSICA

No ensino médio, existem dificuldades de aprendizado em áreas como um modelo científico de corrente elétrica em um circuito e em conceitos como campo elétrico e potencial elétrico. As contribuições da pesquisa em educação de Física e da história da ciência devem ser levadas em consideração pelos professores e pelos projetistas de currículo.

3.3.1 Diretrizes para a criação de sequências de ensino e aprendizagem

O currículo tradicional para o ensino de eletricidade nas escolas secundárias começa analisando como os circuitos elétricos funcionam. Muitas atividades de ensino estão centradas na análise de circuitos com resistores dispostos em série e em paralelo por meio da lei de Ohm. O circuito geralmente não é analisado explicitamente em termos de energia e do papel desempenhado pelas forças eletromotivas da bateria e pelo movimento de elétrons.

A revisão aponta para problemas que precisam ser abordados ao lidar com o modelo Maxwelliano de eletricidade. Seguindo as recomendações recentes dos padrões educacionais sobre a apresentação de conceitos e leis em um significado contextual (Conselho Nacional de Pesquisa 1996; Rocard et al. 2007), algumas das discussões entre os físicos sobre temas de campo de ensino e potencial elétrico para estudantes do ensino médio e universitário foram apontou.

O foco nos resistores (lei de Ohm) pode levar muitos estudantes do ensino médio e do primeiro ano a pensar que a lei de Ohm é uma lei fundamental da eletricidade. Como Bagno e Eylon (1997) afirma: "Uma alta proporção de estudantes considerou a lei de Ohm uma das idéias mais importantes do eletromagnetismo, consistente com os achados anteriores, rotulados humoristicamente de 'os três princípios do eletromagnetismo': $V = IR$; $i = V / R$; $R = V / i$ " (p.731).

No ensino médio (Steinberg e Wainwright 1993), ensinando sobre circuitos CC e o papel da bateria, use o modelo de fluido compressível - gradiente de pressão que conduz a corrente - para condução de carga. Esse gradiente de pressão resulta de um gradiente na densidade de volume do transportador de carga. No entanto, de acordo com a Física convencional, a corrente elétrica nos circuitos DC é acionada

pelo campo elétrico, criado pela distribuição da carga na superfície. A densidade de carga de volume dentro do fio é zero. Como Mosca e De Jong (1993) mostram, esse modelo pode levar a conclusões errôneas:

Uma conclusão errônea associada ao modelo de fluido compressível é que ele prevê a existência de um campo elétrico dentro de um condutor de carga em equilíbrio eletrostático.

De acordo com este modelo, a região dentro do material de um condutor carregado isolado em equilíbrio eletrostático é ocupada por um gás de portadores de carga que é uniformemente comprimido para um alto número de densidade e, portanto, densidade de carga. De acordo com a lei de Gauss, qualquer densidade de carga diferente de zero é necessariamente acompanhada por um campo eletrostático, e a presença desse campo contradiz a visão amplamente aceita de que um condutor em equilíbrio eletrostático é um potencial. (p. 358)

Podemos argumentar que um equívoco no domínio eletrostático não é necessariamente um equívoco na teoria dos circuitos. No entanto, o modelo de fluido compressível pode levar a conceitos errôneos não apenas em eletrostática, mas também em circuitos DC (Mosca e De Jong 1993, p. 358). Além disso, na Física clássica, a eletrostática faz parte da eletrodinâmica como, por exemplo, analisando um circuito DC contendo um capacitor (GUISASOLA et al. 2010).

A abordagem tradicional muda completamente quando o conceito de potencial elétrico é introduzido no ensino médio (16 a 18 anos) e nos cursos introdutórios de Física na universidade. Nesses níveis, o conceito de campo elétrico é introduzido e definido pela primeira vez como $E = F / q$, potencial elétrico em um ponto como a energia por carga elétrica ($V = E / q$) e diferença de potencial entre dois pontos. quantidade de energia necessária ou fornecida para mover uma unidade de carga de um ponto para outro ($\Delta V = \Delta E p / q$).

Todas essas definições são feitas em um contexto eletrostático, para que mais tarde no estudo de circuitos elétricos, os mesmos conceitos possam ser usados novamente ao aplicar os princípios de carga e conservação de energia (leis de Kirchhoff). No entanto, os livros didáticos frequentemente não mostram relações explícitas usando esses conceitos em ambos os contextos (STOCKLMAYER; TREAGUST, 1994).

Conforme demonstrado nas seções anteriores, a pesquisa sobre o ensino de eletricidade e a história da ciência mostra que o modelo explicativo dos fenômenos

eletrostáticos condiciona como vemos a natureza elétrica da matéria e o fluxo de corrente em um circuito.

Estudos recentes propõem iniciar o currículo de eletricidade com fenômenos elétricos elementares (eletrificação por atrito, contato ou indução) e focar a atenção dos alunos nos modelos explicativos microscópicos para melhorar a compreensão dos alunos.

Essas propostas recomendam a representação de modelos baseados em energia e campo, permitindo que os alunos interpretem em nível microscópico os fenômenos elétricos observados em nível macroscópico (Walz 1984). Por exemplo, quando um pêndulo repele, uma pequena bola carregada positivamente de uma haste carregada positivamente, o trabalho realizado resulta em um aumento na energia potencial gravitacional da bola. Este trabalho corresponde à mudança no potencial de energia elétrica associada a uma determinada configuração do sistema (Borghetti et al. 2007). O fenômeno é explicado usando um modelo energético em vez de um modelo de força equivalente. Nesta abordagem, o outro parâmetro necessário para definir a energia de um sistema é sua capacitância. O status elétrico do sistema pode ser descrito por uma nova propriedade física "capacitância" que expressa a capacidade do sistema de receber mais carga elétrica (GUISASOLA et al. 2002).

Essa quantidade pode ser utilizada operacionalmente, relacionando a capacidade da carga e o potencial elétrico. A análise dos fenômenos eletrostáticos em termos de relações energéticas incentiva o desenvolvimento de uma relação entre eletrostática e circuitos (ARONS, 1997).

Härtel (1982, 1993) propôs uma transição de eletrostática para circuitos, com base no circuito elétrico como um sistema. A tendência dos estudantes de raciocinar local e sequencialmente sobre circuitos elétricos (Duit e von Rhöneck 1998; Shipstone et al. 1988) é diretamente abordada pela análise do comportamento de todo o circuito.

Os três termos fundamentais (corrente, tensão e resistência) são introduzidos simultaneamente de maneira qualitativa, usando o balanço energético de todo o circuito, incluindo possibilidades de transporte de energia e o conceito de energia potencial.

No ensino médio, o objetivo deve ser ajudar os alunos a entender como os circuitos elementares funcionam em vez da análise quantitativa de circuitos (leis de Kirchhoff). Isso envolve vincular o movimento de cargas entre dois pontos de um condutor ao conceito de diferença de potencial e a transição do potencial de cargas

estáticas para o circuito CC em um estado estacionário. O papel desempenhado pela bateria é aqui um ponto crítico.

Como Benseghir e Closset (1996) afirmam: “deve-se ressaltar que a bateria mantém uma constante diferença de potencial entre seus terminais” (p. 181). Chabay e Sherwood (1995, 2002, 2006) propõem um modelo de campo que unifica eletrostática e circuitos, que relaciona campo e potencial aos circuitos DC, conforme sugerido por Härtel.

Este é um modelo microscópico da corrente elétrica baseado na mudança na densidade da superfície das cargas que gera um campo elétrico na direção do fio. A função da bateria é manter a densidade superficial da carga causada pela corrente elétrica no interior do fio. A compreensão dos fenômenos macroscópicos requer um modelo coerente de processos microscópicos (THACKER et al. 1999). As dificuldades dos alunos na análise qualitativa de circuitos elétricos podem ser superadas com mais ênfase nos processos microscópicos. A proposta de ensino de corrente elétrica baseada no modelo de campo relaciona explicitamente as medições em nível macroscópico (tensão e intensidade de corrente) com um modelo causal em nível microscópico que utiliza diferença de potencial e velocidade constante de elétrons para explicar as medidas macroscópicas.

Além disso, o papel desempenhado pelas cargas de superfície nos circuitos de corrente contínua pode mostrar aos alunos por um método gráfico desenvolvido por Muller (2012). O programa de Chabay e Sherwood, depois de passar por várias sequências, foi usado com sucesso nos primeiros anos dos cursos introdutórios de Física de eletricidade e magnetismo na universidade (Ding et al. 2006). Os alunos ensinados com esse esquema foram capazes de analisar os circuitos de uma maneira significativamente melhor em comparação com os alunos dos cursos tradicionais. Nos cursos introdutórios de Física na universidade, o ensino da teoria dos circuitos DC usando o modelo de campo também foi bem-sucedido em outros países (Hirvonen 2007).

No ensino médio, os resultados preliminares indicam que essa abordagem pode ser mais bem-sucedida do que o modelo tradicional de fluxo de elétrons (STOCKLMAYER, 2010). Furio et al. (2003) descobriram que estudantes do ensino médio cujo ensino incluía conceitos de campo elétrico mostraram uma importante melhoria na compreensão da eletrostática. Os resultados corretos desses estudantes

foram pelo menos 50% melhores do que no grupo controle, com resultados estatisticamente significativos em todos os testes comparativos.

Saarelainen e Hirvonen (2009) mostram que a compreensão do conceito de campo elétrico é necessária para a compreensão da eletrostática e, em particular, da lei de Gauss. O desempenho nesta área pode ser aprimorado levando em consideração os processos de pensamento dos alunos e aplicando os métodos sugeridos na reconstrução educacional. Silva e Soares (2007) analisaram os resultados do uso de um campo elétrico e modelo de energia potencial por alunos do 2º ano de um curso de formação de professores em Portugal. O aspecto deste modelo mostrou-se proveitoso na ponte eletrostática, circuitos DC e AC.

No ensino médio, Psillos (1998) e Psillos et al. (1988) propuseram um modelo baseado em energia potencial para explicar as relações entre fenômenos macroscópicos em circuitos CC simples e o movimento de cargas em nível microscópico. Seus resultados mostram que a abordagem melhora a compreensão dos alunos sobre como os fluxos de corrente e o comportamento de todo o circuito.

Recomenda-se que o uso desses modelos comece no currículo de eletricidade nas escolas secundárias, pois abordam três problemas principais identificados até o momento:

- a) Relações entre eletrostática e corrente;
- b) Relações entre fenômenos macroscópicos e modelos microscópicos de nível;
- c) Relações entre definições operacionais de carga, potencial e capacidade elétrica e seu significado em eletrostática e corrente.

No entanto, pouquíssimos livros didáticos do ensino médio ou universitário propõem um modelo qualitativo de eletrostática e circuitos com base no campo e na energia. Embora exista consenso entre a literatura de pesquisa sobre a insuficiência de tratamentos tradicionais, o modelo qualitativo permanece à margem do tratamento matemático usual com base nas leis de Kirchhoff.

Os livros didáticos evitam uma apresentação que relacione visões micro e macro, possivelmente porque as densidades superficiais de carga, pequenas nos circuitos CC e CA normais, são difíceis de medir em laboratório. Parece óbvio que um modelo baseado na densidade da superfície da carga no fio não é familiar para os professores e não é fácil de entender nesses níveis. Stocklmayer (2010) sugere as seguintes mudanças no ensino:

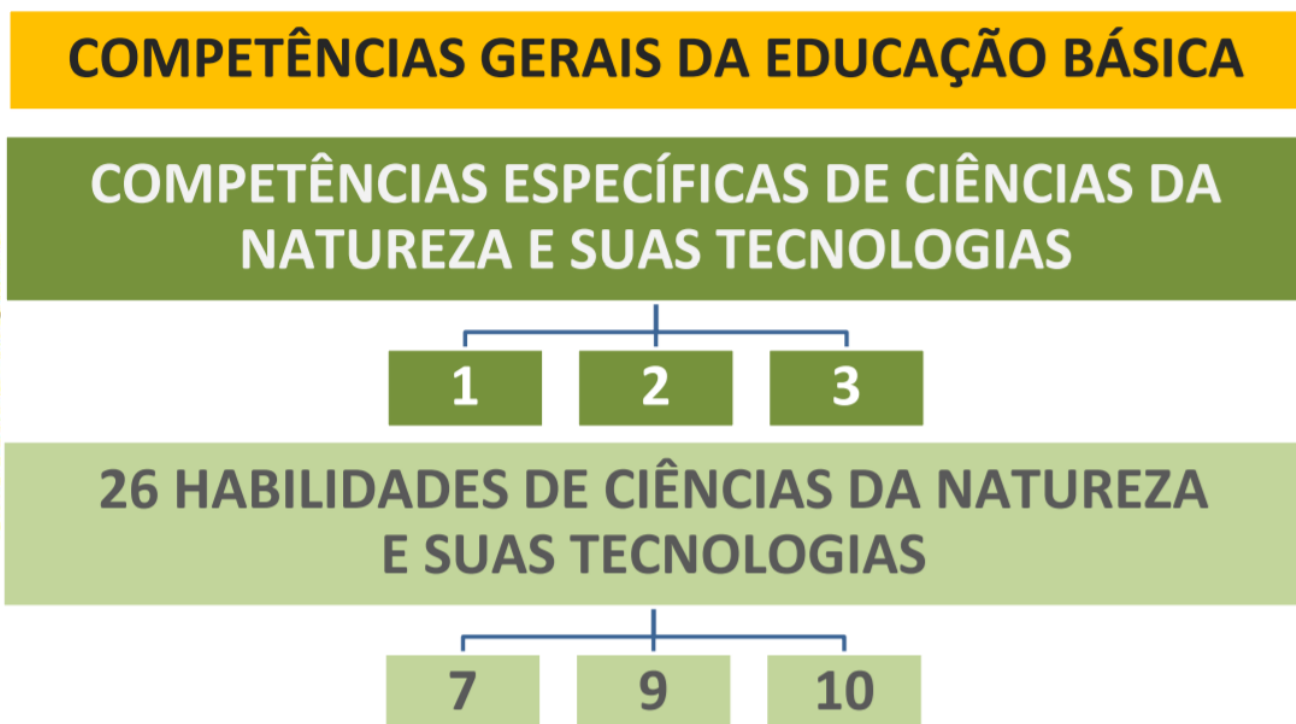
O problema com a adaptação universal do modelo de campo reside em seu desconhecimento. Não está na 'zona de conforto' de muitos professores, nem, na verdade, de muitos físicos convencionais para os quais o modelo de fluxo de elétrons se mostrou compreensível e satisfatório ... Isso exigirá o desenvolvimento de novos materiais de recursos, incluindo livros didáticos e exercícios práticos, além de extensos desenvolvimento profissional para professores (p. 1825).

3.4 O ENSINO DA ELETRICIDADE PROPOSTO PELA BNCC

Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico, bem como a compreensão dos conceitos fundamentais e estruturas constituem dois pilares importantes da Base Nacional Comum Curricular.

Da mesma forma que dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva e analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.

Figura 1 – Competências Gerais da Educação Básica



Fonte: BNCC (2019, p. 468)

Com relação aos aspectos gerais, a ênfase se dá na aprendizagem ativa: BNCC induz ao maior protagonismo do aluno na aprendizagem. (incremento do número de verbos como criar, elaborar, demonstrar X verbos mais passivos como reconhecer e identificar) e no fortalecimento do desenvolvimento integral: BNCC define 10 competências gerais que envolvem elementos acadêmicos, sociais e pessoais que norteiam todo o documento.

Figura 2 – Área na BNCC do Ensino Médio

Fonte: BNCC (2019)

A competência específica 1 diz respeito a analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

Figura 3 – Competência Específica 1
Matéria e Energia

Habilidade	Tema
101	Conservação e Transformação de matéria e energia
102	Sistemas Térmicos e variáveis termodinâmicas
103	Radiações: riscos e benefícios
104	Composição e toxicidade de materiais
105	Ciclo dos elementos, interferências e suas consequências
106	Energia elétrica: geração, transporte, distribuição e consumo
107	Equipamentos elétricos e/ou eletrônicos: geradores, bobinas, transformadores, pilhas, baterias, dispositivos eletrônicos etc.

Fonte: BNCC (2019)

Os pontos positivos da abordagem multidisciplinar adotada na BNCC são:

- Maior integração entre as disciplinas da área;
- Explicitação de aspectos normalmente não abordados em currículos tradicionais (Atividade experimental, ética na ciência, NdC, etc.);
- Possibilidade de incluir aspectos mais regionais;
- Conhecimentos de Física e química desde as séries iniciais

Os pontos negativos da abordagem multidisciplinar adotada na BNCC são:

- Não há garantia de carga horária mínima para CN no EM
- Não somos (nem fomos) formados de forma interdisciplinar
- Realidade escolar: não há professores de Ciências da Natureza para elaboração e atuação nos itinerários formativos.
- Não há previsão de políticas públicas/condições para que sejam elaborados e colocados em prática propostas de itinerários formativos.

Tabela 1 – Habilidades específicas do ensino de Física

Hab	Tema	Exemplos na Física
101	Conservação e Transformação de matéria e energia	MEC - energia e quantidade de movimento, colisões
102	Sistemas Térmicos e variáveis termodinâmicas	MEC/TERM - pressão, temperatura, umidade relativa, ciclos termodinâmicos
103	Radiações: riscos e benefícios	FMC - radioatividade, física nuclear (evolução estelar), efeitos biológicos
104	Composição e toxicidade de materiais	FMC - radioatividade, efeitos biológicos das radiações
105	Ciclo dos elementos, interferências e suas consequências	OPT/FMC - efeito estufa, camada de ozônio, efeitos biológicos
105	Energia elétrica: geração, transporte, distribuição e consumo	EM - eletrodinâmica, formas de geração de energia elétrica
106	Equipamentos elétricos e/ou eletrônicos	EM- Eletrodinâmica; eletrônica; geradores, bobinas, transformadores, pilhas, baterias, dispositivos eletrônicos etc.

Fonte: BNCC (2019)

3.5 ENSINO REMOTO DE FÍSICA USANDO LABORATÓRIOS DO PHET

O conceito abstrato de Física dificulta a visualização da exibição física do processo ou diretamente por meio de atividades nos Laboratórios reais. Um dos conceitos da Física é a eletricidade. A eletricidade é invisível, não podemos ver o movimento dos elétrons (transportadores de cargas elétricas) na transmissão, bem como difícil de aprender e para ser ensinada de verdade (KORGANCI et.al, 2014).

É difícil utilizar um computador para simular um circuito elétrico simples na aprendizagem significativa para alunos (DORNELES et.al, 2010). Utilizar o computador para simular algo complicado é chamado de laboratório virtual (MAHANTA, SARMA, 2012).

Simulações e modelos de computador podem ajudar os alunos a compreender vários conceitos da ciência abstrata (SARABANDO et.al, 2014; PFEFFEROVA, 2015; BAJPAI, 2015). Laboratórios virtuais fazem com que os alunos

adquiram experiência como se fosse um verdadeiro laboratório de experimentos (MARTINEZ et.al, 2011).

A seguir é apresentado um exemplo de kit de construção de circuitos elétricos DC simples, usando o PhET.

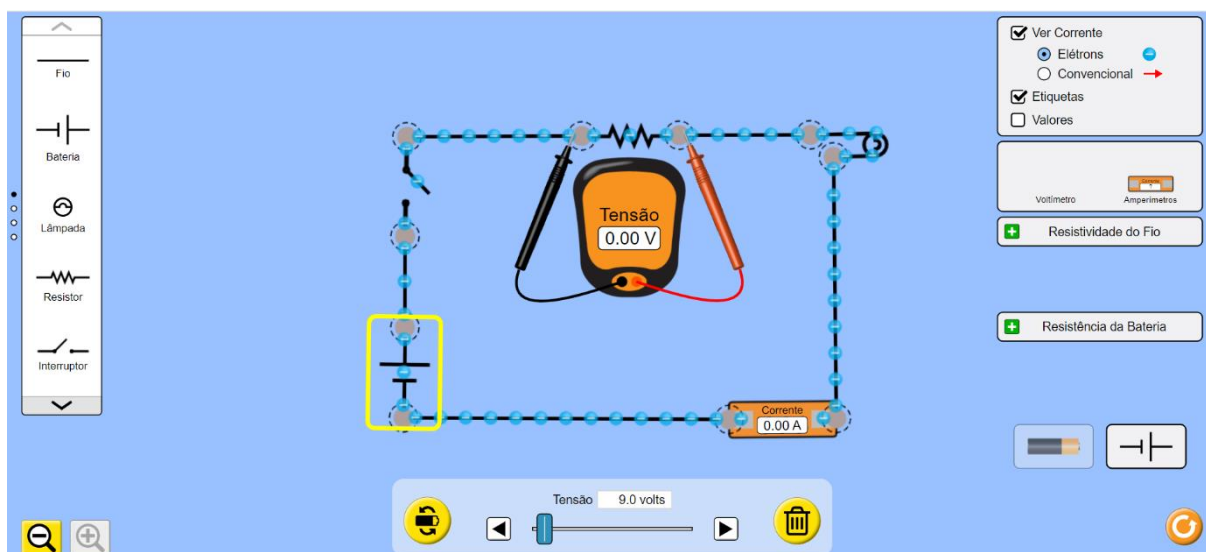
Figura 4 – Kit de Construção de circuitos DC no PhET



Fonte: Site PhET

A interface é bastante amigável e intuitiva, bastando apenas arrastar os componentes para a montagem do circuito.

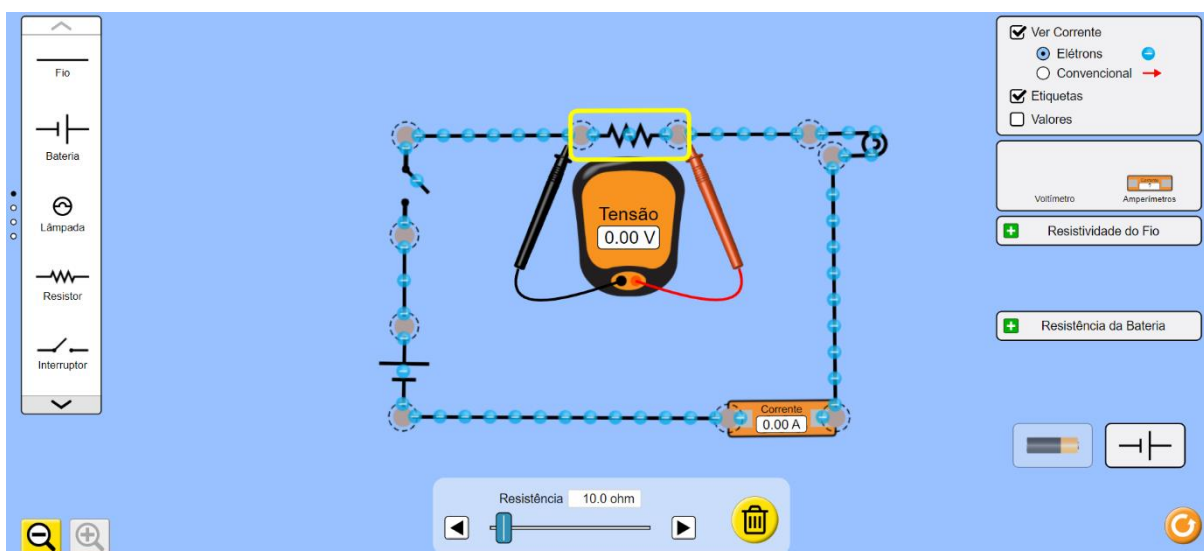
Figura 5 – Montagem de um circuito DC simples no PhET



Fonte: Elaboração própria no Site PhET

Simplemente clicando em cada componente, são exibidas opções de configuração das características dos componentes. No exemplo mostrado na figura 5, a fonte de alimentação foi configurada para 9 volts. Na figura 6, o resistor foi configurado para 10 ohms.

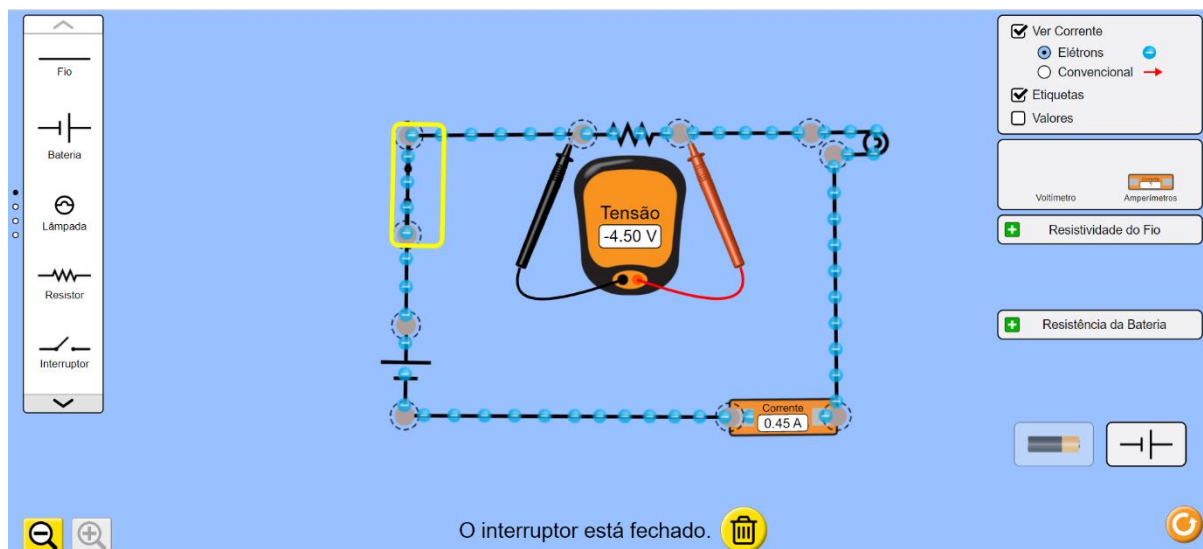
Figura 6 – Configuração dos componentes no PhET



Fonte: Elaboração própria no Site PhET

Ao fechar o interruptor, os valores de tensão e corrente são exibidos no voltímetro e no amperímetro respectivamente, além da animação mostrando o sentido a direção da corrente.

Figura 7 – Fechamento do circuito no PhET

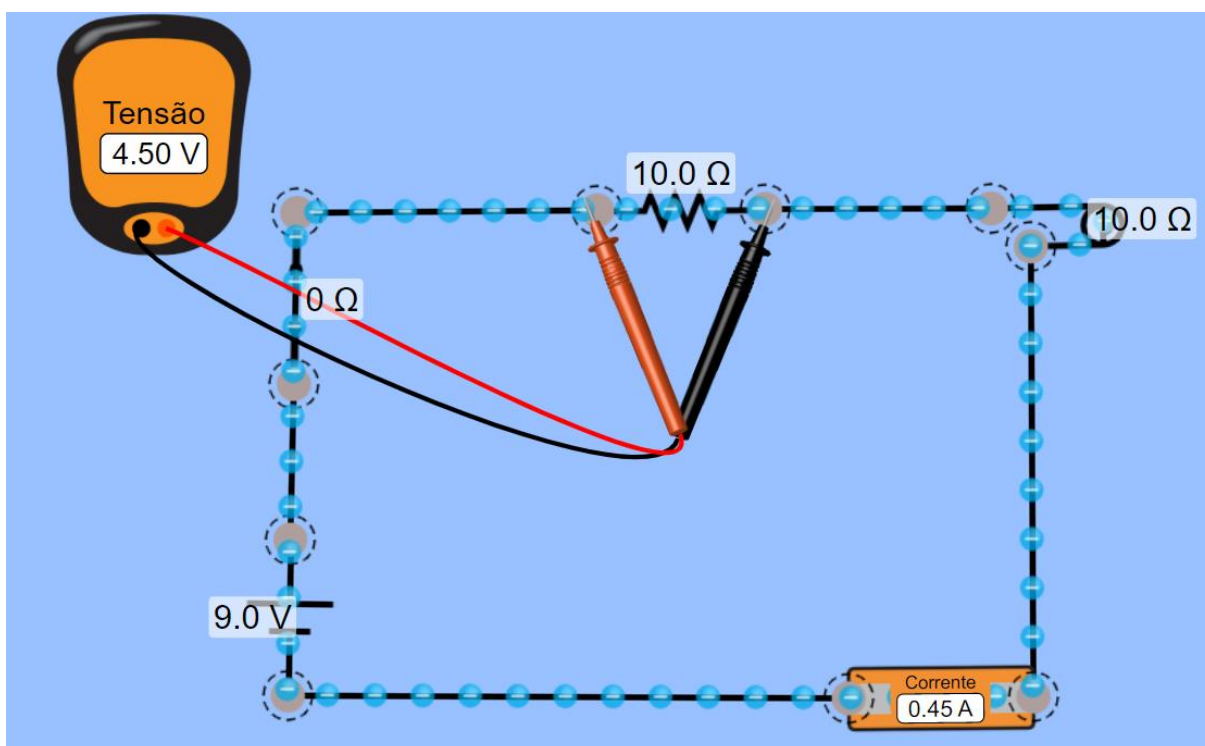


Fonte: Elaboração própria no Site PhET

Conforme mostrado na figura 7, a tensão apresentada é negativa (-4,5 volts). Nesse caso, o aluno pode facilmente identificar que o terminal negativo do voltímetro está conectado no terminal positivo da bateria e um exercício pode ser inverter os terminais e verificar o que acontece. Outro exercício que pode ser proposto ao aluno é identificar porque a tensão sobre o resistor é de -4,5 volts se a bateria é de 9 volts.

Conforme podemos ver na figura 8, a resistência da lâmpada também é de 10 ohms, o que totaliza uma resistência do circuito em 20 ohms, gerando uma corrente de $9,0 \text{ volts} / 20,0 \text{ ohms} = 0,45 \text{ Ampères}$ e, portanto a tensão no resistor e na lâmpada é de $0,45 \text{ Ampères} \times 10,0 \text{ ohms} = 4,5 \text{ volts}$.

Figura 8 – Inversão dos terminais do voltímetro e apresentação dos valores no circuito



Fonte: Elaboração própria no Site PhET

Este é somente um exemplo das possibilidades de utilização do Laboratório Virtual para aplicar os conceitos estudados, com a facilidade de alteração dos parâmetros e análise dos efeitos.

As estratégias básicas para utilização de Laboratórios Virtuais correspondem efetivamente às de todo ensino eficaz. Estas estratégias são discutidas nas diretrizes para a criação de atividades baseadas em pesquisas. Resumidamente, eles incluem:

- 1) definir objetivos específicos de aprendizagem;
- 2) encorajar os alunos a usar a criação de sentido e o raciocínio;
- 3) conectar-se e desenvolver o conhecimento e compreensão prévios dos alunos (incluindo abordar possíveis equívocos);
- 4) conectar-se e compreender as experiências do mundo real;
- 5) encorajar atividades colaborativas produtivas;
- 6) não restringir a exploração do aluno;
- 7) exigir raciocínio / criação de sentido em palavras e diagramas (ou seja, múltiplas representações);
- 8) ajudar os alunos a monitorar sua compreensão.

Com relação às maneiras de utilização do PhET no ensino, pode ajudar a introduzir um novo tópico, construir conceitos ou habilidades, reforçar ideias e fornecer revisão final e reflexão. Os laboratórios virtuais são únicos na maneira como podem confundir os limites entre aula, lição de casa, atividades em sala de aula e laboratório, porque pode ser usado em maneiras em tudo isso. Eles também podem fornecer uma visualização comum entre alunos e professores que pode facilitar toda a comunicação e instrução (ADAMS; PAULSON; WIEMAN, 2009).

Podem ser usados como simples ilustrações animadas em testes de conceito ou na forma de demonstrações interativas em sala de aula. Como uma ilustração animada, a ferramenta mostra o processo e pode ser desacelerada ou acelerada dependendo do conceito que está sendo mostrado.

O que é invisível (fótons, elétrons, campos, ...) podem ser tornados visíveis; e múltiplas representações podem ser claramente vinculadas. Com os testes de conceito, o professor apresenta uma questão. Normalmente, os alunos discutem a questão com seus vizinhos e votam na resposta.

Talvez a maneira mais eficaz de usar esse tipo de ferramenta em aulas seja começar com o professor colocando um cenário e pedindo aos alunos para escreverem suas previsões.

Depois que os alunos escreverem previsões individuais, eles conversam com seus vizinhos para chegar a uma previsão final para seu grupo. O professor então pede para ouvir as previsões da classe e então executa a simulação. Depois de os alunos veem o que a simulação faz, escrevem o que aconteceu e como foi diferente de suas previsões. Finalmente, há uma discussão em toda a classe sobre o que eles viram e por que faz sentido com base nas ideias da Física.

O uso de simulações em palestras em quase todas as formas leva a um grande número de perguntas espontâneas dos alunos. Os alunos costumam fazer perguntas do tipo "e se", e sobre novos experimentos que gostariam que o professor fizesse com o simulador para que eles pudessem ver os resultados .

Embora os simuladores ofereçam muitos dos mesmos benefícios de fazer demonstrações usando equipamentos reais, eles possuem várias vantagens adicionais:

- 1) eles podem ser usados em salas de aula onde o equipamento real não está disponível ou é impraticável de configurar;

- 2) eles podem ser usados para fazer "Experimentos" que são impossíveis de fazer de outra;
- 3) é fácil mudar as variáveis em resposta às perguntas dos alunos que seriam difíceis ou impossíveis de mudar com aparato real;
- 4) eles podem mostrar o invisível e conectar explicitamente múltiplas representações;
- 5) os alunos podem executar o simulador em seus próprios computadores em casa para repetir ou estender os experimentos da aula para esclarecer e fortalecer sua compreensão.

Quando possível, é ainda mais eficaz fazer com que os alunos trabalhem em pares com os seus próprio computador e manipular o simulador eles próprios. Os simuladores são cuidadosamente projetados e testados para serem fáceis de usar e envolvente para os alunos (ADAMS; PAULSON; WIEMAN, 2009).

As atividades em sala de aula com simuladores podem incluir uma ampla gama de tipos de atividades (Circuit Construction Kit Activities). O objetivo de todos esses tipos é fazer perguntas que irão encorajar os alunos a explorar o comportamento do simulador, raciocinar por meio de suas ideias e desenvolver o modelo mental correspondente.

Um formato frequentemente usado é dar aos alunos uma sequência de desafios (muitas vezes usando uma abordagem "prever-testar-confirmar ou ajustar o pensamento") relacionadas ao simulador, frequentemente com algum componente de conexão do mundo real (EM Wave Tutorial).

Frequentemente, pode ser atribuída lição de casa baseada em simulação depois de usar essa ferramenta em uma atividade em sala de aula atividade. No entanto, as questões de dever de casa baseadas em simulação também podem fornecer uma exploração introdutória de um tópico antes que os alunos o vejam na aula.

As simulações são únicas porque seu design permite que as tarefas de casa usem com sucesso uma abordagem de investigação guiada sem a presença de um professor.

Este suporte integrado também permite que os professores incluam questões de dever de casa que pede aos alunos para estender seu aprendizado além do que é possível em um dever de casa padrão problema, fazendo-os explicar fenômenos

relacionados, mas diferentes do que eles viram na aula ou no livro didático (por exemplo, explorando ideias sobre resistência e corrente elétrica).

Os “laboratórios” de simulação permitem a exploração que não seria prática com equipamentos reais. Por exemplo, com Energy Skate Park, os alunos exploram a conservação de energia com diferentes variáveis (forma da pista, altura inicial e velocidade do patinador, massa do patinador e atrito). Os alunos podem repetir experimentos rapidamente e explorar rapidamente o efeito de muitos parâmetros diferentes. Eles podem até comparar o skate na lua ou em Júpiter com o skate na Terra.

Existem algumas características únicas dos simuladores que podem ser capitalizadas ao projetar atividades. As diferenças mais significativas em relação a outras mídias são que eles são bastante envolventes e os modelos do tipo especialista são tornados mais explícitos. Além disso, considerável orientação e feedback são incorporados ao simulador (apenas parâmetros específicos podem ser ajustados e os alunos veem uma resposta imediata às mudanças).

Essa orientação implícita pode reduzir o tempo que os alunos gastam "travando" tentando descobrir as coisas. Além disso, significa que os alunos podem ir muito mais fundo no material sem orientação explícita ou feedback do professor.

No entanto, a quantidade de orientação sobre a ciência fornecida pelo simulador e quantidade que o professor precisa fornecer depende da ferramenta específica e do histórico dos alunos.

Essas características únicas tornam um ambiente de aprendizado único. Os alunos vão explorar de forma mais produtiva por conta própria do que os livros ou a maioria dos experimentos de laboratório (Adams, Paulson, Wieman, 2009).

4 PERCURSO TEÓRICO METODOLÓGICO

Esta seção apresenta o caminho metodológico seguido, configurando-se nas ações desenvolvidas para caracterizar a natureza e o tipo de pesquisa, o contexto, os participantes e os procedimentos ou técnicas específicas usadas para identificar, selecionar, processar e analisar informações, visando o alcance dos objetivos e das respostas para as indagações acerca da possibilidade de um guia didático utilizando experimentos virtuais de circuitos elétricos do PhET colaborar com o processo de ensino e eletricidade em aulas remotas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia utilizada na pesquisa foi de abordagem quantitativa. A natureza da pesquisa é aplicada, que se caracteriza por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade. (LAKATOS; MARCONI, 2017).

Para melhor tratamento dos objetivos e apreciação desta pesquisa, observamos que ela é classificada como pesquisa explicativa. De acordo com Costa (2015, p. 36) ,“é a pesquisa que busca esclarecer os fatores que contribuem de alguma forma para ocorrência de algum fenômeno”. Rudio (2002), “explicar é dizer o que acontece.”

Desse modo, a pesquisa foi realizada sob forma de estudo de caso, explicando, no que lhe concerne, os fatores que causam o fenômeno, aprofundando o conhecimento da realidade explicando o porquê das coisas.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DA PESQUISA

Para fins da delimitação do campo empírico de pesquisa, optou-se-se por realizar o estudo na Universidade Federal do Piauí de modo remoto com os professores que estão no curso do Programa de Pós – Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF-UFPI).

4.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Os participantes da pesquisa foram 21 professores de física, alunos do Programa de Pós – Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Piauí (UFPI) das turmas de 2018, 2019 e 2020 que trabalharam de forma remota no ano de 2020.

4.4 INSTRUMENTOS DE DE DADOS PRODUÇÃO

Para produção e coleta dos dados utilizamos a Plataforma *Google* Formulários com um questionário inicial com questões fechadas, aplicado a avaliação diagnóstica e um questionário final para a avaliação do método de ensino após a aplicação do guia didático para aquisição de dados para posteriores análises.

Para tornar nosso trabalho transparente e acessível, disponibilizamos os instrumentos de pesquisa e o guia didático em um site preparado para nos dá suporte, o mesmo pode ser acessado no endereço: <https://sites.google.com/view/guiadidaticomnpefcristian>.

4.4.1 Questionário

Conforme Gil (2008), questionário é uma ferramenta de investigação composta por um conjunto de perguntas que são submetidas a pessoas com propósito de obter informações sobre conhecimentos, sentimentos, valores, interesses, perspectivas, comportamentos, etc.

Assim, podemos afirmar que o questionário obteve informações sobre o sujeito pesquisado, sobre os conceitos, as metodologias e práticas investigadas. Essa ferramenta apresentou duas grandes vantagens: possibilidade de atingir grande número de pessoas e garantia de anonimato das respostas.

4.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS

A abordagem do tratamento da coleta de dados do estudo foi quantitativa, haja vista que requer o uso de recursos e técnicas de estatística, procurando traduzir

em números os conhecimentos gerados pelo pesquisador. Existiram gráficos, opinião dos entrevistados com questões fechadas.

A pesquisa foi realizada através de questionários virtuais, disponibilizado no site (<https://sites.google.com/view/guiadidaticomnpefcristian>) do trabalho (por um formulário, elaborado a partir do *Google* Formulários, aplicativo do *Google* que permite a criação, compartilhamento e disponibilização de formulário na web) e encaminhado aos docentes, e respondido durante os meses de dezembro de 2020 e fevereiro de 2021.

O universo de pesquisa compreendeu 21 respostas obtidas dos docentes. Este questionário foi a ferramenta metodológica que norteou a pesquisa, sendo que sua elaboração visou discutir questões relativas à criação de um guia didático para utilização do PhET nas aulas remotas.

4.6 GUIA DIDÁTICO PARA PROFESSORES: A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR PHET NO ENSINO DE ELETRICIDADE EM AULAS REMOTAS

O Produto Educacional apresentado ao MNPEF é um guia didático com um manual de orientações aos professores interessados em utilizar esse recurso educacional como estratégia de ensino, bem como as atividades relacionadas aos conteúdos de eletricidade.

4.6.1 Elaboração do Produto Educacional

O produto educacional (PE) se apresenta como um diferencial de mediação no processo de ensino e aprendizagem, haja vista que, através do mesmo pode-se aplicar conhecimentos e curiosidade dos alunos acerca dos conteúdos de eletricidade, das simulações, dos cálculos e da imediata visualização do resultado mediante essas citadas trocas de informações via mediação tecnológica do que está escrito no caderno.

Nesse sentido, tem como principal ferramenta, o manual de instrução, mostrando ao professor como ele pode utilizar as simulações virtuais do PhET passo a passo. Contempla também os recursos disponíveis em uma simulação de modo

detalhado. O guia está disponível no site, <https://sites.google.com/view/guiadidaticomnpefcristian>.

4.6.2 Análise das atividades desenvolvidas

Inicialmente aplicamos um questionário utilizando o Google Formulário, disponibilizado via email e whatsapp. O Guia didático foi apresentado aos professores através de uma sessão virtual via Google Meet.

A necessidade de se realizar a reunião remota se dá devido ao período de pandemia devido à Covid-19, o que impossibilita encontros presenciais para evitar a propagação da contaminação e disseminação da enfermidade.

Como conclusão da implantação do Produto Educacional, temos a aplicação do questionário final para a verificação das consequências do aprendizado utilizando a Plataforma PhET e seus efeitos no aprendizado dos alunos.

As tabelas com as variáveis, definidas nos objetivos deste trabalho, para elaboração de gráficos estatísticos de comparação do antes e depois da metodologia de ensino do guia didático da pesquisa.

5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DO ESTUDO

A análise e a interpretação dos questionários têm a finalidade explicar as conclusões obtidas após examinar os questionários devolvidos, tendo como critério os objetivos norteadores da pesquisa e a teoria que o fundamenta.

5.1 DIAGNÓSTICO DO ENSINO DE FÍSICA

Nessa etapa do estudo, foram aplicados e devolvidos 21 questionários preenchidos, por meio do qual foi possível identificar algumas informações do perfil dos participantes da pesquisa, tomando como base: a) a cidade e estado que trabalha; b) a qual rede de ensino que atua, Pública ou Privada, informando aquela que tem a maior carga horária.

Sobre o primeiro item, cidade e estado onde trabalha, conforme os resultados apresentados na Tabela 2, do universo pesquisado, todos os 21 professores

afirmaram que trabalharam ou ainda trabalham de modo remoto no período pesquisado. Esse dado nos indica que apesar de ter havido paralisações mundiais em diversas áreas, o processo de ensino e aprendizagem se manteve de forma remota. Dessa forma, ao analisar as respostas, obtemos a seguinte distribuição dos locais de trabalho conforme exposto na tabela 2.

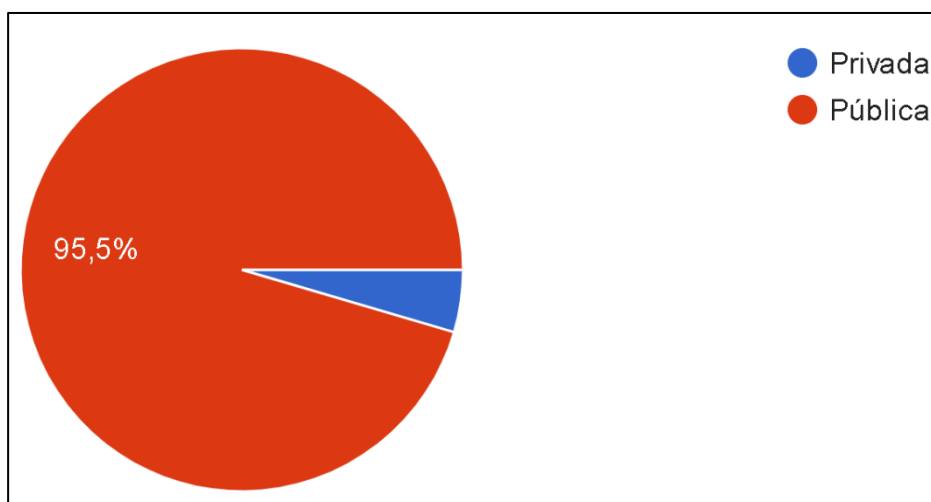
Tabela 2 – Distribuição dos locais de trabalho dos professores pesquisados

LOCAL DE TRABALHO	Contagem de LOCAL DE TRABALHO
Afonso Cunha-MA	1
Barra do Corda-MA	1
Caxias-MA	1
Coelho Neto-MA	2
Coroatá-MA	4
Jatoba-MA	1
Teresina-PI	9
Timon-MA	2
TOTAIS	21

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

É possível perceber que 12 (54%) participantes não trabalham no Piauí, sendo divididos entre sete cidades do Estado do Maranhão, Os outros nove professores participantes da pesquisa tem a cidade de Teresina como local de trabalho de maior carga horária, o que não impede de também atuar em outras cidades do mesmo estado ou estados vizinhos, a exemplo do Maranhão. Essa captura de dados relativos a profissionais de dois estados distintos engrandece os resultados da pesquisa por apresentar dados relativos a três realidades distintas.

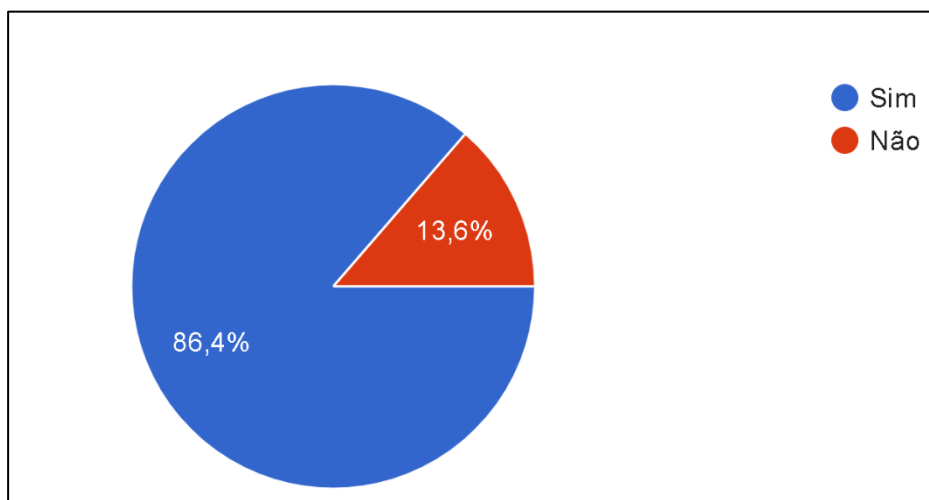
Quando os pesquisados são analisados tomando como base a rede de ensino a qual pertencem, do total de professores que responderam a nossa pesquisa 95,5% trabalham na rede pública de ensino, ou seja, a maioria, conforme está representado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Rede de Ensino que você atua

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Na pesquisa, perguntamos aos entrevistados: Trabalha ou trabalhou esse ano de 2020 com 3ª série do ensino médio de modo remoto? Esse questionamento foi feito com a intencionalidade de averiguar uma informação bem específica, que é a delimitação, pois o número de simulações presentes no site do projeto PhET é muito extenso, apresentando simulações interativas para a Ciência e a Matemática, abordando temas relativos a Física, Química, Biologia e a Ciências da Terra, além da Matemática, como já mencionado.

Dessa forma, decidimos apresentar apenas uma simulação que abrange o conteúdo de eletricidade, que é ministrador na citada série. Ao analisar os questionários devolvidos, é possível observar que tivemos 86,4% dos participantes atuaram com a 3ª série do Ensino Médio e os demais, cerca de 13,6%, responderam que não atuaram como professores da série em questão, conforme está representado no gráfico 2 a seguir.

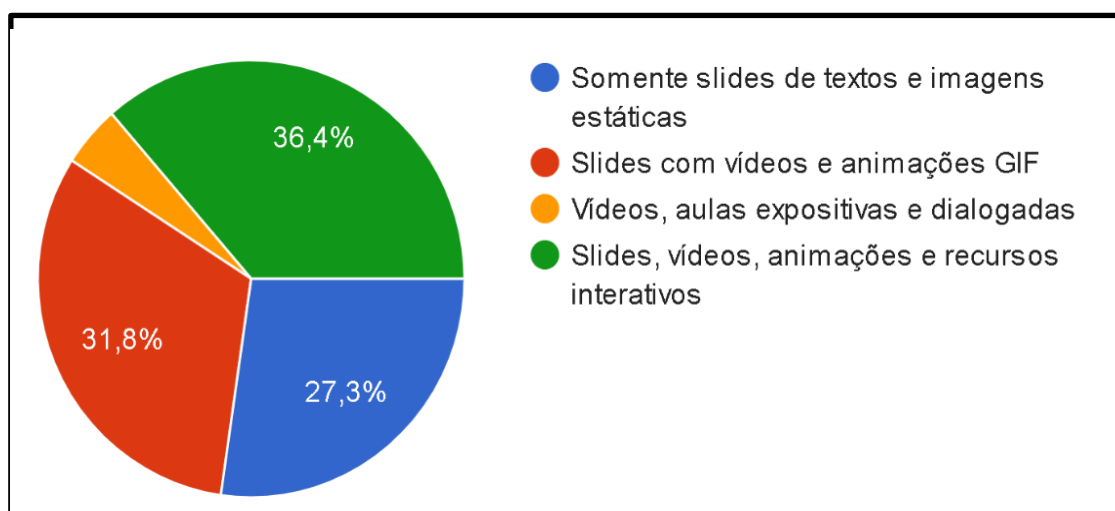
Gráfico 2 – Trabalhou ou trabalha com a 3ª série do ensino médio no modo remoto

Fonte:

Dados da Pesquisa (2021).

Chegamos a um ponto bastante importante em nossa pesquisa, pois os professores foram pegos de surpresa no meio de uma pandemia, mesmo aqueles que tinham acesso e facilidade com recursos tecnológicos, tiveram que usar o máximo desses no dia a dia, o que não era familiar para muitos conforme o que se pode verificar com a resposta da questão 2: Qual foi ou é o principal material didático utilizado para as suas aulas remotas?

Como resposta tivemos o que está presente no gráfico 3:

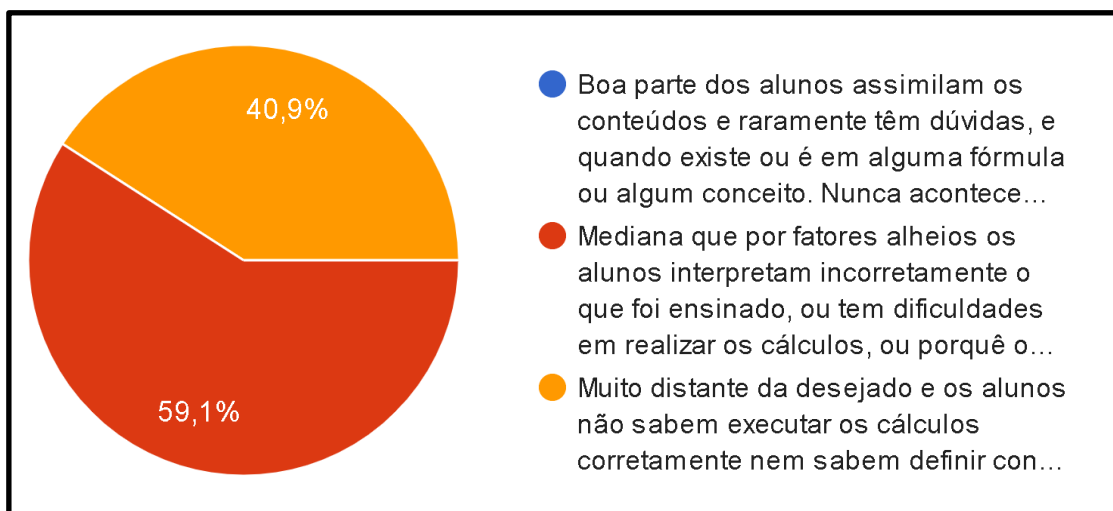
Gráfico 3 - Principal material didático utilizado para as suas aulas remotas

Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Conforme o gráfico 3, observa-se que a utilização de vídeos com aulas expositivas e dialogadas foram o recurso menos utilizado, com 4,5%, por parte dos professores, sendo os demais itens apresentados maior grau no emprego durante as atividades remotas, sendo o destaque maior para slides, vídeos, animações e recursos interativos com 36,4% entre os docentes participantes da pesquisa.

A próxima questão da pesquisa aborda o aspecto da análise quantitativa do diagnóstico realizado pelos professores no âmbito do ensino remoto: “Seu diagnóstico sobre a aprendizagem dos alunos, independente dos instrumentos (provas, trabalhos, ...) nos mostra que houve aproveitamento (de)”, a verificação mostrou que mais da metade dos pesquisados, exatamente 59,1% indicaram um aproveitamento mediano das aulas remotas e 40,9% responderam que suas análises de diagnósticos realizadas pelos diferentes meios mostraram que o aproveitamento das aulas remotas foram: “Muito distante do desejado e os alunos não sabem executar os cálculos corretamente nem sabem definir conceitos teóricos corretamente, por mais que você se esforce.” E 0% dos entrevistados informaram êxito. A informação analisada está representada no gráfico 4 a seguir:

Gráfico 4 - Diagnóstico sobre a aprendizagem dos alunos e seu aproveitamento

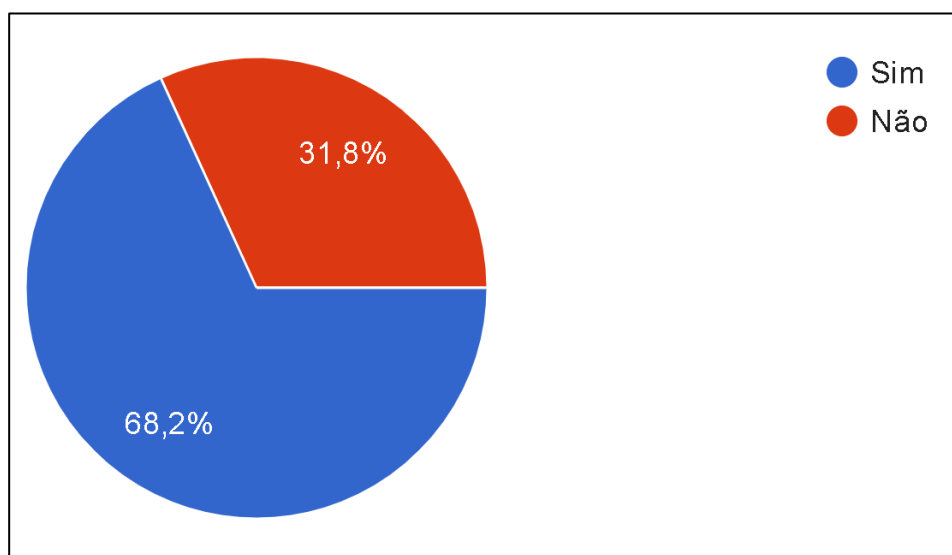


Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Com o gráfico 5, é possível perceber que a maioria dos professores entrevistados sentiu dificuldade em encontrar material didático para facilitar o ensino de eletricidade no ensino remoto, foram 68,2% dos entrevistados, como podemos conferir na seguinte pergunta e sua respectiva resposta: “Você sentiu dificuldade em

encontrar material didático como roteiro, guia ou algo que pudesse facilitar o ensino de eletricidade nas aulas remotas?”

Gráfico 5 – Sentiu dificuldade de encontrar material didático

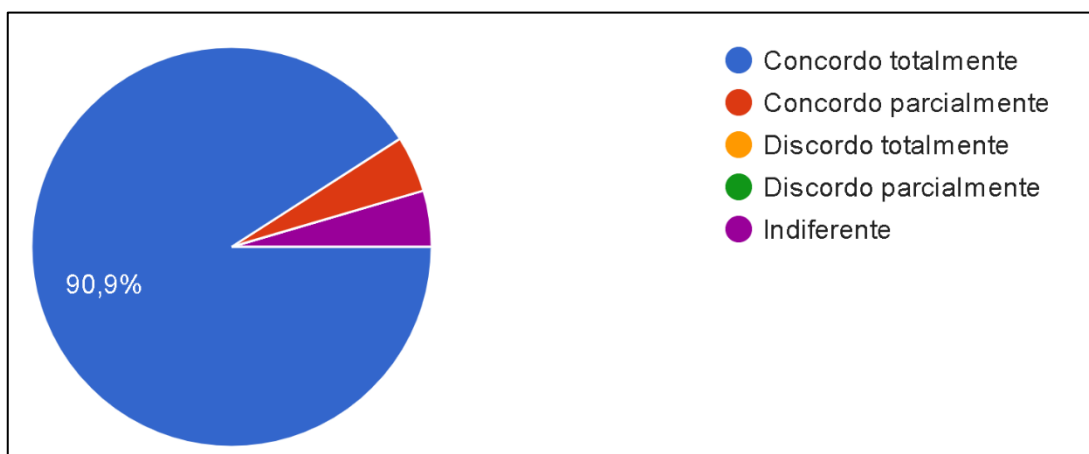


Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

E a última questão justifica a criação do nosso produto educacional, pois 90,9% dos entrevistados concordam totalmente com a criação do nosso material aqui apresentado na pesquisa como Produto Educacional.

Dados que embasaram a necessidade de criação do Guia: “Você acha interessante que tenha um material auxiliar para tornar as aulas de eletricidade da 3ª série do ensino médio mais atraente?”

Gráfico 6 – Acha interessante ter material auxiliar de eletricidade



Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Após a etapa de diagnóstico, apresentamos o nosso produto Educacional, através de convite via link do Google Meet e compartilhamento do site onde o referido guia está armazenado (<https://sites.google.com/view/guiadidaticomnpefcristian>).

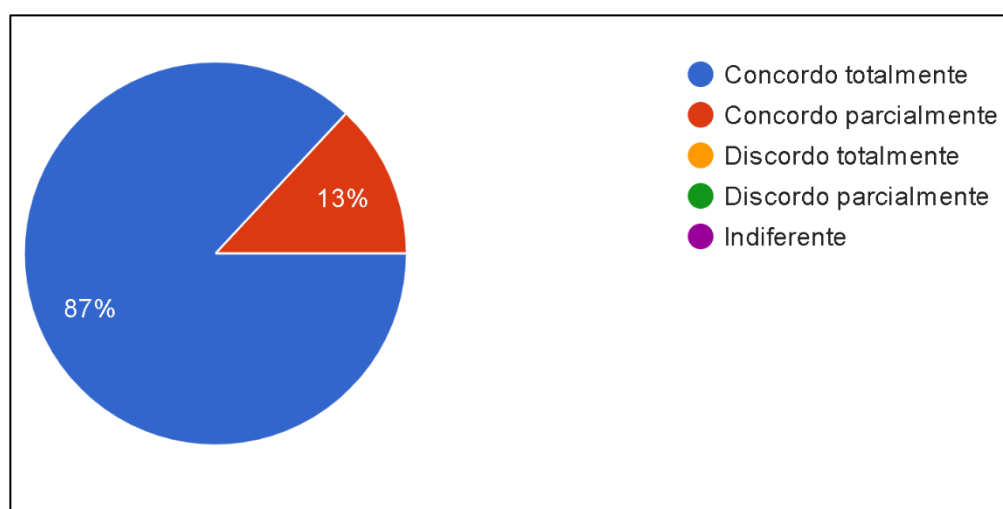
Após a análise do Guia os participantes da pesquisa foram convidados a preencher um questionário de avaliação do produto educacional, conforme está apresentado no tópico a seguir.

5.2 AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Após a apresentação do produto educacional, coletamos informações a respeito dos resultados da utilização do mesmo, na primeira pergunta questionou-se: 1. O guia didático possibilita a melhoria de ensino através das aulas remotas?

Conforme demonstrado no gráfico 7 abaixo, 87% dos professores consideraram o Guia como um Produto Educacional que sim possibilita totalmente a melhoria do ensino através das aulas remotas, e apenas 13% opinaram que o produto melhora o ensino de modo parcial.

Gráfico 7 – O guia didático possibilita a melhoria de ensino através das aulas remotas?

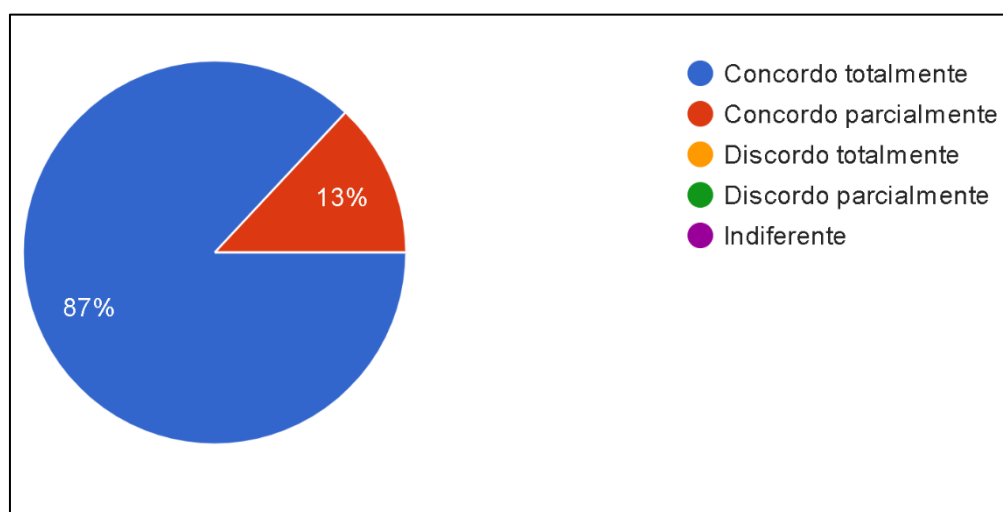


Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

A seguir o nosso questionamento tem como objetivo avaliar a qualidade do texto produzido no Produto Educacional com a seguinte pergunta: 2. O texto utilizado no guia é didático e objetivo?

Conforme está ilustrado no gráfico 8, pode-se constatar que também 87% do entrevistados consideram que o Produto Educacional possui o texto didático e objetivo e 13% responderam que concordam parcialmente com a resposta.

Gráfico 8 - O texto utilizado no guia é didático e objetivo?

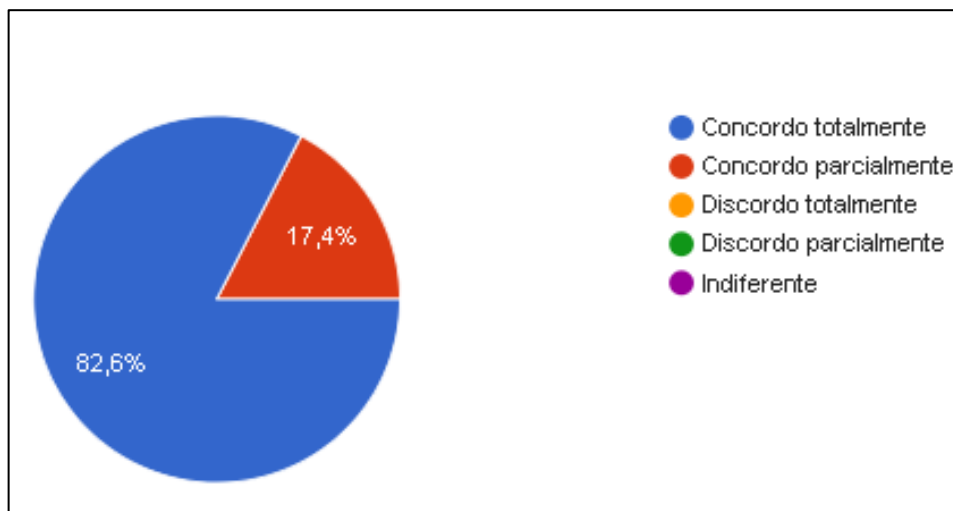


Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

Em seguida a pergunta analisa a funcionalidade e a praticidade do produto educacional com a questão: 3. A sequência de conteúdos do guia didático possibilita que o professor mesmo que não tenha muita facilidade e/ou hábito de usar o site do PhET possa acessar o mesmo?

Para o questionamento acima 82,6% dos entrevistados afirmaram que haviam concordância total e 17,4% estavam de acordo, mas parcialmente, o que se pode visualizar no gráfico 9, a seguir:

Gráfico 9 - A sequência de conteúdos do guia didático possibilita que o professor mesmo que não tenha muita facilidade e/ou hábito de usar o site do PhET possa acessar o mesmo?

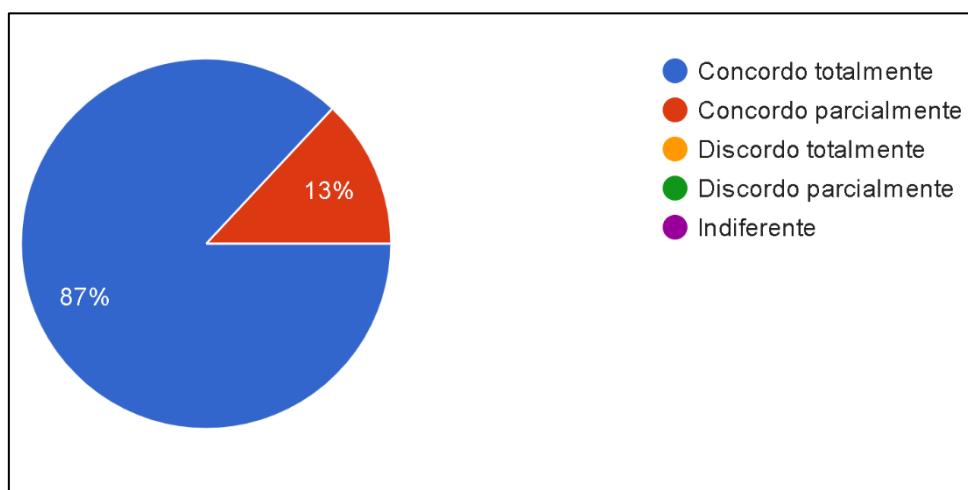


Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

O questionamento a seguir refere-se a respeito da qualidade das imagens e ilustrações do Produto Educacional com a seguinte pergunta: 4. O guia didático possui figuras, imagens ou ilustrações suficientes que auxiliam o professor conhecer o site, as simulações e os recursos?

O percentual manteve-se constante conforme está ilustrado no gráfico 10, pode-se constatar que também 87% do entrevistados consideram que o Produto Educacional possui imagens e ilustrações suficientes e 13% responderam que concordam parcialmente com a resposta.

Gráfico 10 - O guia didático possui figuras, imagens ou ilustrações suficientes que auxiliam o professor conhecer o site, as simulações e os recursos?

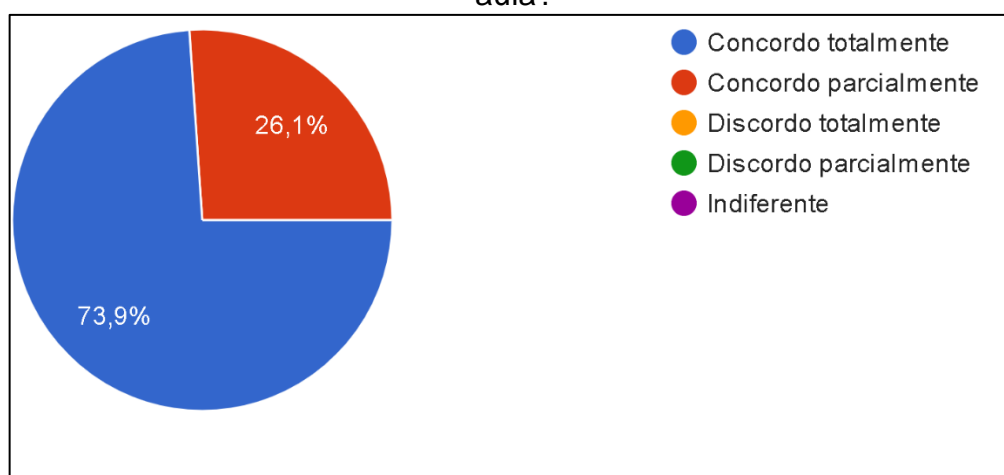


Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

O aspecto analisado a seguir é do segmento dos Parâmetros Curriculares Brasileiros (PCN) que trata da temática transversal do nosso Produto Educacional com a seguinte pergunta: 5. O guia didático possibilita a abordagem dos temas transversais dos PCN's que é a aplicação prática virtual para compreensão da teoria abordada em aula?

Como demonstrado no gráfico 11 a seguir 73,9% dos entrevistados afirmaram positivamente que concordam totalmente com o enunciado e 26,1% concordam apenas de modo parcial

Gráfico 11 - O guia didático possibilita a abordagem dos temas transversais dos PCN's que é a aplicação prática virtual para compreensão da teoria abordada em aula?



Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

E para finalizar nossa avaliação do produto educacional perguntamos aos nossos entrevistados a respeito da abordagem didática com o uso do nosso guia com a seguinte pergunta: Após a análise do guia didático você sentiu mais confiança para realizar atividades tais como simulações do PhET em suas aulas remotas? Para 73,9% dos professores eles concordam totalmente e 26,1% concordam parcialmente.

Após a apresentação dos resultados e da análise e interpretação dos dados coletados através da pesquisa, será apresentada a conclusão na próxima seção.

7 CONCLUSÃO

Todo trabalho de pesquisa tem como origem uma situação problema a qual se deseja resolver ou dar as melhores alternativas possíveis de encaminhamento para ela, com o incremento do conhecimento científico a partir da empiria, refletindo a situação com novo olhar, por meio da lente do pesquisador e de conhecimentos teóricos metodológicos.

No ano de 2020, os professores em decorrência da pandemia, COVID-19, precisaram ministrar aulas remotas em tempo integral. Essa prática ainda não havia sido realizada com essa proporção, pois todos estávamos acostumados com o ensino básico sendo ministrado e acompanhado cotidianamente de modo presencial, isto não foi mais possível devido à epidemia da Covid-19. Nesse contexto apresentamos a situação problema, objeto de nosso trabalho de pesquisa, ensino de eletricidade na 3ª série do ensino médio.

Na matriz curricular do curso de ensino Médio temos disciplinas e práticas de laboratórios didáticos, tanto físicos como virtuais, mas, devido a uma carga horária reduzida e ausência de materiais didáticos objetivos, simples e de fácil acesso, essas são metodologias pouco utilizadas pela maioria dos professores, conforme foi constatado neste estudo. A questão problema foi: “Quais as possibilidades do uso de um guia didático, com experimento virtual de circuitos elétricos do PheT, para o ensino dos conteúdos de eletricidade no 3º ano do Ensino Médio, na mediação das aprendizagens em aulas remotas de física?” Com essa questão partimos para as investigações que pudessem nos ajudar a respondê-la a partir dessa e pesquisa. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel foi utilizada como nosso suporte teórico. Sua contribuição se caracteriza como norteadora a fim de proporcionar aporte teórico e metodológico aos procedimentos adotados.

Nosso objetivo geral foi elaborar um guia didático para professores utilizando o simulador PHeT para ensino da eletricidade em aulas remotas. Essa produção foi embasada nos achados após aplicação do questionário inicial para o diagnóstico da realidade vivenciada pelos professores e alunos no processo de ensinar e aprender.

Com a finalidade de abordar nosso primeiro objetivo específico de pesquisa: Identificar as dificuldades dos professores no ensino de eletricidade, aplicamos um questionário cujo título é: Questionário 01 – Diagnóstico. Nele 90,9% dos

entrevistados responderam que concordam totalmente com a seguinte pergunta: Você acha interessante que tenha um material auxiliar para tornar as aulas de eletricidade da 3ª série do ensino médio mais atraentes? O percentual nos ratifica a necessidade de criação do nosso Produto Educacional.

68% dos professores pesquisados nos responderam que têm domínio do conteúdo de eletricidade na 3ª série do ensino médio, mas através de suas métricas avaliativas consideraram que o aprendizado nesse período foi: “Mediano que por fatores alheios os alunos interpretam incorretamente o que foi ensinado, ou tem dificuldades em realizar os cálculos”, essa afirmação foi contabilizada e atribuída a 60% dos entrevistados. Assim constatamos que mesmo os professores mais experientes com domínio de conteúdo e de métodos de ensino de sala aula, não estavam conseguindo atingir seu objetivo de ensino e aprendizagem durante as aulas remotas. Portanto a utilização do laboratório virtual do projeto PhET tem a possibilidade de potencializar as aulas remotas nesse período.

Nosso Produto Educacional tem como público alvo os professores de física que ministram aulas remotas na 3ª série do ensino médio com a finalidade de melhorar o ensino remoto. Para o segundo objetivo específico ser atingido, apresentamos o guia aos professores participantes através de sessão remota via Google Meet. Na oportunidade comunicamos a disponibilidade de um site que fora criado especificamente para armazenar e divulgar o Produto Educacional. O guia está disponível no endereço eletrônico: <https://sites.google.com/view/guiadidaticomnpefcristian>.

Para finalizar os objetivos específicos de nosso trabalho, o último item a ser analisado era de: Avaliar a eficiência do guia didático através de um questionário final semiestruturado fechado com 6 perguntas para avaliação pelos professores. O instrumento de coleta de dados utilizado foi: Questionário 02 – Avaliação do Produto Educacional. A análise dos resultados evidenciou a confirmação do propósito atendido com o nosso guia didático, mostrando-nos através de uma análise quantitativa em formato de gráficos com porcentagens, o resultado do questionamento: O guia didático possibilita a melhoria de ensino através das aulas remotas? 87% dos entrevistados responderam que concordam totalmente a favor da indagação.

É necessário mais pesquisa sobre o desenho de sequências de ensino com base em novos modelos e sua implementação em sala de aula. Lijnse e Klaassen (2004) argumentam que o desenho de sequências de ensino requer um processo complexo de aplicação da didática a contextos específicos de ensino, um processo cíclico e não linear, com o objetivo de gerar conhecimento sobre a relevância de materiais didáticos aprimorados em sala de aula.

Dessa forma, a partir do objetivo principal desta pesquisa e considerando a situação adversa que vivenciamos em virtude da COVID-19 foi possível desenvolver um guia didático para facilitar o ensino da eletricidade aos alunos do ensino médio favorecendo a realização de experiências de sucesso no ensino e aprendizagem de eletricidade para professores e alunos e de modo singular aos que planejam o currículo quanto às mudanças no sistema tradicional de sequenciar tópicos de eletricidade. A pesquisa e a história da ciência contribuem com evidências que sugerem fortemente que os principais pontos dos conteúdos de eletricidade devem ser abordados de maneira diferente.

Quanto aos alunos, estes têm a oportunidade de refletir sobre o uso dos mesmos conceitos de eletricidade em diferentes contextos e sobre as relações entre observações macroscópicas e modelos explicativos em nível microscópico. Diante de tais constatações há que se pontuar, que esse produto não irá resolver todas as limitações que possam surgir no ensino de eletricidade, neste caso, no ensino médio, entretanto se coloca como uma das alternativas viáveis para o ensino e aprendizagem de eletricidade na educação básica.

REFERÊNCIAS

- Abdisa G., Getinet T. (2012). **The effect of guided discovery on students' Physics achievement.** Lat. Am. J. Phys. Educ. 6(4), 530-537.
- Adams, W.K. (2010). **Student engagement and learning with PhET interactive simulations,** IL NUOVO CIMENTO C, 033(3), 21-32.
- Adams, W. K., Paulson, A. & Wieman, C. E. **What Levels of Guidance Promote Engaged Exploration with Interactive Simulations?** PERC Proceedings, 2009.
- Aguirregabiria, J.M. Hernandez, A & Rivas, M. (1992). **An example of surface charge distribution on conductors carrying steady currents.** American Journal of Physics, 60(2), 138–140.
- Ajredini F., Izairi N., & Zajkov O. (2013). **Real experiments versus Phet simulations for better high-school students' understanding of electrostatic charging.** European Journal of Physics Education, 5 (1), 59-70.
- Alencar, E.; Fleith, D. **Contribuições teóricas recentes ao estudo da criatividade.** Psicologia: teoria e pesquisa, v.19, n.1, p. 1-8, 2003.
- Arons, A. (1997). **Teaching introductory physics.** New York: Wiley.
- Ausubel, D.P. (1978). **Psicologia Educacional.** Uma Visão Cognitiva . New York: Holt, Rineheart & Winston, Inc.
- Bagno, E. & Eylon, B.S. (1997). **From problem solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism.** American Journal of Physics, 65(8), 726–736.
- Barbas, A. & Psillos D. (1997). **Causal reasoning as a base for advancing a systemic approach to simple electrical circuits.** Research in Science Education, 27(3), 445–459.
- Bahri A.S. (2015) **The influence of learning model guided findings of student learning outcomes.** INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH , 4 (3), 77-79.
- Bajpai M., Kumar A. (2015). **Effect of virtual laboratory on students' conceptual achievement in physics.** International Journal of Current Research, 7(2), 12808-12813.
- Benefícios da Energia Eólica. disponível em <http://www.energiasalternativa.com.br>. acesso em 05/06/2020.

Benseghir, A. & Closset, J.L. (1996). **The electrostatics-electrokinetics transition: historical and educational difficulties**, *International Journal of Science Education* , 18 (2), 179–191.

Berkson, W. (1974). **Fields of force. The development of a world view from Faraday to Einstein**. London: Routledge & Kegan Paul.

Borges, A. & Gilbert, J. (1999). **Mental models of electricity**. *International Journal of Science Education*, 21, 95–117.

Borghi, L., De Ambrosis, A. & Mascheretti, P. (2007). **Microscopic models for bringing electrostatics and currents**. *Physics Education*, 42(2), 146–155.

Braga, Newton C. **Projetos Eletrônicos Para o Ensino de Física e Ciências**. 2 ed. Rio de Janeiro. 2017.

Braga, Newton C. **Projetos Eletrônicos Educacionais com Energia Alternativa**. 2 ed. Rio de Janeiro. 2017.

Branco, Samuel Murgel. **Energia e Meio Ambiente**. 2ed. Reform. São Paulo.Moderna.2004.

BRASIL (1997a). **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais** (v. 1). Brasília: MEC/SEF.

BRASIL (1997a). **Parâmetros Curriculares Nacionais: Meio Ambiente e Saúde** (v. 9). Brasília: MEC/SEF.

Brown, T. M. (1969). **The electrical current in early Nineteenth-Century**. *French physics. Historical Studies in the Physical Sciences* , 1, 61–103.

Cantor, G., Gooding, D., & James, F. A. J. L. (1991). **Faraday**. London: Macmillan.
Chabay, R. & Sherwood, B. (2006). **Restructuring the Introductory electricity and magnetism course**. *American Journal of Physics*, 74 , 329–336.

Chabay, R. & Sherwood, B. (2002). **Matter and Interactions II: Electric and Magnetic Interactions**. New York: Wiley (Last edition 2007).

Chabay W. & Sherwood B. A. (1995). **Instructor's Manual of Electric and Magnetic Interactions**. New York: Wiley.

Circuit Construction Kit Activities. Disponível em: http://phet.colorado.edu/teacher_ideas/circuit_construction_kit_activities.html. Acesso em 01/12/2020.

Closset, J. L. (1983). **Sequential reasoning in electricity**. In G. Delacote, A. Tiberghien, & J. Schwartz (Eds.) *Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop* (pp. 313–319). Paris: Editions du CNRS.

Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, U. (1983). **Potential difference and current in simple electric circuit: A study of students' concepts**. *American Journal of Physics*, 51, 407–412.

Conant J.B., Nash L.K., Roller D. & Roller D.H.D. (1962). **The development of the concept of electric charge**. *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Massachusetts: Harvard University Press.

Ding, L., Chavay, R., Sherwood, B. & Beichner, R. (2006). **Evaluating an assessment tool: Brief electricity & magnetism assessment**. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research* 1 , 10105.

Dorneles P.F.T., Veit E.A., Moreira M.A. (2010). **A study about the learning of students who worked with computational modeling and simulation in the study of simple electric circuits**. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencia*, 9 (3), 569-595.

Driver, R., Leach, J., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1994). **“Young people's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning”**. *Studies in Science Education*, 24, 75–100.

Duit, R. (1985). **In search of an energy concept**. In R. Driver & R. Millar (Eds.), *Energy matters – Proceedings of an invited conference: Teaching about energy within the secondary science curriculum* (pp 67–101). Fairbairn House: The University of Leeds.

Duit, R.: 2009, **Bibliography of Students' and teachers' conceptions and science education** Disponível em: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/>. Acesso: 05/06/2020.

Duit, R. & von Rhöneck, C. (1998). **Learning and understanding key concepts of electricity**. In A. Tiberghien, E.L. Jossem & J. Barojas (Eds.) *Connecting research in physics education*. Boise, Ohio: International Commission on Physics Education-ICPE books. <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/TOC.html>. Acesso em 05/06/2020.

Duit, R. & Treagust, D.F. (1998). **Learning in science: From behaviourism towards social constructivism and beyond**. In B. Fraser & K. Tobin (Eds.) *International handbook of science education* (pp. 3–25). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

Dupin, J. & Joshua, S. (1989). **Analogies and 'modelling analogies' in teaching some examples in basic electricity**. *Science Education*, 73(2), 207–224.

Dupin, J. & Joshua, S. (1987). **Conceptions of French pupils concerning electric circuits: Structure and evaluation**. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 791–806.

Duschl, R.A. (1994). **Research on the history and philosophy of science**. In D.L. Gabels (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 443–465). New York: McMillan Pub.Co.

Duschl, R.A. (2000). **Making the nature of science explicit**. In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (eds.). *Improving Science Education- The contribution of Research* . Buckingham: Open University Press.

EM Wave Tutorial. Disponível em: http://phet.colorado.edu/teacher_ideas/em_wave_tutorial.html. Acesso em 01/12/2020.

Energy Skate Park activities. Disponível em: http://phet.colorado.edu/teacher_ideas/energy_skate_park_activities.html. Acesso em 01/12/2020.

Energy Skate Park Clicker Questions. Disponível em: http://phet.colorado.edu/teacher_ideas/energy_skate_park_clicker_questions.html. Acesso em 01/12/2020.

Engelhardt P.V. & Beichner R.J. (2004), **Students' understanding of direct current resistive electrical circuits**, *American Journal of Physics* 72, 98–115.

Etkina E., Van Heuvelen A., White-Brahmia S., Brookes D.T., Gentile M., Murthy S., Rosengrant D., & Warren A. (2006). **Scientific abilities and their assessment**.

Physical Review Special Topics: Physics Education Research , 2 , 020103, 1–15.

Eylon, B. & Ganiel, U. (1990). **Macro–micro relationship: the missing link between electrostatics and electrodynamics in students' reasoning**. *International Journal of Science Education*, 12 (1) 79–94.

Ferraro, Nicolau Gilberto; Soares, Paulo Gilberto de Toledo; Torres, Carlos Magno. **Física, Ciência e Tecnologia. Volume 3**. São Paulo. Moderna, 2010.

Fox, R. (1990). **Laplacian Physics**. *Companion to the History of Modern Science* , Routledge.

Furio, C., & Guisasola, J. (1998). **Difficulties in learning the concept of electric field**. *Science Education* , 82(4), 511–526.

Furio, C., Guisasola, J., Almudi, J.M., & Ceberio, M.J. (2003). **Learning the electric field concept as oriented research activity**. *Science Education* , 87(5), 640–662.

Furio C., Guisasola, J., & Almudi, J.M. (2004). **Elementary electrostatic phenomena: historical hindrances and student's difficulties**. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology* , 4(3), 291–313.

Galili I. (1995). **Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism**. *International Journal of Science Education* , 17(3), 371–387.

Greca, I. & Moreira M.A. (1997). **The kinds of mental representation - models, propositions and images- used by college physics students regarding the concept of field**. *International Journal of Science Education* , 19(6), 711–724.

Guisasola, J., Almudí, J.M., Salinas, J., Zuza, K. & Ceberio, M. (2008). **The gauss and ampere laws: different laws but similar difficulties for students learning.** *European Journal of Physics*, 29, 1005–1016.

Guisasola, J., Zubimendi, J.L., Almudi, J.M. & Ceberio, M. (2002). **The evolution of the concept of capacitance throughout the development of the electric theory and the understanding of its meaning by University students.** *Science & Education*, 11, 247–261.

Guisasola, J., Zubimendi, J.L. & Zuza, K. (2010) **How much have students learned?** Research based teaching on electrical capacitance, *Physical Review Special Topic-Physics Education Research* 6, 020102 1–10.

Guisasola, J. & Montero, A. (2010), **An energy-based model for teaching the concept of electromotive force.** Students' difficulties and guidelines for a teaching sequence. In G. Çakmakci & M. F. Tasar (eds) *Contemporary science education research: learning and assessment* (pp. 255–258). Ankara, Turkey: Pegem Akademi.

Gunstone, R., Mulhall, P. & Brian McKittrick, B. (2009). **Physics Teachers' Perceptions of the difficulty of Teaching Electricity.** *Research in Science Education*, 39, 515–538.

Guruswamy, C., Somers, M. D. & Hussey, R. G. (1997). **Students' understanding of the transfer of charge between conductors,** *Physics Education*, 32(2) 91–96.

Halloun I. & Hestane D. (1985) **Common sense conceptions about motion,** *American Journal of Physics* 53, 1056–1065.

Halverson, E.; Sheridan, K. **The maker movement in education.** *Harvard Educational Review*, v. 84, n. 4, p. 495-504, 2014. Disponível em . Acesso: 05/06/2020.

Harman, P. M. (1982). Energy, force and matter. **The conceptual development of nineteenth century physics.** Cambridge: Cambridge University Press.

Härtel, H. (1982). **The electric circuit as a system: A new approach.** *European Journal of Science Education*, 4(1), 45–55.

Härtel, H. (1985). **The electric voltage: What do students understand? What can be done to help for a better understanding?** In R. Duit, W. Jung & C. von Rhöneck (eds.), *Aspects of Understanding Electricity: Proceedings of an International Workshop* (pp. 353–362). Ludwingsburg: IPN-Kiel.

Härtel, H. (1987). **A Qualitative Approach to Electricity** . Palo Alto, California: Institute for Research on Learning. http://www.astrophysikunikiel.de/~hhaertel/PUB/voltage_IRL.pdf. Acesso em 05/06/2020.

Härtel, H. (1993). **New approach to introduce basic concepts in Electricity.** Teoksessa M. Caillot (ed.) *Learning electricity and electronic with advance educational technology* (pp. 5–21). NATO ASI Series. Springer-Verlag.

Heald, M.A. (1984). **Electric field and charges in elementary circuits.** *American Journal of Physics* 52(6), 522–526.

Heilbron, J.L. (1979). **Electricity in the 17th and 18th centuries. A study of early modern Physics**, California: University of California Press.

Hirvonen, P.E. (2007). **Surface-charge-based micro-models a solid foundation for learning about direct current circuits**. European Journal of Physics, 28, 581–592.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS. **Matriz de referência** Enem. Disponível em . Acesso: 05/06/2020.

Jackson, J.D. (1996). **Surface charges on circuit wires and resistors plays three roles**. American Journal of Physics 64(7), 855–870.

Jefi menko O.D. (1966) **Electricity and Magnetism**. NewYork: Appleton-Century Crofts.

Jimenez, E. & Fernandez, E. (1998). **Didactic problems in the concept of electric potential difference and an analysis of its philogenesis**, Science & Education 7, 129–141.

Kipling D.L. & Hurd J.J., (1958). **The Origins and Growth of Physical Science**. United Kingdom: Penguin Books.

Korganci N., Mirona C., Dafineia C., & Antohea S. (2015) **The Importance of Inquiry-Based Learning on Electric Circuit Models for Conceptual Understanding**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 191, 2463 – 2468.

Kuhn, T. (1984). **Professionalization recollected in tranquillity**. ISIS, 45, 276, 29–33.

Kenosen M.H.P., Asikainen M.A. & Hirvonen P.E. (2011). **University students' conceptions of the electric and magnetic fields and their interrelationships**, European Journal of Physics 32, 521–534.

Lakatos, Eva Maria; Marconi, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

Landulfo, Eduardo. **Meio Ambiente & Fisica**. São Paulo. Editora SENAC. 2005.

Liegeois, L., Mullet, E. (2002). **High School Students' Understanding of Resistance in Simple Series Electric Circuits**. International Journal of Science Education, 24(6), 551–64.

Licht, P. (1991). **Teaching electrical energy, voltage and current: an alternative approach**. Physics Education , 25, 271–277.

Lijnse, P. & Klaassen, K., (2004). **Didactical structures as an outcome of research on teachinglearning sequences?**. International Journal of Science Education, 26(5), 537–554.

Maloney D P, O'kuma T L, Hieggelke C J and Van Heuvelen A (2001) **Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism**. American Journal of Physics S69 (7), 12–23.

Mahanta A & K.K Sarma. (2012). **Online resource and ICT-Aided virtual laboratory setup**. International Journal of Computer Applications, 52(6), 44-48.

Mäntylä, T. (2011). **Didactical reconstruction of processes in Knowledge construction: Pre-service physics teachers learning the law of electromagnetic induction**. Research in Science Education. DOI 10.1007/s11165-011-9217-6.

Martinez, G., Francisco, L., Naranjo, Angel, L., Perez, Suero, M. I., & Pardo, P. J. (2011). **Comparative study of the effectiveness of three learning environments: Hyper-realistic virtual simulations, traditional schematic simulations and traditional laboratory**. Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 7(2): 1-12.

Matthews, M.R. (1994). **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge.

Maxwell, J. C. (1865). **Dynamic theory of the electromagnetic field**. Philosophical transactions, 155 , 456–512.

McComas, W.F., Clough, M.P. & Almazora, H. (2000) **The role and the character of the nature of science in science education**. In W.F. McComas (Ed.): The Nature of Science in Science Education. Rationales and strategies (pp. 3–39). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

McDermott, L.C. & Shaffer P.S. (1992). **Research as a guide for curriculum development: Na example from introductory electricity**, Part I: Investigation of student understanding. American Journal of Physics , 60, 994–1003.

Menezes, Ebenezer Takuno de; Santos, Thais Helena dos. Verbete temas transversais. **Dicionário Interativo da Educação Brasileira - Educabrazil**. São Paulo: Midiamix, 2001. Disponível em: <<http://www.educabrazil.com.br/temas-transversais/>>. Acesso em: 05/06/2020.

Moran, J. M. (2008). **Novos desafios na educação - a Internet na educação presencial e virtual**, 1–15. Acesso em 05/06/2020.

Moreau, W.R. & Ryan, S.J. (1985). **Charge density in circuits**. American Journal of Physics 53(6), 552–554.

Mosca, E.P. & De Jong, M.L. (1993). **Implications of using the CASTLE model**, The Physics Teacher 31, 357–359.

Muller, M. **Metodologias interativas de ensino na formação de professores de física: um estudo de caso com o Peer Instruction**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em . Acesso: 17/07/2016.

Muller, R. (2012). **A semiquantitative treatment of surface charges in DC circuits**, American Journal of Physics, 80, 782–788.

Mulhall, P., Mckittrick, B. & Gunstone R. (2001). **A perspective on the resolution of confusions in the teaching of electricity**, *Research in Science Education*, 31, 575–587.

Nardi, R. & Carvalho, A.M.P. (1990). **A genese, a psicogenese e a aprendizagem do conceito de campo: subsidios para a construção do ensino desse conceito**. *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, 7, pp. 46–69.

National Research Council (1996). **National Science education standards**. Washington DC: National Academic Press.

Nersseian, N.J. (1995). **Should physicist preach What they practice?**. *Science and Education*, 4, 203–226.

Niaz, M. (2008) **What ‘ideas-about-science’ should be taught in school science? A chemistry teacher’s perspective**. *Instructional Science* 36, 233–249.

OECD (2018), **Science performance (PISA) (indicator)**. doi: 10.1787/91952204-en. Disponível em <<https://data.oecd.org/pisa/science-performance-pisa.htm>>. Acesso em 05/06/2020.

Oliva, J.M. (1999). **Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual**. *Enseñanza de las Ciencias* 17(1), 93–107.

Paixão, Maria do Socorro Santos Leal; Ferro, Maria da Glória Duarte. **A teoria do aprendizagem (...)**. In: CARVALHO, Maria Vilani Cosme de; MATOS, Kelma Socorro Lopes, (Org.). *Psicologia da Educação: Teorias de aprendizagem*. Fortaleza: EdUECE, 2015. P. 93-1305

Park, J., Kim, I., Kim, M. & Lee, M. (2001). **Analysis of students’ processes of confirmation and falsification of their prior ideas about electrostatics**. *International Journal of Science Education* 23(12), 1219–1236.

Pancaldi, G. (1990). **Electricity and life. Volta’s path to the battery**. *Historical studies in the physical and biological sciences*, 21, 123–160.

Periago, M.C. & Bohigas, X. (2005). **A study of second year engineering students alternative conceptions about electric potential, current intensity and Ohms’ law**. *European Journal of Engineering education* 30(1), 71–80.

Peters, P. C. (1984). **The role of induced emf’s in simple circuits**. *American journal of Physics* 52(3), 208–211.

Pfefferova, M.S. (2015). **Computer simulations and their Influence on students’ understanding of oscillatory motion**. *Informatics in Education*, 14(2), 279–289. **PhET**. Disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html Acesso em 01/12/2020.

Pintó, R. (2005). **Introducing curriculum innovations in science: identifying teachers' transformations and the design of related teacher education**, *Science Education* 89(1), 1–12.

Pocovi, M.C. & Finley, F. (2002). **Lines of force: Faraday's and Students' views**. *Science & Education* 11, 459–474.

Preyer, N.W. (2000). **Surface charges and fields of simple circuits**. *American Journal of Physics* 68, 1002–1006.

Psillos, D. (1998). **Teaching introductory electricity**. In A.Tiberghien, E.L. Jossem, & J. Barojas (Eds.), *Connecting research in physics education with teacher education*. International Commission on Physics Education.

Psillos D., Koumaras P & Tiberghien A. (1988) **Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits**. *International Journal of Science Education* , 10, 1, 29–43.

Rainson, S., Tranströmer, G., & Viennot, L. (1994). **Students' understanding of superposition of electric fields**. *American Journal of Physics* , 62(11), 1026–1032.

Reif, F. (1982) **Generalized Ohm's law, potential difference, and voltage measurements**. *American Journal of Physics* 50(11), 1048–1049.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Dieter, L., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). **Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe**. Disponível em: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf Acesso em 05/06/2020.

Roche, J. (1989) **Applying the history of electricity in the classroom: a reconstruction of the concept of 'potential'**. In M. Shortland & A. Warwick *Teaching the history of Science* Oxford: Basil Blackwell.

Roche, J. (1987) **Explaining electromagnetic induction: a critical re-examination**. *Physics Education* 22, 91–99.

Romer, R.H. (1982) **What do 'voltmeters' measure?: Faraday's law in a multiply connected region**. *American Journal of Physics* 50(12), 1089–1093.

Rosser W.G. (1963) **What makes an electric current flow**. *American Journal of Physics* 31, 884–5.

Rosser W G (1970) **Magnitudes of surface charge distributions associated with electric current flow**. *American Journal of Physics* , 38 264–6.

Rudge, D. & Home, E. (2004). **Incorporating History into Science Classroom**. *The Science Teacher* 71(9), 52–57.

Saarelainen, M., Laaksonen, A. & Hirvonen, P.E. (2007). **Students' initial knowledge of electric and magnetic fields – more profound explanations and reasoning models for undesired conceptions**. *European Journal of Physics* 28, 51–60.

Saarelainen, M. & Hirvonen, P.E. (2009) **Designing a teaching sequence for electrostatics at undergraduate level by using educational reconstruction**, Latin-American Journal of Physics Education 3, 518–526.

Saglam, M. & Millar, R. (2005). **Diagnostic Test of Students' Ideas in Electromagnetism. Research Paper Series.** University of York (UK).

Sarabando C., Cravino J. P., & Soares, A. A. (2014). **Contribution of a computer simulation to students' learning of the physics concepts of weight and mass.** Procedia Technology, 13, 112–121.

Schagrin, M.L. (1963) **Resistance to Ohm's Law'**, American Journal of Physics , 31(7), 536–547.

Shaffer, P.S. & McDermott L.C. (1992). **Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity, Part II: Design of instructional strategies.** American Journal of Physics. 60, 1003–1013.

Shieh C., Yu L. (2016). **A study on information technology integrated guided discovery instruction towards students learning achievement and learning retention.** Eurasia journal of mathematics, science & technology education, 12(4), 833-842.

Seroglou, F., Panagiotis, K. & Vassilis, T. (1998) **History of Sciences and instructional design: the case of electromagnetism**, Science and Education, 7, 261–280.

Sharma N.L. (1988) **Field versus action at-a-distance in a static situation.** American Journal of Physics 56 (5), 420–423.

Sherwood, B. & Chabay R. (1999) **A unified treatment of electrostatics and circuits.** <http://matterandinteractions.org/Content/Articles/circuit.pdf> . Acesso em 05/06/2020.

Shipstone, D.M., von Rhöneck, C., Jung, W., Karrqvist, C., Dupin, J., Joshua, S. & Licht, P. (1988). **A study of secondary students' understanding of electricity in five European countries.** International Journal of Science Education 10, 303 – 316.

Siemens, G. (2010). **TEDxNYED Siemens.** Disponível em Acesso em 05/06/2020.

SILVA, L.M.G.da; BRASIL, V.V.; GUIMARÃES, H.C.Q.C.P.; SAVONITTI, B.H.R.A.; SILVA, M.J.P.da. Comunicação não-verbal: reflexões acerca da linguagem corporal. **Rev.latino-am.enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 4, p. 52-58, agosto 2000.

Silva, A.A. & Soares R. (2007) **Voltage versus current, or the problem of the chicken and the egg**, Physics Education 42(5), 508–515.

Smith, D. P. & van Kampen, P. (2011) **Teaching electric circuits with multiple batteries: A qualitative approach.** Physical Review Special topics- Physics Education Research 7, 020115.

Solomon, J. (2002). **Science Stories and Science Texts: What Can They Do for Our Students?**, *Studies in Science Education* , 37, 85–105.

Sommerfield A (1952). **Electrodynamics**. New York: Academic Press.

Steinberg, M.S. & Wainwright, C. (1993). **Using models to teach electricity-The CASTLE project**, *The Physics Teacher*, 31(6), 353–355.

Steinberg, M.S. (1992). **What is electric potential? connecting Alessandro Volta and contemporary students**. In *Proceeding of the Second International Conference on the History and Philosophy of Science and Science Teaching* , vol. II, 473–480. Kingston.

Stocklmayer, S. & Treagust, D.F. (1994) **A historical analysis of electric current in textbooks: a century of influence on physics education**, *Science & Education* , 3, 131–154.

Stocklmayer, S. & Treagust, D.F. (1996). **Images of electricity: How novices and experts model electric current?** *International Journal of Science Education* 18, 163–178.

Stocklmayer, S. (2010) **Teaching direct current theory using a field model**, *International Journal of Science Education* 32 (13), 1801–1828.

Supurwoko, Cari, Sarwanto, Sukarmin, & Suparmi. (2016). **The Effect of PhET simulation media for physics teacher candidate understanding on photoelectric effect concept**. *International Journal of Science and Applied Science*, 1(1), 34-35.

Sutton, G. (1981) **The politics of science in early Napoleonic France: The case of the voltaic pile**. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 11(2), 329–366.

Taton R. (1988). **Histoire Generale des Sciences**. Paris: Presses Universitaires de France.

Testa, I., Michelini, M. & Sassi, E. (2006). **Children's Naive Ideas/Reasoning About Some Logic Circuits Explored In an Informal Learning Environment**. In G. Planinsic & A. Mohoric (eds). *Selected contributions to Third International GIREP Seminar* (pp. 371–378). Ljubljana, Slovenia: University of Ljubljana.

Thackray, A. (1980). *History of Science*, in P.T. Durbin (Ed.). **A guide to the culture of science, technology and medicine**, New York: Free Press.

Thacker, B.A. Ganiel, U. & Boys, D. (1999). **Macroscopic phenomena and microscopic processes: Student understanding of transients in direct current electric circuits**. *Physics Education Research-American Journal of Physics* , 67(7), S25–S31.

Törnkvist, S., Pettersson, K.A. & Tranströmer, G. (1993) **Confusion by representation: on student's comprehension of the electric field concept**, *American Journal of Physics* , 61 (4), 335–338.

Varney, R.N. & Fisher, L.H (1980) **Electromotive force: Volta's forgotten concept.** American Journal of Physics 48 (5), 405–408.

Viennot, L., & Rainson, S. (1992). **Students' reasoning about the superposition of electric fields.** International Journal of Science Education , 14(4), 475–487.

Viennot, L. & Rainson, S. (1999). **Design and evaluation of research-based teaching sequence: the superposition of electric field.** International Journal of Science Education, 21 (1), 1–16.

Viennot, L. (2001). **Reasoning in Physics. The part of Common Sense.** Dordrecht, Netherlands: Kluwer academic Publisher.

Vosniadou, S. (2002). **On the Nature of Naïve Physics**, in Reconsidering the Processes of Conceptual Change (pp. 61–76), edited by M. Limon & L. Mason, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Walz, A. (1984) **Fields that accompany currents.** In R. Duit, W. Jung., & Ch. von Rhöneck, Eds., Aspects of understanding electricity (pp. 403–412). Keil, Germany: Schmidt & Klaunig.

Wandersee, J.H. (1992). **The Historicity of cognition: implications for Science Education Research**, Journal of Research in Science Teaching , 29(4), 423–434.

Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. & Novak, J.D. (1994). **Research on alternative conceptions** in Science. Handbook of Research on Science Teaching and Learning. Nueva York: McMillan Publishing Company.

Warney, R.N. & Fischer, L.H. (1980). **Electromotive force: Volta's forgotten concept.** American Journal of Physics 48, 405–408.

Watts, M. & Taber, K.S. (1996). **An explanatory Gestalt of essence: students' conceptions of the «natural» in physical phenomena.** International Journal of Science Education , 18(8), 939–954.

Whittaker, E. (1987). **A History of the Theories of Aether and Electricity**, U.S.A: American Institute of Physics.

Wieman C.E, Perkins K.K., & Adams W.K. (2008). **Oersted medal lecture 2007: interactive simulations for teaching physics: What works, what doesn't, and why.** American Journal of Physics, 76, 393-399.

Williams P, L. (1962) **The Physical Sciences in the first half of the nineteenth Century: Problems and Sources.** History of Science. 1, 1–15.

Wise, N.M. (1990) **Electromagnetic Theory in the Nineteenth Century**, Companion to the History of Modern Science , Routledge.

Young H.D. & Freedman R.A., 2008, **University Physics with Modern Physics** vol. 2, 12th edition. New York: Addison-Wesley.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), do Projeto de Pesquisa sob o título “*ENSINO DE FÍSICA EM AULAS REMOTAS: POSSIBILIDADES DO USO DO GUIA DIDÁTICO COM SIMULADOR PHET COMO EXPERIMENTO VIRTUAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO*”. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine no quadro do Formulário on line, indique o email para receber uma cópia do mesmo. Em caso de recusa, você não sofrerá qualquer tipo de penalidade, de forma alguma. Meu nome é Cristian Fernandes Santos, professor de Física responsável pela pesquisa sob a orientação da Prof.^a Maria do Socorro Leal Lopes e a Prof.^a Cláudia Adriana de Sousa Melo. Nesse trabalho, vamos desenvolver e aplicar o “*ENSINO DE FÍSICA EM AULAS REMOTAS: POSSIBILIDADES DO USO DO GUIA DIDÁTICO COM SIMULADOR PHET COMO EXPERIMENTO VIRTUAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO*”, que pretende analisar como o uso dessa tecnologia digital pode potencializar a aprendizagem de um determinado conteúdo no ensino de Física.

Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos também sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. E reiteramos mais uma vez que você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisador responsável no telefone: (86) 98802-5168 ou pelo e-mail cristianfsantos@gmail.com.

Consentimento livre e esclarecido

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isso acarrete qualquer penalidade. Dou meu consentimento para que a equipe de pesquisadores que elaborou o questionário utilize os dados por mim fornecidos, de forma anônima, em relatórios, artigos e apresentações.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DO PIAUÍ**



Pesquisador responsável: *Cristian Fernandes Santos*

O presente questionário tem como finalidade de diagnosticar a atual situação de ensino

remoto na 3ª série do ensino médio para a confecção do Produto Educacional: *GUIA DIDÁTICO PARA PROFESSORES: A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR PHET NO ENSINO DA ELETRICIDADE EM AULAS REMOTAS.*

I. IDENTIFICAÇÃO

1. Nome: _____
2. Ano de ingresso no MNPEF: _____
3. Rede de ensino que atua:
 Pública
 Privada
 Outra: _____

II. CARACTERIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

1. Trabalha ou trabalhou esse ano de 2020 com 3ª série do ensino médio de modo remoto?

- Sim
 Não

2. Qual(is) foi(ram) ou é(são) o(s) principal(is) material(is) didático(s) utilizado(s) para as suas aulas remotas: (caso tenha usado mais de uma opção, poderá assinalar)

- Somente slides de textos e imagens estáticas
 Slides com vídeos e animações GIF
 Vídeos, aulas expositivas e dialogadas

() Slides, vídeos, animações e recursos interativos

() Outro: _____

3. Indique o grau de dificuldade que você tem em ministrar os conteúdos de eletricidade:

() Pouca ou nenhuma

() Mediana

() Muita dificuldade

4. De acordo com o seu diagnóstico sobre a aprendizagem dos alunos, independente dos instrumentos utilizados para avaliar (provas, trabalhos, ...), mostra que houve aproveitamento (de):

() Boa parte dos alunos assimilam os conteúdos e raramente têm dúvidas, e quando existe ou é em alguma fórmula ou algum conceito. Nunca acontece nos dois.

() Médio que por fatores alheios os alunos interpretam incorretamente o que foi ensinado, ou tem dificuldades em realizar os cálculos, ou porquê o professor não consegue engajamento dos alunos, ou porquê a carga horária acaba prejudicando o processo, mas ainda sim consegue uma resultado mediano.

() Muito distante da desejado e os alunos não sabem executar os cálculos corretamente nem sabem definir conceitos teóricos corretamente, por mais que você se esforce.

5. Você sentiu dificuldade em encontrar material didático como roteiro, guia ou algo que pudesse facilitar o ensino de eletricidade nas aulas remotas?

() Sim

() Não

6. Você acha interessante que tenha um material mediador/orientador que possa tornar as aulas de eletricidade da 3ª série do ensino médio mais atraente?

() Concordo totalmente

() Concordo parcialmente

() Discordo totalmente

() Discordo parcialmente

() Discordo parcialmente

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DO PIAUÍ**



1.1

Pesquisador responsável: *Cristian Fernandes Santos*

O presente questionário tem como finalidade de avaliar o guia didático, após a apresentação aos professores do Produto Educacional: *GUIA DIDÁTICO PARA PROFESSORES: A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR PHET NO ENSINO DA ELETRICIDADE EM AULAS REMOTAS.*

I. IDENTIFICAÇÃO

1. Nome: _____
1. Ano de ingresso no MNPEF: _____
2. Rede de ensino que atua:
- () Pública
- () Privada
- () Outra: _____

II. CARACTERIZAÇÃO DO AVALIAÇÃO

1. O guia didático possibilita a melhoria de ensino através das aulas remotas?
- () Concordo totalmente
- () Concordo parcialmente
- () Discordo totalmente
- () Discordo parcialmente
- () Discordo parcialmente
2. O texto utilizado no guia é didático e objetivo?
- () Concordo totalmente
- () Concordo parcialmente

-) Discordo totalmente
-) Discordo parcialmente
-) Discordo parcialmente

3. A sequência de conteúdos do guia didático possibilita que o professor mesmo que não tenha muita facilidade e/ou hábito de usar o site do PhET possa acessar o mesmo?

-) Concordo totalmente
-) Concordo parcialmente
-) Discordo totalmente
-) Discordo parcialmente
-) Discordo parcialmente

4. O guia didático possui figuras, imagens ou ilustrações suficientes que auxiliam o professor conhecer o site, as simulações e os recursos?

-) Concordo totalmente
-) Concordo parcialmente
-) Discordo totalmente
-) Discordo parcialmente
-) Discordo parcialmente

5. O guia didático possibilita a abordagem dos temas transversais dos PCN's que é a aplicação prática virtual para compreensão da teoria abordada em aula?

-) Concordo totalmente
-) Concordo parcialmente
-) Discordo totalmente
-) Discordo parcialmente
-) Discordo parcialmente

6. Após a análise do guia didático você sentiu mais confiança para realizar atividades tais como simulações do PhET em suas aulas remotas?

-) Concordo totalmente
-) Concordo parcialmente
-) Discordo totalmente

() Discordo parcialmente

() Discordo parcialmente

Agradecemos muito a sua colaboração nessa importante etapa de conclusão de nossa pesquisa, tão logo nosso trabalho seja aprovado estaremos disponibilizando o mesmo no site do oficial do PhET. Gostaríamos de sua opinião crítica ou sugestão.

R =

APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL



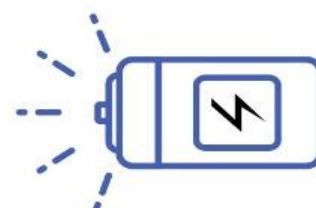
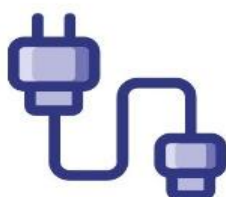
Sociedade Brasileira de Física - SBF
Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física - MNPEF
Universidade Federal do Piauí - UFPI



Guia didático para
professores:

A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR PHET NO ENSINO DE ELETRICIDADE EM AULAS REMOTAS

CRISTIAN FERNANDES SANTOS



À todos os bravos guerreiros, professores, que em meio à pandemia tiveram que se reinventar e continuar a missão de ensinar, mesmo com o aumento das exigências das aulas remotas.

SUMÁRIO

SOBRE O GUIA.....	100
1 O projeto PHET: O que é o PhET e o acesso	18
ACESSO AO SITE.....	18
ACESSANDO O PHET VIA INDICAÇÃO DE SITE DE BUSCA	19
ACESSANDO O PHET VIA DIGITAÇÃO DE ENDEREÇO NO NAVEGADOR	21
ACESSO ÀS SIMULAÇÕES DE FÍSICA	23
2 Simulações de Eletricidade	26
LABORATÓRIOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS DO PHET	27
3 Kit para Montar Circuito DC - Lab Virtual.....	27
3.1 APRESENTAÇÃO E RECURSOS.....	28
SOBRE:.....	29
PARA PROFESSORES:	30
TRADUÇÕES.....	31
SIMULAÇÕES RELACIONADAS.....	31
REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARES).....	32
CRÉDITOS.....	33
3.2 CONHECENDO OS RECURSOS DA SIMULAÇÃO	33
INICIAR A SIMULAÇÃO.....	33

Lista de Figuras:

Figura 1: Resultado da Busca do PhET.....	19
Figura 2: Tela inicial do PhET.....	21
Figura 3: Caixa de Seleção para troca de idioma - “CHOOSE LANGUAGE”	22
Figura 4: Acesso às simulações de Física.....	24
Figura 5: Simulações de Física do PhET.....	24
Figura 6: Seleção de simulações de Eletricidade, ímãs e Circuitos	26
Figura 7: tela para seleção dos dois laboratórios de circuitos elétricos 1 e 2	27
Figura 8: Tela de recursos para acesso a simulação	28
Figura 9: Atividades enviadas por professores.....	30
Figura 10: Traduções da simulação.....	31
Figura 11: Simulações relacionadas.....	32
Figura 12: Clique para iniciar a simulação.....	33

SOBRE O GUIA

O presente guia é o Produto Educacional (PE) apresentado ao Programa de Pós Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Piauí – MNPE-UFPI, cuja finalidade é de mediar ou orientar os professores de Física da 3ª série do Ensino Médio para as aulas do ramo de eletricidade, utilizando laboratórios virtuais de circuitos elétricos. O Produto Educacional apresentado ao MNPEF é um guia didático com um manual de orientações aos professores interessados em utilizar esse recurso educacional como estratégia de ensino, bem como as atividades relacionadas aos conteúdos de eletricidade.

Nosso produto educacional (PE) é um diferencial de engajamento nos processos de ensino e aprendizagem, visto que, através do mesmo pode-se aplicar conhecimentos e instigar curiosidade dos alunos acerca dos conteúdos, das simulações, dos cálculos e da imediata visualização do resultado mediante essas citadas trocas de informações e confronto via mediação tecnológica do que está escrito no caderno e/ou impresso no material didático.

O Laboratório Virtual PhET é interativo, contextual e de uso de simulação de cálculo de forma eficaz para ajudar os alunos a compreender conceitos abstratos (Supurwoko et.al, 2016). Permite a exploração, bem como a atividade dos cientistas, portanto eles podem aprender mais e mais sobre o conceito de Ciência (Adams, 2010). De acordo com Ajredini et.al, (2014), não há diferença significativa entre conhecimento adquirido através de laboratório real e através do laboratório PhET.

O uso do laboratório virtual PhET é combinado para o professor pedagógico, então o processo de aprendizagem é mais guiado (Sarabando et.al, 2014; Wieman et.al, 2010). Um dos modelos de aprendizagem e adequado para atrair alunos, participar ativamente da aprendizagem e aumentar os resultados de aprendizagem é o modelo de aprendizagem por descoberta guiada (Shien & Yu, 2016; Bari, 2015).

Aprendizagem por descoberta guiada recomendada no aprendizado de Física ajuda os alunos a criar, integrar e generalizar o conhecimento por meio da resolução

de problemas com materiais de aprendizagem construtivistas preparados (Abdisa, 2012).

Simulações interativas PhET agora estão sendo amplamente utilizadas no ensino de Física. Podem ser usadas em muitos ambientes educacionais diferentes, incluindo palestras, atividades de investigação individuais ou em pequenos grupos, trabalhos de casa e laboratório. Podem ser ferramentas de aprendizagem altamente eficazes, que podem aprimorar um currículo bem elaborado e os esforços de um bom professor, mas não podem substituí-los. Eles ainda devem fazer parte de um design instrucional geral e contar com a orientação oportuna de um professor.

Inicialmente apresentamos o projeto educacional do PHET e como acessar os recursos virtuais de simulações do site, também mostramos aos professores a possibilidade de usar o site/projeto no idioma português do Brasil, bem como acesso as traduções das simulações que originalmente foram desenvolvidas com textos em inglês. Um tópico muito importante a respeito das simulações é que há no site várias guias, roteiros e sequências didáticas já prontas para utilização orientada das referidas simulações, estas disponíveis em vários idiomas, inclusive no nosso. Após aprovação do nosso trabalho, este também será postado no projeto para permanecer disponível aos colegas docentes de língua portuguesa interessados em executar as nossas práticas aqui orientadas.

Utilizamos o material didático para servir como referência pedagógica e sequência de conteúdos, o livro texto base utilizado é Tópicos de Física volume 3 da editora Saraiva e cujo os autores são: Ronaldo Fogo, Newton Villas Bôas e Ricardo Helou Doca.

1 O PROJETO PHET: O QUE É O PHET E O ACESSO

Conforme o que está no site do PhET: O Projeto foi fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As simulações aqui chamadas de “sims PhET” baseiam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta.

Informações obtidas no site também instruem que: O PhET oferece simulações de matemática e ciências divertidas, interativas, grátis, baseadas em pesquisas.

A equipe de criação das “sims PhET” menciona que: Nós testamos e avaliamos extensivamente cada simulação para assegurar a eficácia educacional. Estes testes incluem entrevistas de estudantes e observação do uso de simulação em salas de aula. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas on-line ou copiadas para seu computador. Todas as simulações são de código aberto. Vários patrocinadores apoiam o projeto PhET, permitindo que estes recursos sejam livres para todos os estudantes e professores.

Foram feitos esforços para que neste “Guia”, pudéssemos mostrar o máximo de possibilidades de execução das simulações que podem ser executadas “on line”, conectados continuamente, quer seja “offline” no computador ou dispositivo android, através do usos intermitente da conexão de internet.

ACESSO AO SITE

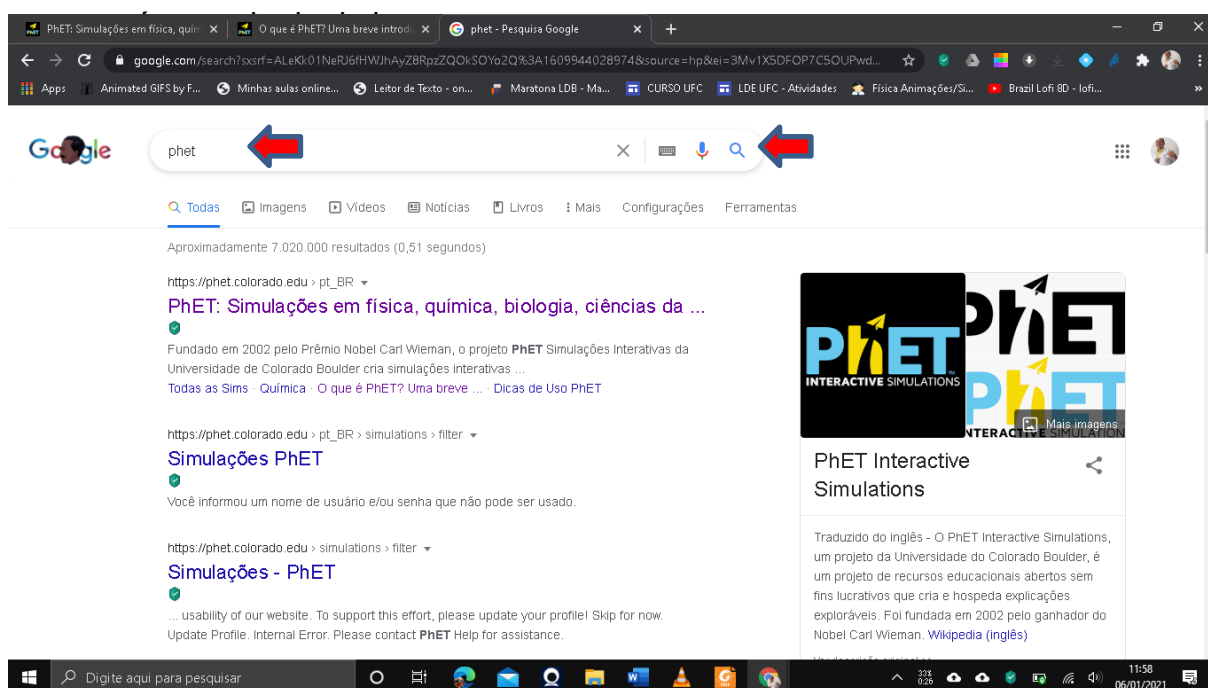
Conforme apresentado anteriormente as simulações podem ser utilizadas através do acesso “on line”, ou seja, para que a prática seja executada naquele momento o aluno deve estar conectado à internet em todo o momento da aula, porém, há também outras possibilidades em que pode-se baixar somente aquela simulação que se pretende utilizar ou todas as simulações no modo “offline” e também há a possibilidade de se baixar o aplicativo para utilização em dispositivos “Android” tablet ou celular.

É uma prática muito comum dos usuários de internet quando não se sabe o endereço completo do site ou portal que desejam acessar, usarem uma ferramenta de busca, e no presente momento da elaboração desse “Guia” o mais popular é o Google®

ACESSANDO O PHET VIA INDICAÇÃO DE SITE DE BUSCA

Na barra de endereços do navegador de internet digite: www.google.com.

Digite PHET na caixa de localizar, depois pressione enter em seguida

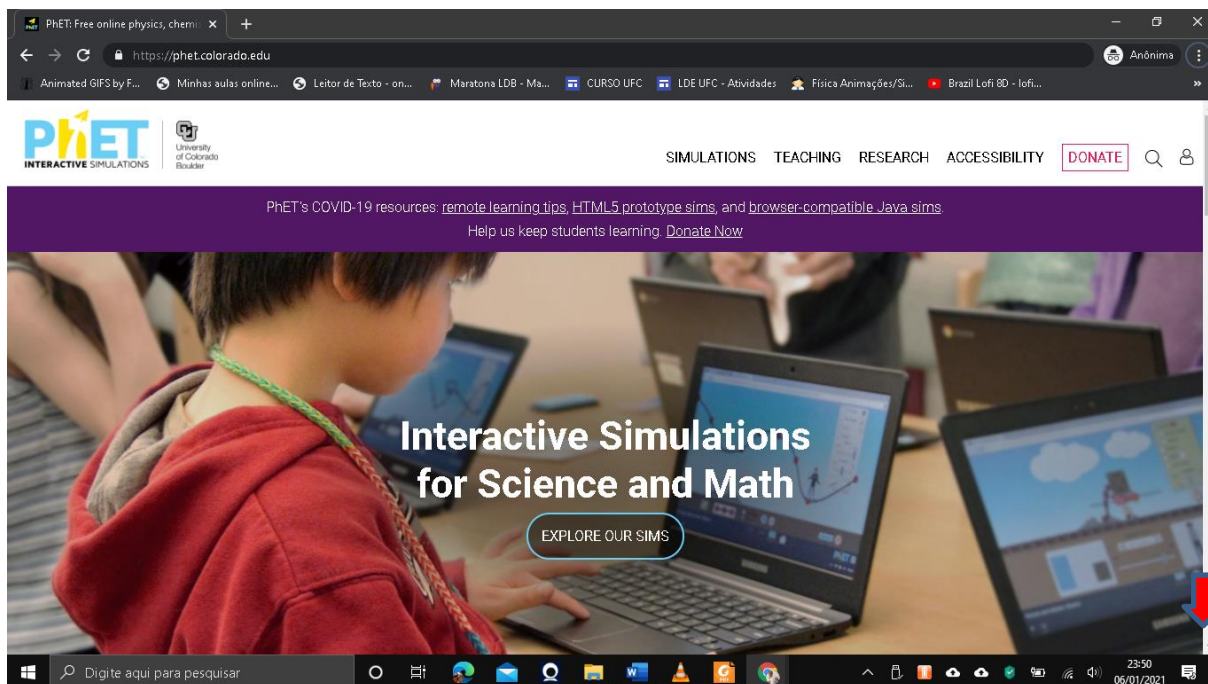


Fonte: Site google.com

ACESSANDO O PHET VIA DIGITAÇÃO DE ENDEREÇO NO NAVEGADOR

Na barra de endereços digite: <https://phet.colorado.edu>

Figura 10: Tela inicial do PhET

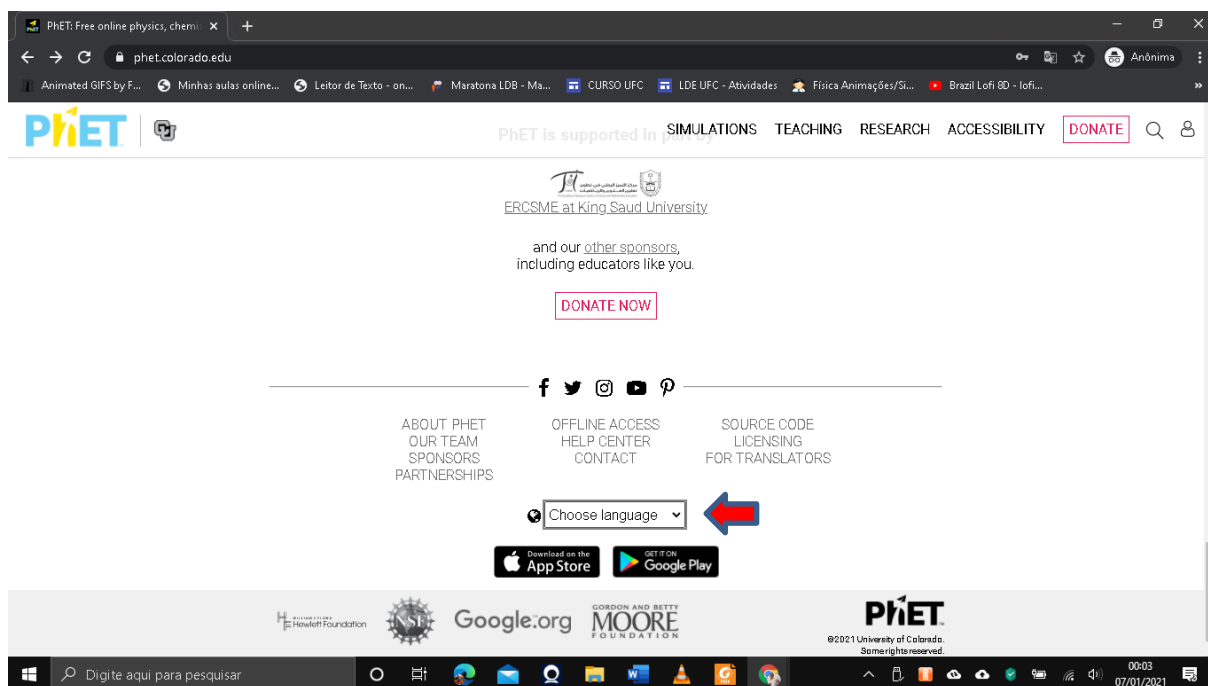


Fonte: Site PhET

Após a tela inicial aparecer, caso você queira colocar o site em português clique na barra de rolagem lateral para ir até o final do site.

Conforme mostrado na figura 3 a seguir clique na opção “Choose Language” depois de abrir a caixa de listagem procure e selecione a opção português (Brasil).

Figura 11: Caixa de Seleção para troca de idioma - “CHOOSE LANGUAGE”



Fonte: Site PhET

A partir da seleção do idioma português (Brasil) o site apresentará todas as informações no referido idioma.

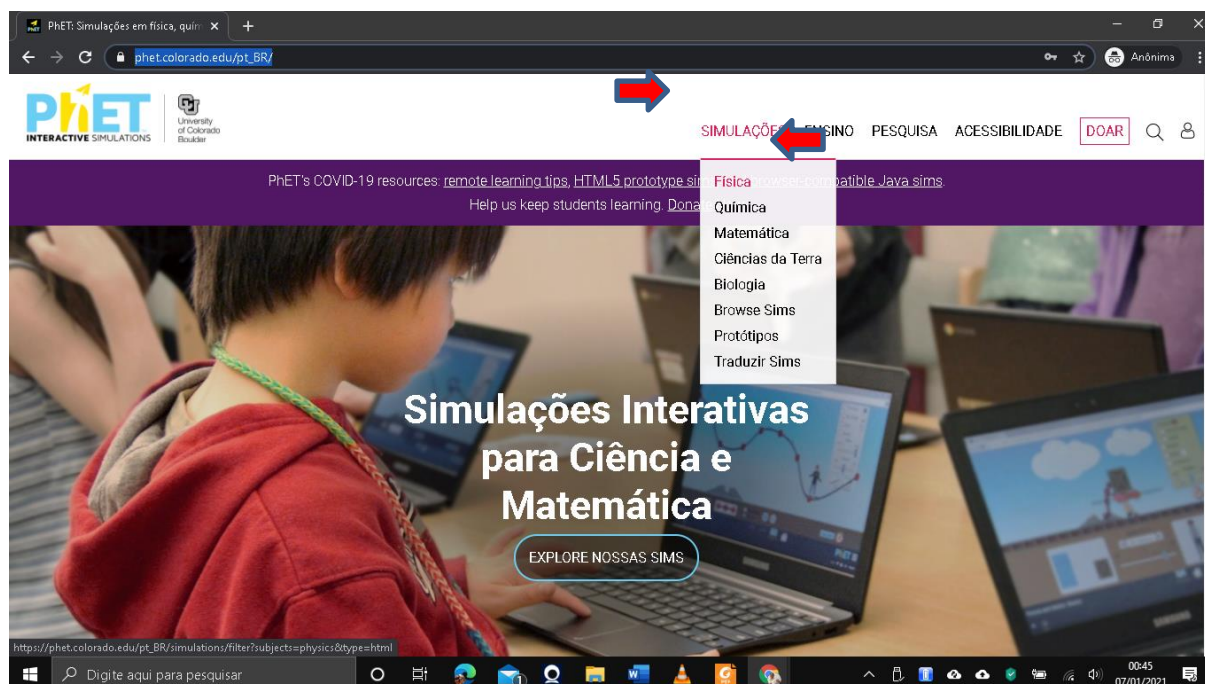
Para ter certeza que a partir de agora o site em está português do brasil, verifique se na barra de endereços é exibido o seguinte endereço: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

ACESSO ÀS SIMULAÇÕES DE FÍSICA

Após o procedimento de troca de idioma, agora o site está totalmente em português do Brasil. No topo da página aparecerão várias opções, a que nós iremos utilizar agora é: “Simulações”.

Coloque o ponteiro do mouse em cima de “Simulações”, em seguida se abre uma caixa suspensa, clique em Física.

Figura 12: Acesso às simulações de Física



Fonte: Site do PhET

Na tela seguinte aparece todas as opções referentes às simulações de Física, conforme a figura 5.

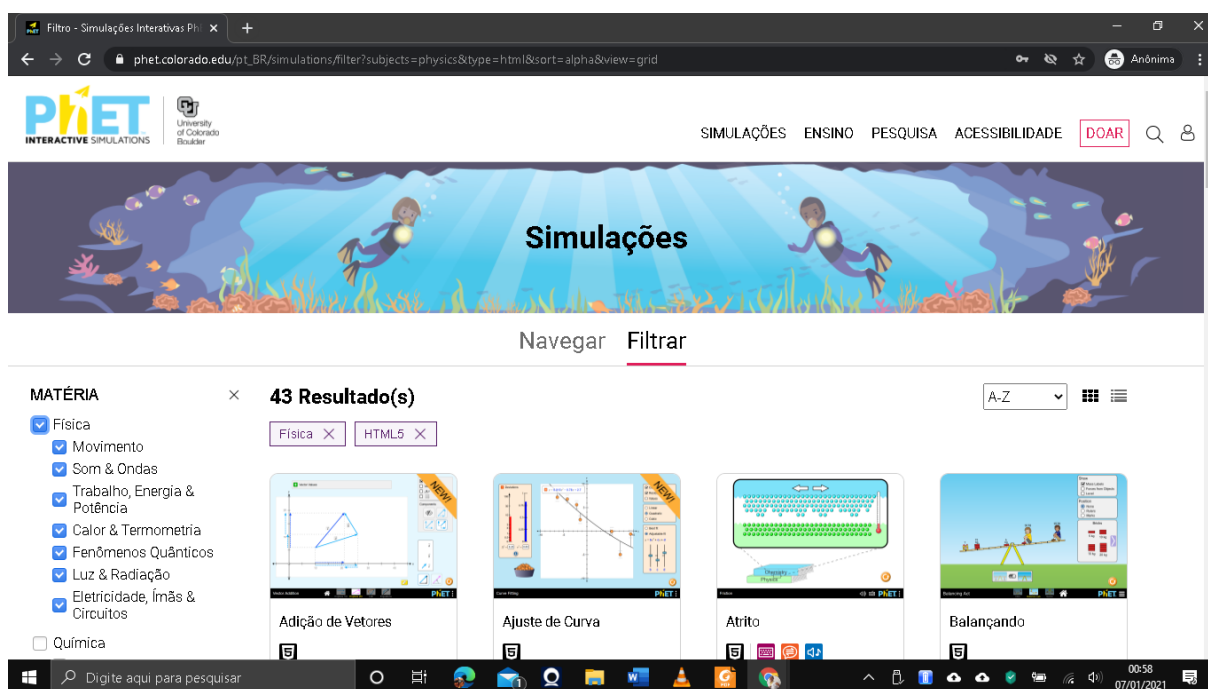


Figura 13: Simulações de Física do PhET

Fonte: Site PhET

2 SIMULAÇÕES DE ELETRICIDADE

O intuito do nosso trabalho é demonstrar como se utiliza as simulações de circuitos elétricos, mas para chegarmos ao nosso laboratório virtual de circuitos elétricos a partir da tela da figura 5, precisamos selecionar as simulações do ramo da Física de eletricidade, para então passamos ao passo seguinte na escolha da simulação específica.

Com a tela da figura 5 a sua frente desmarque o quadrado da matéria “Física”, depois marque apenas: Eletricidade, ímãs e Circuitos conforme está na figura 6.

Figura 14: Seleção de simulações de Eletricidade, ímãs e Circuitos

The screenshot shows the PhET website interface. At the top, there is a navigation bar with the PhET logo and the University of Colorado Boulder name. Below the navigation bar is a large banner with the word "Simulações" and an illustration of two divers underwater. Underneath the banner, there are two tabs: "Navegar" and "Filtrar". The "Filtrar" tab is active, and a filter menu is open on the left side. The filter menu is titled "MATÉRIA" and has a red box around it. The "Física" category is selected, and the "Eletricidade, Ímãs & Circuitos" sub-category is checked. A red arrow points to this checked option. To the right of the filter menu, it says "10 Resultado(s)". Below the filter menu, there are four simulation thumbnails: "Balões e Eletricidade Estática", "Cargas e Campos", "John Travoltagem", and "Kit para Montar Circuito DC". The browser's address bar shows the URL: phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=electricity-magnets-and-circuits&type=html&sort=alpha&view=grid. The browser's taskbar at the bottom shows the time as 0h:11 on 07/01/2021.

Fonte: Site PhET

LABORATÓRIOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS DO PHET

Atualmente há duas simulações de laboratórios de circuitos elétricos no PhET (figura 7) que são: Kit para Montar Circuito DC e Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual, basicamente as duas simulações são bastante semelhantes e com os mesmos recursos, no entanto, na última há dois modos de trabalho e há características como resistividade dos fios e resistência da bateria que podem ser modificados.

Figura 15: tela para seleção dos dois laboratórios de circuitos elétricos 1 e 2

The screenshot shows the PhET website interface with search results for 'Eletricidade, Ímãs & Circuitos'. The results are displayed in a grid. Two simulation cards are highlighted with red boxes: 'Balões e Eletricidade Estática' and 'Kit para Montar Circuito DC - Lab Virtual'. A red arrow points to the 'Kit para Montar Circuito DC' card. The website header includes navigation links for 'SIMULAÇÕES', 'ENSINO', 'PESQUISA', 'ACESSIBILIDADE', and 'DOAR'. The left sidebar shows a list of subjects and educational levels. The bottom of the page shows the Windows taskbar with the time 04:52 on 08/01/2021.

Fonte: Site do PhET

3 KIT PARA MONTAR CIRCUITO DC - LAB VIRTUAL

3.1 APRESENTAÇÃO E RECURSOS

Kit para Montar Circuito DC - Lab Virtual

University of Colorado Boulder

SIMULAÇÕES ENSINO PESQUISA ACESSIBILIDADE DOAR

- Circuitos em Série
- Circuito Paralelo
- Lei de Ohm

DOE

PHET é apoiada por

BMG
BILIMEDIA GROUP

e educadores como você.

COPIAR EMBUTIR

- ▶ SOBRE
- ▶ PARA PROFESSORES
- ▶ TRADUÇÕES
- ▶ SIMULAÇÕES RELACIONADAS
- ▶ REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARE)
- ▶ CRÉDITOS

[Sim Original \(Java ou Flash\)](#)

Figura 16: Tela de recursos para acesso a simulação

Fonte: Site PhET

As informações obtidas no site são bem abrangentes e bastante explicativas sobre os recursos e possibilidades, o que facilita muito a utilização e aplicação das Metodologias Ativas de Ensino das simulações.

Com informações obtidas no próprio site do PhEt a simulação dispõe das seguintes características:

SOBRE:

TÓPICOS

- Circuitos em Série;
- Circuito Paralelo;
- Lei de Ohm; e
- Lei de Kirchoff.

DESCRIÇÃO

Você gosta do Kit de Construção de Circuito: DC, mas quer usar apenas amperímetros em série? Este é a Sim para você! Experimente com um kit eletrônico. Construa circuitos com baterias, resistores, lâmpadas e interruptores. Determine se os objetos do cotidiano são condutores ou isoladores, e faça medições com um amperímetro e um voltímetro realistas. Veja o circuito como um diagrama esquemático ou mude para uma visão realista.

ALGUNS OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Explorar as relações básicas de eletricidade.
- Explicar as relações básicas de eletricidade em circuitos em série e paralelo.
- Usar um amperímetro e um voltímetro para fazer leituras em circuitos.
- Fornecer raciocínio para explicar as medidas e relações em circuitos.
- Construir circuitos a partir de desenhos esquemáticos.
- Determinar se objetos comuns são condutores ou isoladores.

para professores:

Neste tópico você encontra informações pertinentes a utilização dos recursos existentes na simulação, um arquivo no formato PDF e um vídeo com recursos introdutórios em inglês.

Caso o professor queira utilizar a simulação e ainda não tenha ideia de como fazer, ou como empregar os recursos existentes, aqui está uma coleção de atividades já preparadas por outros professores em diversos idiomas. Role a tela da figura 9 para visualizar todas disponíveis.

Figura 17: Atividades enviadas por professores

Fonte: Site PhET

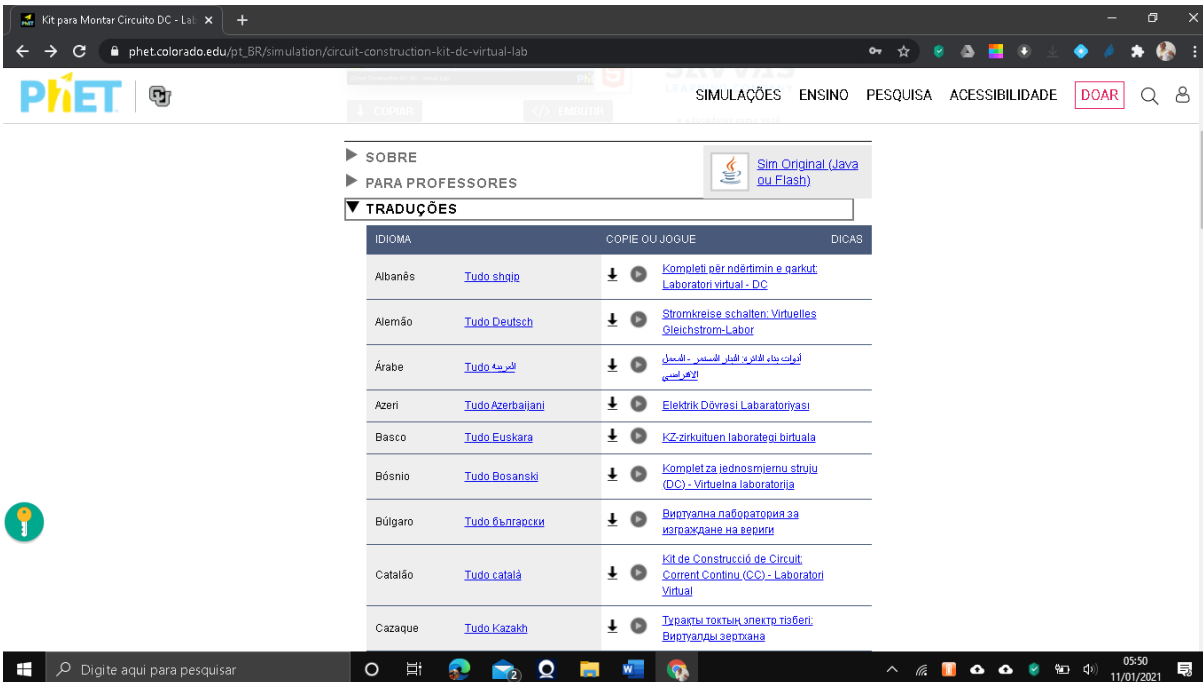
The screenshot shows the PhET website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'SIMULAÇÕES', 'ENSINO', 'PESQUISA', 'ACESSIBILIDADE', and 'DOAR'. Below the navigation bar, there is a video player showing a video titled 'Kit para Montar Circuito DC - Lab Virtual'. The main content area is titled 'Atividades Enviadas por Professores' and contains a table of activities. The table has columns for 'TÍTULO', 'PHET', 'AUTORES', 'NÍVEL', 'TIPO', and 'MATÉRIA'. The activities listed are:

TÍTULO	PHET	AUTORES	NÍVEL	TIPO	MATÉRIA
ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES		W. Q. NEVES - IFCE	EM	Lab Dirigido	Física
Montagem Circuito DC - Lab Virtual		José Lucas Nassif Maluf	EM	Lab Dirigido	Física
Eletrodinâmica (Atividades) nos OA's do PhET		Artur Araújo Cavalcante e Givanderys Leite Sales	Outro EM MS	TdeC Debate Outro Dirigido	Matemática Física Outro
Atividades sobre Eletricidade nos OA's do PhET		Artur Araújo Cavalcante e Givanderys Leite Sales	MS EM Outro Grad-Intro	Lab TdeC Debate Demo Dirigido	Outro Física Ciências da Terra
Concept questions for Physics using PhET (Inquiry-Based)	★ PHET	Trish Loeblein	EM Grad-Intro	Múltipla Escolha	Física
Algebra-based Physics Semester one lessons, clicker questions, and	★ PHET	Trish Loeblein	Grad-Intro EM	TdeC Lab Demo	Física

A red arrow points to the bottom of the page, indicating that the list can be scrolled down to view more activities.

TRADUÇÕES

Neste tópico você tem acesso à mesma simulação em vários idiomas para baixar ou executar “on line”. Na presente data de elaboração deste Guia, há disponíveis mais de 30 traduções de idiomas diferentes.



IDIOMA	COPIE OU JOGUE	DICAS
Albanês	Tudo shqip	↓
Alemão	Tudo Deutsch	↓
Árabe	Tudo العربية	↓
Azeri	Tudo Azerbaijani	↓
Basco	Tudo Euskara	↓
Bósnio	Tudo Bosanski	↓
Búlgaro	Tudo Български	↓
Catalão	Tudo català	↓
Cazaque	Tudo Kazakh	↓

Figura 18: Traduções da simulação

Fonte: Site PhET

SIMULAÇÕES RELACIONADAS

O tópico do recurso é autoexplicativo, nele você encontra todas as simulações presentes no site que sejam correlacionadas a que você está no momento.

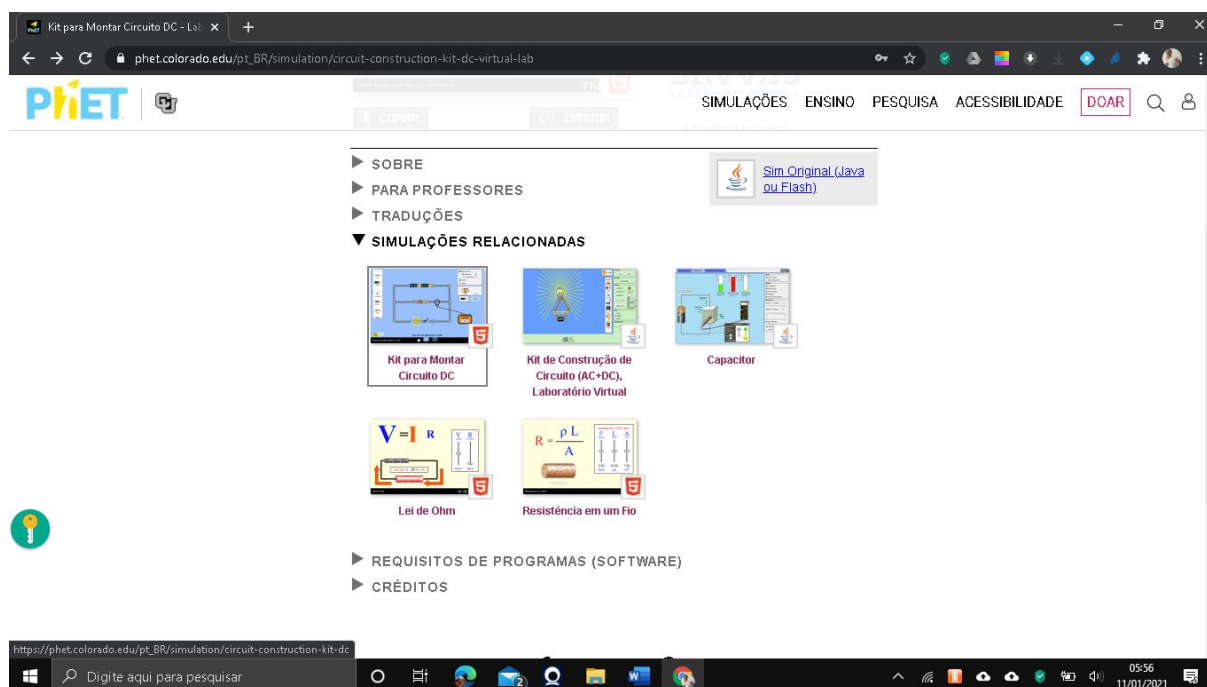


Figura 19: Simulações relacionadas

Fonte: Site PhET

REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARES)

No presente tópico há as informações pertinentes às características necessárias à simulação para que possa ser executada em diferentes tipos de equipamentos e diferentes ambientes operacionais, as simulações do PhET são bastante populares, pois podem ser executadas em muitos ambientes que vão desde a tela de um celular através de qualquer navegador até telas de TV do tipo SMARTV.

Relação de dispositivos e sistemas compatíveis com as simulações:

A simulação aqui apresentada em tecnologia de HTML5 que pode ser executada em nos dispositivos: Ipad e Chromebooks, em PCs e MAC e sistemas Linux com as seguintes versões:

Ipad: IOS 12 ou superior com navegador Safari;

Android: Segundo o site do PhET, não há suporte oficial aos dispositivos, mas a tecnologia HTML5 está embutida em todos os navegadores modernos atualizados, a simulação poder usada no navegador Chrome para android, em cuja única limitação é o tamanho da tela.

Chromebook: a tecnologia HTML5 é suportada por esses sistemas;

Windows Systems (Sistemas Windows): Poder ser usada nos navegadores Microsoft Edge, Firefox e Google Chrome, desde que estejam atualizados na última versão;

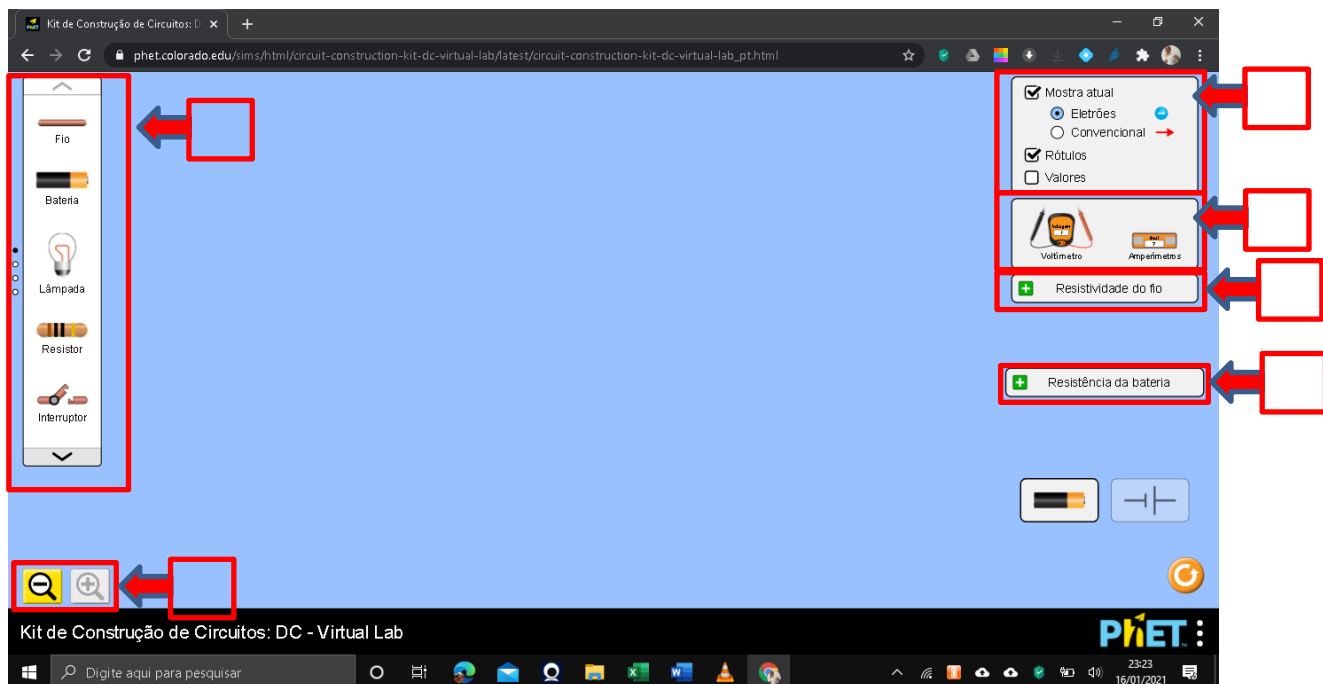
Macintosh Systems (Sistemas Macintosh): Usando a versão 10 ou superior do sistema, bem como a última versão do navegador Chrome.

Linux Systems (Sistemas Linux): Oficialmente não há suporte para o Linux, mas desde que ele tenha instalado Chrome atualizado e/ou outros navegadores compatíveis com a tecnologia HTML5, será capaz de executar a simulação.



figura 12

Figura 20: Clique para iniciar a simulação



Fonte: Site PhET

Ao ter clicado conforme as instruções você terá acesso a um ambiente igual a da tela figura 13, com vários recursos que será explanados em nosso guia.

Figura 21: Tela do ambiente de simulação

Fonte: Site PhET

A partir da tela acima da figura 13, você pode visualizar recursos disponíveis para a prática virtual. A tela tem vários componentes que classificamos a seguir:

Componentes usados para as simulações, tais como: fio, bateria, lâmpada, interruptor, fusível, resistor, dinheiro em papel, moeda e borracha;

Ferramentas de zoom, são duas lupas uma para diminuir e outra para aumentar o zoom da tela;

Barra de ferramentas de legendas, para visualizar a corrente elétrica real ou convencional, para a visualização dos elétrons percorrendo o circuito, etiquetas nos objetos colocados no circuito, bem como os seus valores;

Instrumentos de medidas, voltímetro para a leitura da tensão e o amperímetro para medir a corrente elétrica que passa pelo circuitos;

Resistividade do fio, essa ferramenta é autoexplicativa, para alterar a resistividade do fio elétrico quando estiver ligado aos computadores;

Resistência da bateria; essa ferramenta é autoexplicativa, serve para alterar o valor da resistência da bateria.

4 APRENDENDO UTILIZAR A SIMULAÇÃO

A seguir é apresentado um exemplo de kit de construção de circuitos elétricos DC simples, usando o PhET.

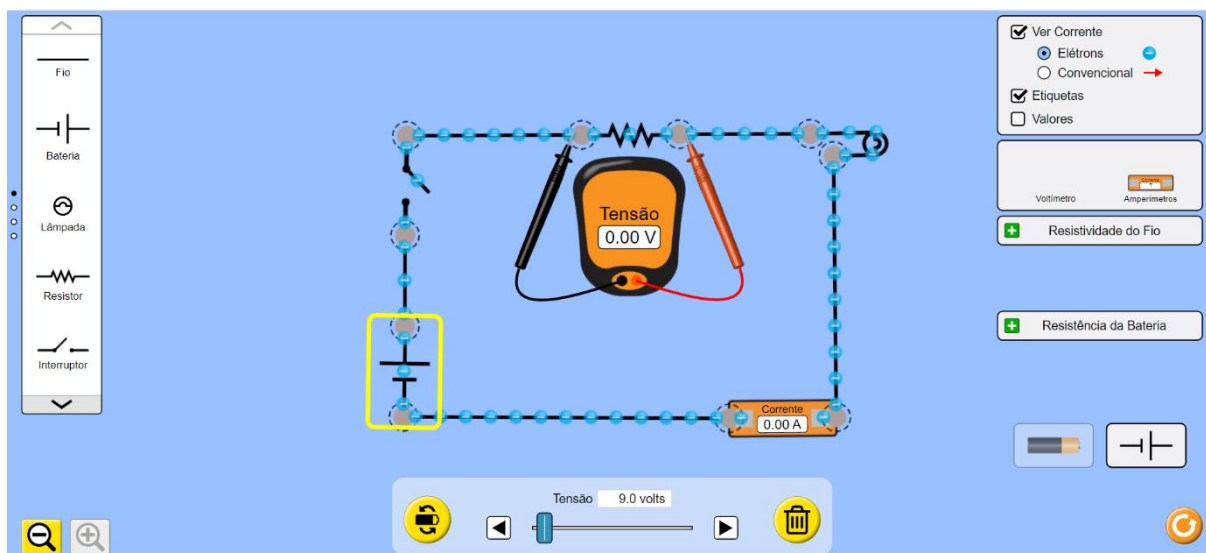
Figura 22 - Kit de Construção de circuitos DC no PhET



Fonte: Site PhET

A interface é bastante amigável e intuitiva, bastando apenas arrastar os componentes para a montagem do circuito.

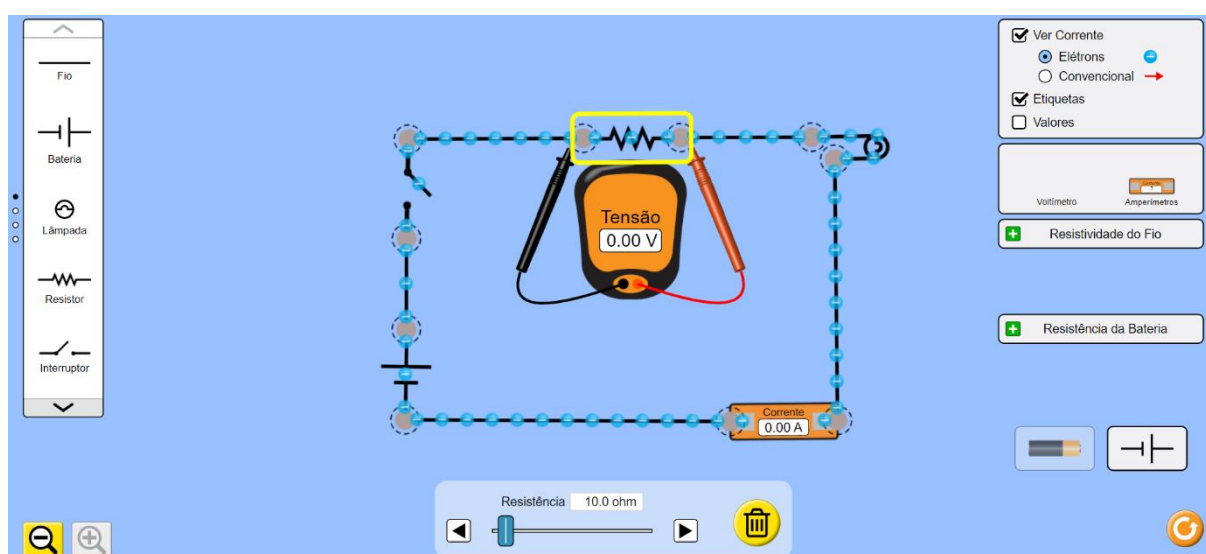
Figura 23 – Montagem de um circuito DC simples no PhET



Fonte: Elaboração própria no Site PhET

Simplesmente clicando em cada componente, são exibidas opções de configuração das características dos componentes. No exemplo mostrado na figura 5, a fonte de alimentação foi configurada para 9 volts. Na figura 6, o resistor foi configurado para 10 ohms.

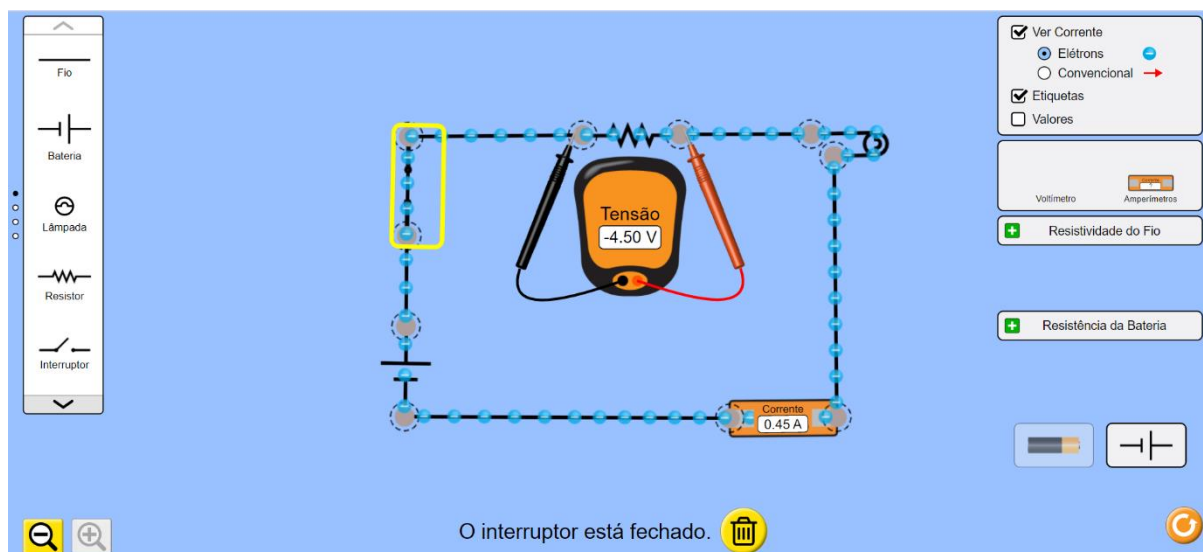
Figura 24 – Configuração dos componentes no PhET



Fonte: Elaboração própria no Site PhET

Ao fechar o interruptor, os valores de tensão e corrente são exibidos no voltímetro e no amperímetro respectivamente, além da animação mostrando o sentido a direção da corrente.

Figura 25 - Fechamento do circuito no PhET

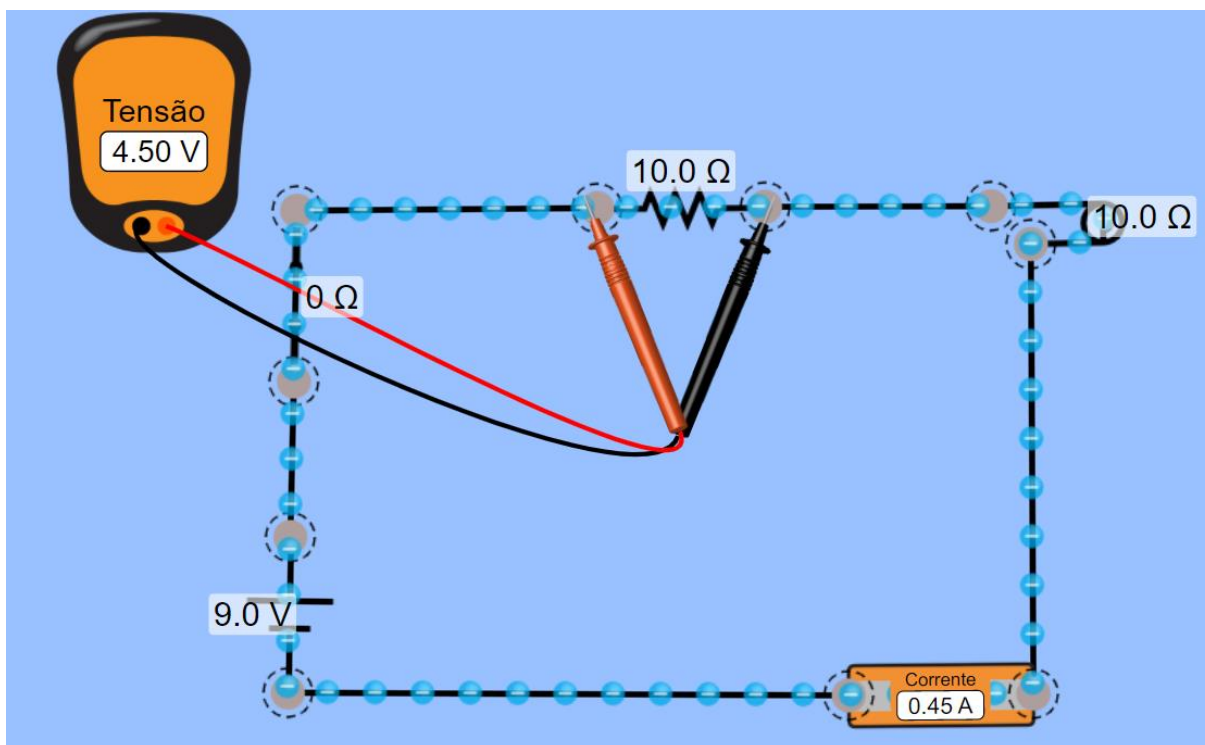


Fonte: Elaboração própria no Site PhET

Conforme mostrado na figura 7, a tensão apresentada é negativa (-4,5 volts). Nesse caso, o aluno pode facilmente identificar que o terminal negativo do voltímetro está conectado no terminal positivo da bateria e um exercício pode ser inverter os terminais e verificar o que acontece. Outro exercício que pode ser proposto ao aluno é identificar porque a tensão sobre o resistor é de -4,5 volts se a bateria é de 9 volts.

Conforme podemos ver na figura 8, a resistência da lâmpada também é de 10 ohms, o que totaliza uma resistência do circuito em 20 ohms, gerando uma corrente de $9,0 \text{ volts} / 20,0 \text{ ohms} = 0,45 \text{ Ampères}$ e, portanto a tensão no resistor e na lâmpada é de $0,45 \text{ Ampères} \times 10,0 \text{ ohms} = 4,5 \text{ volts}$.

Figura 26 - Inversão dos terminais do voltímetro e apresentação dos valores no circuito



Fonte: Elaboração própria no Site PhET

Este é somente um exemplo das possibilidades de utilização do Laboratório Virtual para aplicar os conceitos estudados, com a facilidade de alteração dos parâmetros e análise dos efeitos.

As estratégias básicas para utilização de Laboratórios Virtuais correspondem efetivamente às de todo ensino eficaz. Estas estratégias são discutidas nas diretrizes para a criação de atividades baseadas em pesquisas. Resumidamente, eles incluem:

- 1) definir objetivos específicos de aprendizagem;
- 2) encorajar os alunos a usar a criação de sentido e o raciocínio;
- 3) conectar-se e desenvolver o conhecimento e compreensão prévios dos alunos (incluindo abordar possíveis equívocos);
- 4) conectar-se e compreender as experiências do mundo real;
- 5) encorajar atividades colaborativas produtivas;
- 6) não restringir a exploração do aluno;

7) exigir raciocínio / criação de sentido em palavras e diagramas (ou seja, múltiplas representações);

ajudar os alunos a monitorar sua compreensão.