

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul)
Câmpus Pelotas - Visconde da Graça (CaVG)
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED)
Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação

**Um estudo sobre o uso da plataforma PhET para
introduzir circuitos elétricos através de uma Unidade de
Ensino Potencialmente Significativa**

JOSÉ RICARDO FABRES SEDREZ

ORIENTADOR: Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck

Pelotas - RS
Maio/2025

JOSÉ RICARDO FABRES SEDREZ

**Um estudo sobre o uso da plataforma PhET para
introduzir circuitos elétricos através de uma Unidade de
Ensino Potencialmente Significativa**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação do Câmpus Pelotas - Visconde da Graça do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologias na Educação.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul)
Câmpus Pelotas - Visconde da Graça (CaVG)
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED)
Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação

JOSÉ RICARDO FABRES SEDREZ

**Um estudo sobre o uso da plataforma PhET para
introduzir circuitos elétricos através de uma Unidade de
Ensino Potencialmente Significativa**

Data da banca: 08/04/2025

Banca examinadora:

Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck
Orientador – IFSul/CaVG

Prof. Dr. Fernando Augusto Treptow Brod
IFSul/CaVG

Prof. Dr. Valmir Heckler
FURG

Prof Dr. Charles dos Santos Guidotti
FURG

- S449e Sedrez, José Ricardo Fabres
Um estudo sobre o uso da plataforma PhET para introduzir circuitos elétricos através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa/ José Ricardo Fabres Sedrez. – 2025.
110 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós - graduação em Ciências e Tecnologias da Educação, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck.
1. Tecnologias na educação. 2. Circuitos elétricos. 3. Simulação digital. I. Beck, Vinicius Carvalho (ori.), II. Título.

CDU: 378.046-021.68:621.3

Catálogo na fonte elaborada pelo Bibliotecário
Vitor Gonçalves Dias CRB 10/1938
Câmpus Pelotas Visconde da Graça

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele nada é possível, e pelo dom da vida. Aos meus pais (in memoriam), minha esposa e filhos pelo amor, ensinamentos e apoio sempre dedicados a mim no decorrer da minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

À Deus, criador e Pai de todas as coisas. À Ele, a quem agradeço ao final de todos os dias pelos momentos de aprendizagem e pelas conquistas alcançadas, quero, mais uma vez, dedicar as vitórias da minha vida.

À minha família, que torceu e rezou por mim, de modo especial aos meus pais, Dejanira Fabres Sedrez (in memoriam) e José Brizolara Sedrez (in memoriam), que, dentro de suas condições, nunca mediram esforços e, de forma amável, sempre me guiaram e aconselharam a seguir no caminho da aprendizagem e na busca dos meus sonhos.

À minha querida esposa, Silvia Elena Koth Sedrez, que esteve sempre ao meu lado, dando apoio, ânimo e coragem para seguir em frente, e aos meus filhos de sangue: José Henrique Koth Sedrez, Lucia Elena Koth Sedrez e José Felipe Koth Sedrez, bem como aos meus filhos de coração, Eduarda Janine Dall'Aqua e Matheus Barcelos Rocha, que sempre me deram força e entusiasmo para chegar até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vinícius Carvalho Beck, pelas orientações que me conduziram à efetivação desta dissertação.

Aos Coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED) no período em que lá estive, Professores João Ladislau Barbará Lopes e Maria Isabel Giusti Moreira, e a todo o corpo docente do referido Programa, que, por meio de seus conhecimentos e disciplinas, contribuíram para a base deste trabalho, assim como aos servidores e terceirizados, que, de uma forma ou outra, contribuíram dando apoio e condições necessárias para o bom desempenho das atividades.

Aos colegas e amigos da Coordenadoria de Pagamento – COPAG, que, com seu apoio e dedicação, me deram condições para que, nos dias de aula do Mestrado, eu pudesse me dedicar a este programa.

Ao Pró-Reitor de Gestão de Pessoas - PROGEP, Sr. Thiago da Rosa Giusti, e ao Chefe do Departamento de Administração de Pessoas – DAP, Sr. Paulo Sérgio Gonçalves Silveira, que permitiram e me deram condições de participar deste programa.

E a todos que, direta ou indiretamente, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste momento tão especial e de grande importância para a minha vida pessoal e profissional – o meu muito obrigado!

EPÍGRAFE

“O sucesso não acontece por acaso. É trabalho duro, perseverança, aprendizado, estudo, sacrifício e, acima de tudo, amor pelo que você está fazendo ou aprendendo a fazer”.

Edson Arantes do Nascimento - Pelé

RESUMO

Muitas instituições de ensino enfrentam dificuldades para adquirir materiais elétricos ou não possuem uma área específica para desenvolver atividades práticas envolvendo Eletricidade. Uma alternativa para esse problema é o uso de simulações digitais. Este trabalho teve como objetivo geral descrever e analisar a utilização de uma plataforma digital para ensinar conceitos relacionados a circuitos elétricos com vistas à validação de um texto de apoio previamente elaborado, destinado a professores que desejam introduzir essas ideias em diferentes níveis de ensino. A metodologia adotada foi de abordagem qualitativa, caracterizando-se como um estudo de caso. Nosso referencial teórico foi a Teoria da Aprendizagem Significativa do americano David Ausubel, na visão do professor Marco Antônio Moreira. Propusemos uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), a partir do uso da simulação digital *Kit para montar circuito DC* da plataforma PhET. Destaca-se que a UEPS proposta possibilitou a reconciliação integrativa dos conceitos de circuito série e circuito paralelo, e mais especificamente, notou-se, em alguns casos, certa dificuldade dos estudantes para manipularem fios e lâmpadas na plataforma, devido à posição dos terminais para lâmpadas. No decorrer da aplicação algumas dificuldades foram constatadas, como por exemplo, no circuito série o fechamento do circuito sem que a corrente elétrica passasse pelas lâmpadas causando curto-circuito, e no paralelo, a lâmpada sendo ligada em dois terminais no mesmo ponto, inviabilizando seu funcionamento. Os estudantes participantes conseguiram constatar que no circuito série as lâmpadas possuem dependência entre si, e que existe apenas um caminho a ser percorrido pela corrente elétrica; e no paralelo, ao contrário, as lâmpadas são independentes entre si e há mais de um caminho para a corrente. Essas ideias foram constituídas, através do processo de reconciliação integrativa, a partir dos exemplos das lâmpadas de natal e das instalações residenciais, inicialmente apresentados, o que nos levou à validação da UEPS proposta em nosso texto de apoio.

Palavras-chave: simulação digital; circuitos elétricos, produto educacional; PhET.

ABSTRACT

Many educational institutions face difficulties in acquiring electrical materials or do not have a specific area to develop practical activities involving Electricity. An alternative to this problem is the use of digital simulations. The general aim of this dissertation was to describe and analyze the use of a digital platform to teach concepts related to electrical circuits with a view to validating a previously prepared support text, aimed at teachers who wish to introduce these ideas at different levels of education. The methodology adopted was a qualitative approach, characterized as a case study. Our theoretical framework was the Theory of Meaningful Learning by the American David Ausubel, in the view of Professor Marco Antônio Moreira. We proposed a Potentially Significant Teaching Unit (LIFO), based on the use of the digital simulation *Kit to assemble the DC circuit* of the PhET platform. It is noteworthy that the proposed LIFO enabled the integrative reconciliation of the concepts of series circuit and parallel circuit, and more specifically, it was noted, in some cases, a certain difficulty for students to manipulate wires and lamps on the platform, due to the position of the lamp terminals. During the application, some difficulties were found, such as, for example, in the series circuit, the circuit closing without the electric current passing through the lamps, causing short-circuit, and in the parallel, the lamp being connected to two terminals at the same point, making its operation unfeasible. The participating students were able to verify that in the series circuit the lamps are dependent on each other, and that there is only one path to be taken by the electrical current; and in parallel, on the contrary, the lamps are independent of each other and there is more than one path for the current. These ideas were constituted, through the process of integrative reconciliation, from the examples of Christmas lamps and residential installations, initially presented, which led us to the validation of the LIFO proposed in our support text.

Keywords: digital simulation; electrical circuits, educational product; PhET.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Circuito Elétrico Série.....	19
Figura 2 – Circuito Elétrico Paralelo	19
Figura 3 – Representação de um circuito na plataforma PhET	21
Figura 4 – Representação de um circuito DC na plataforma PhET	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Informações da Revisão de Literatura.....	22
Quadro 2 – Passos de uma UEPS	32
Quadro 3 – Passos da UEPS proposta	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CaVG – Câmpus Pelotas Visconde da Graça

CEFET-RS - Centro Federal de Educação Tecnológica

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CNS - Conselho Nacional de Saúde

COVID19 - Corona Vlrus Disease 2019

DC – Direct Current – Corrente Continua

DDP - Diferença de Potencial

ETFPEL - Escola Técnica Federal de Pelotas

IFSul – Instituto Federal Sul-rio-grandense de Educação, Ciência e Tecnologia

PhET - Physics Education Technology

PPGCITED - Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação

PPGCITED – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação

RexLab - Laboratório de Experimentação Remota da UFSC

TCLE - Termo de Consentimento Livre Esclarecido

UCPEL - Universidade Católica de Pelotas

UEPS - Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do sul

UNIVATES - Universidade do Vale do Taquari

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
1 INTRODUÇÃO	14
2 CIRCUITOS ELÉTRICOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	22
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
4.1 Aprendizagem Significativa.....	29
4.2 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS	31
5 PERCURSO METODOLÓGICO.....	34
6 PROPOSTA DIDÁTICA	400
7 PRODUTO EDUCACIONAL	422
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO	455
8.1 Categorização.....	455
8.2 Dificuldades com a Simulação.....	455
8.3 Reconciliação Integrativa dos conceitos de série e paralelo	477
8.4 Representações espontâneas dos alunos de lâmpadas de árvore de natal e circuito residencial na plataforma PhET	511
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	533
REFERÊNCIAS.....	55
APÊNDICES	58
Apêndice 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	59
Apêndice 2 - Produto Educacional	61
Apêndice 3 - Dados Brutos.....	93

1 INTRODUÇÃO

O Mestrando autor desta dissertação é servidor público federal, atuando na área de Gestão de Pessoas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul). Ao longo de sua trajetória profissional, já trabalhou em outras áreas da Administração, inclusive no setor privado. Antes de se tornar servidor, atuou como professor substituto entre 2001 e 2006 na mesma Instituição em que trabalha atualmente, e onde formou-se no Curso Técnico em Eletrotécnica no ano de 1982, ministrando aulas nas disciplinas de Medidas Elétricas, Projetos Elétricos, Máquinas Elétricas e Circuitos Elétricos.

Concluiu o Curso Técnico em Eletrotécnica na antiga Escola Técnica Federal de Pelotas (ETFPEL), hoje IFSul – Câmpus Pelotas. Posteriormente, concluiu os cursos de Bacharelado em Administração de Empresas e Bacharelado em Ciências Contábeis, além de uma Especialização de Administração em Marketing, todos na Universidade Católica de Pelotas (UCPEL). Também cursou o Programa de Formação Pedagógica, em nível de Licenciatura Plena, na área de Gestão, pelo Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-RS), hoje IFSul – Câmpus Pelotas.

Desde que o autor desta dissertação se formou até o período em que atuou como professor substituto, o mundo passou por grandes mudanças tecnológicas, especialmente na área da Engenharia Elétrica. Por exemplo, enquanto estudante, o autor desta dissertação realizava desenhos de circuitos elétricos utilizando papel vegetal e caneta de nanquim. Hoje, com o auxílio de programas computacionais como o software CAD - AutoCAD, é possível simular um circuito e testar sua eficácia antes mesmo de construí-lo fisicamente. Naquela época, simular circuitos em programas computacionais, como fazemos atualmente, era algo inimaginável.

Experimentos com relés de presença, por exemplo, eram considerados desafiadores, pois a informática ainda não havia se desenvolvido tanto quanto nos anos seguintes. Um relé com sensor de presença era algo fantástico naquela época, mas, hoje, não passa de um componente eletrônico comum. Muitas coisas mudaram: surgiram as placas fotovoltaicas, os comandos de longa distância por meio da internet e tantas outras inovações tecnológicas.

O foco deste trabalho está no estudo de circuitos elétricos. Todo sistema elétrico é formado por circuitos, que podem ser em série, em paralelo ou misto (parte

em série e parte em paralelo). O circuito em série é aquele no qual a fonte e todos os componentes com resistência elétrica (no mínimo dois) estão conectados sequencialmente e sem derivações. Já o circuito em paralelo é formado por mais de um componente com resistência elétrica, conectados através de um único ponto, paralelamente à fonte de energia elétrica. Por sua vez, os circuitos mistos apresentam seus componentes com resistência elétrica em parte conectados sequencialmente e em parte conectados por um único ponto.

Devido ao conhecimento técnico adquirido na área de Eletrotécnica e à experiência como professor no Curso de Eletrotécnica, o autor desta dissertação entende que é muito importante para o estudante realizar a montagem de circuitos elétricos, na prática. No entanto, muitas instituições de ensino enfrentam dificuldades para adquirir materiais elétricos ou não possuem uma área específica para desenvolver atividades práticas envolvendo Eletricidade. Uma alternativa para esse problema é o uso de simulações digitais.

Uma *plataforma digital* é uma ferramenta eletrônica/computacional que pode ser utilizada para realizar trabalhos que seriam normalmente feitos fisicamente, mas que, por falta de recursos, riscos envolvidos ou limitações de visualização, não podem ser executados de maneira imediata. No caso deste trabalho, durante as discussões iniciais do grupo de estudos, tivemos contato com uma plataforma digital voltada para o ensino de circuitos elétricos, disponibilizada pela plataforma Physics Education Technology (PhET). A partir desse contexto, surgiu a seguinte questão de pesquisa: como introduzir conceitos relacionados a circuitos elétricos utilizando simulações digitais, de modo a despertar a curiosidade e participação dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, de forma significativa?

Este trabalho tem como objetivo geral descrever e analisar a utilização de uma plataforma digital para ensinar conceitos relacionados a circuitos elétricos com vistas à validação de um texto de apoio previamente elaborado, destinado a professores que desejam introduzir essas ideias em diferentes níveis de ensino.

Os objetivos específicos são: 1) observar a atividade na qual a plataforma PhET é utilizada como forma de promover um primeiro contato com o funcionamento do circuito em série e do circuito em paralelo; e 2) analisar trechos de entrevistas realizadas com o professor participante da pesquisa, que aplicou a atividade com seus estudantes.

Este trabalho, em sua continuidade, constitui-se nos próximos capítulos pelo seguinte: no Capítulo 2, sobre Circuitos Elétricos, é apresentada uma definição básica de circuito elétrico, em série e em paralelo, além de algumas considerações sobre a plataforma digital utilizada na pesquisa; no Capítulo 3, Revisão de Literatura, são apresentados os resultados principais de sete trabalhos de pesquisa que tratam do mesmo tema abordado neste estudo; no Capítulo 4, Referencial Teórico, são expostas algumas ideias básicas da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, na visão do professor Marco Antônio Moreira, e sua proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que tem na teoria da aprendizagem significativa uma de suas bases; no Capítulo 5, Percurso Metodológico, é descrita a abordagem da pesquisa, sua natureza, os instrumentos de coleta de dados e a forma de validação do produto educacional; no Capítulo 6, Proposta Didática, é apresentada a proposta didática na qual o produto educacional está baseado, com embasamento teórico e descrição de como foi aplicado; no Capítulo 7, Resultados e Discussão, são apresentados os dados da pesquisa e a discussão sobre o que foi proposto; e, finalmente, no Capítulo 8, Considerações Finais, são sintetizados os principais achados da pesquisa, bem como as conclusões alcançadas em relação à validação do produto educacional proposto.

2 CIRCUITOS ELÉTRICOS

Um *circuito elétrico* é um conjunto formado por pelo menos três elementos: uma fonte de tensão, também chamada de gerador (que pode ser do tipo contínuo ou alternado), um receptor ou resistor e condutores que conectam todos os elementos. Em um circuito elétrico, uma fonte é ligada a dois terminais através de condutores e, em alguma parte do circuito, há um receptor ou resistor sendo alimentado. Todo elemento contido em um circuito que não transforma energia elétrica em energia térmica é denominado receptor, conforme Dell'Arciprete e Granado (1978, p. 96). Quando esse elemento transforma energia elétrica em energia térmica, é denominado resistor.

Conforme Dell'Arciprete e Granado (1978, p. 96), um gerador é todo elemento de circuito capaz de transformar energia não elétrica em energia elétrica. A função de um gerador em um circuito consiste em fornecer energia potencial às cargas que o atravessam. Ao manter uma diferença de potencial entre seus polos, o gerador garante a circulação de corrente elétrica. No circuito externo, as cargas perdem gradativamente essa energia potencial elétrica, que é transformada em energia térmica (nos resistores), energia mecânica (nos motores) ou energia química (na recarga de baterias). São exemplos de geradores de corrente contínua: pilhas, baterias automotivas, placas fotovoltaicas, entre outros. Já exemplos de geradores de corrente alternada incluem turbinas hidráulicas, turbinas a vapor, entre outros.

Segundo Dell'Arciprete e Granado (1978, p. 11-16), *corrente elétrica* é o nome dado ao movimento ordenado de cargas elétricas. Por convenção, adota-se como sentido da corrente elétrica o sentido do movimento das cargas positivas, ou seja, o sentido contrário ao movimento das cargas negativas. O primeiro caso é chamado de *sentido convencional*, enquanto o segundo é denominado *sentido eletrônico*. A corrente elétrica é representada pela letra **i** e tem como unidade de medida o Ampère.

De acordo com Dell'Arciprete e Granado (1978, p. 30), o desequilíbrio elétrico existente entre os polos de um gerador pode ser avaliado por meio de uma grandeza física representada pelas letras **U** ou **V**, que recebe o nome de Diferença de Potencial Elétrico (DDP), também conhecida como tensão elétrica, cuja unidade de medida é o volt. Existem diversos tipos de receptores e resistores. Como exemplos de receptores, temos as lâmpadas frias e os motores, que transformam a energia

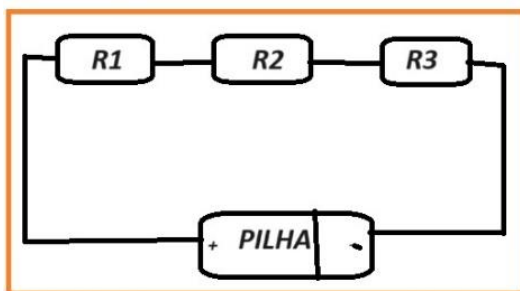
elétrica, respectivamente, em energia luminosa e energia mecânica. Já entre os resistores, podemos citar o ferro elétrico, as estufas, as lâmpadas incandescentes, entre outros, que transformam a energia elétrica em energia térmica. A partir deste ponto, vamos nos concentrar nos resistores, pois eles sofrem o efeito Joule, que é o aquecimento provocado pela transformação de energia elétrica em energia térmica. Os resistores, teoricamente, possuem valores constantes, e sua principal característica é oferecer resistência à passagem da corrente elétrica. Essa resistência está diretamente relacionada, numericamente, com a corrente elétrica e inversamente relacionada à tensão. O quociente entre a DDP e a intensidade da corrente i denomina-se resistência elétrica do fio condutor, sendo representado por R e medido na unidade Ohm (Ω).

Os condutores, além de interligarem os demais elementos do circuito elétrico, devem possuir a característica de baixa resistência, a fim de não interferirem no seu funcionamento. Segundo Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 50), na transmissão de energia elétrica e nos enrolamentos de motores e geradores, procura-se reduzir ao mínimo a resistência elétrica para evitar perdas pelo efeito Joule. Por essa razão, são utilizados fios de materiais como cobre e alumínio, que apresentam baixa resistência.

Neste trabalho, nos dedicamos a dois tipos de circuitos elétricos: o circuito em série e o circuito em paralelo, também denominados, respectivamente, como circuito de associação de resistores em série e circuito de associação de resistores em paralelo.

O circuito elétrico em série, ou simplesmente circuito série, é o circuito no qual estão associados, no mínimo, dois resistores, e todo o circuito possui apenas um caminho para a corrente elétrica percorrer. Segundo Santos (2011, p. 65), os componentes estão em série quando a corrente do circuito que passa por eles é a mesma, ou seja, eles constituem um único caminho no circuito. Assim, a corrente elétrica (i) é igual em todo o circuito. A resistência elétrica total, também chamada de resistência equivalente, conforme Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 53), é igual à soma das resistências de cada um dos resistores da associação, e a tensão fornecida pela fonte é dividida proporcionalmente em relação aos valores dos resistores. Na Figura 1 é ilustrada uma associação de resistores em um circuito em série.

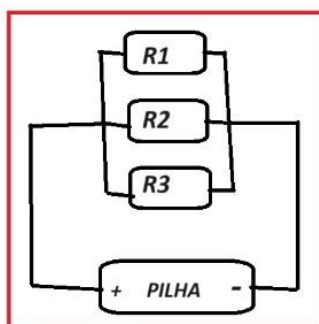
Figura 1 – Circuito Elétrico Série



Fonte: autoria própria.

O circuito elétrico em paralelo, ou simplesmente circuito paralelo, é o circuito no qual estão associados, no mínimo, dois resistores. Conforme Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 56-57), os resistores possuem um ponto de ligação em comum, e, segundo Santos (2011, p. 67), os componentes estão em paralelo quando suas extremidades estão conectadas ao mesmo ponto. Componentes em paralelo apresentam a mesma diferença de potencial entre suas extremidades. A resistência equivalente é calculada como a soma dos inversos de cada uma das resistências dos resistores da associação, sendo sempre menor do que qualquer uma das resistências individuais do circuito. A tensão fornecida pela fonte é aplicada igualmente a todos os resistores. Por estarem em paralelo, o circuito possui mais de um caminho para a corrente elétrica percorrer. Assim, a corrente elétrica (i) é igual ao somatório de todas as correntes que passam pelos diversos resistores associados no circuito. Este tipo de circuito é amplamente utilizado quando se deseja que a mesma quantidade de tensão fornecida seja aplicada a diversas cargas do circuito, como ocorre nas instalações residenciais, onde todas as tomadas possuem a mesma tensão. Na Figura 2, é ilustrado um circuito paralelo.

Figura 2 – Circuito Elétrico Paralelo



Fonte: autoria própria.

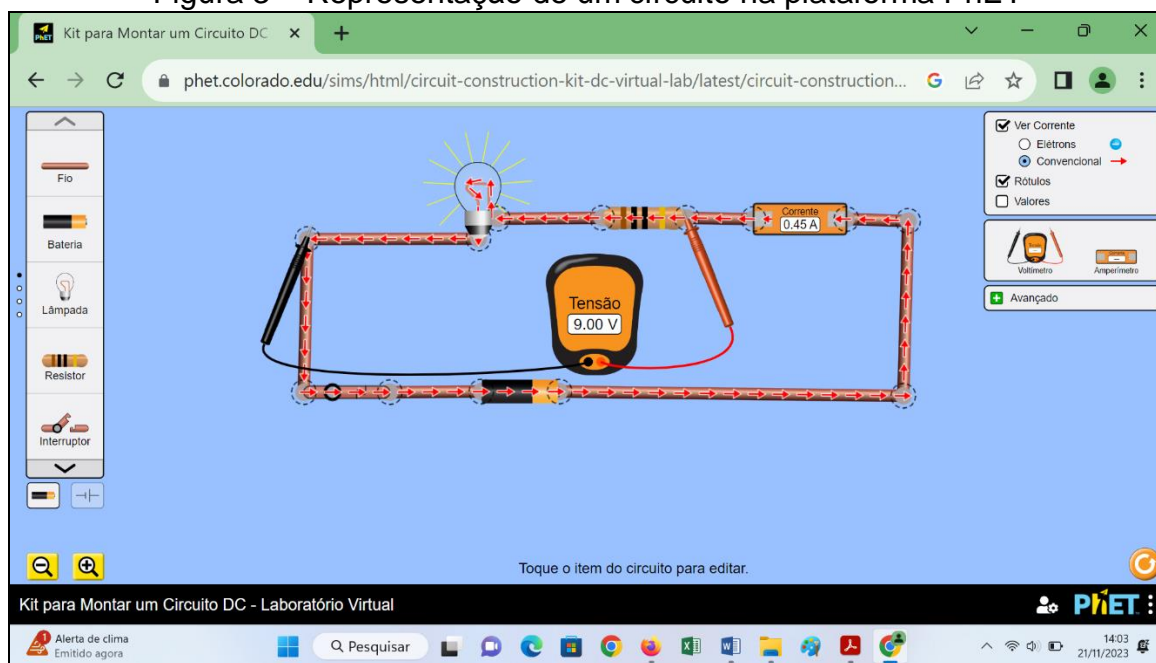
Já se passaram, no momento da escrita deste texto, quarenta e dois anos desde a formatura do autor desta dissertação como técnico em Eletrotécnica, e o modo de ensinar pouco mudou para boa parte dos professores. Além disso, constata-se que, embora as simulações digitais não sejam algo tão recente, é possível que muitos professores ainda não tenham conhecimento de sua existência ou de como acessá-las. Por esse motivo, entendemos que é necessário oferecer aos docentes que ensinam circuitos elétricos uma proposta de produto educacional que proporcione uma nova abordagem de ensino, tornando as aulas mais atrativas e abordando este tópico de uma maneira mais próxima da realidade que os estudantes encontrarão no dia a dia de suas vidas profissionais.

Por essa razão, optamos, neste trabalho, por elaborar um produto na forma de um texto de apoio para professores. A utilização de uma simulação realizada em uma plataforma digital torna-se uma grande fonte de aprendizagem, especialmente no ensino de circuitos elétricos, pois boa parte dos alunos enfrenta dificuldades de entendimento. Dorneles (2005, p. 83) afirma sobre isso o seguinte:

Optamos por trabalhar com o ensino de circuitos elétricos, por ser uma das áreas da Física em que existem mais estudos sobre dificuldades de aprendizagem. Vários estudos, relatados na revisão da literatura (cap. 2) mostram que mesmo após o ensino de circuitos elétricos, os alunos permanecem com raciocínios errôneos e com concepções alternativas. Por isto, propusemos o uso de simulação e modelagem computacionais como complementos às atividades em sala de aula e de laboratório, com questões capazes de promover nos alunos uma reflexão sobre suas próprias concepções e raciocínios. Estas atividades eram realizadas no laboratório de informática por pequenos grupos de alunos, dispostos em duplas ou trios. Preferimos que os alunos trabalhassem em pequenos grupos para promover não só a interação entre o aluno e os modelos computacionais, mas também entre os próprios alunos (Dorneles, 2005, p. 83).

Conforme Candia, Pagel e Beck (2024, p. 56), a plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2024a) oferece um grande número de simulações nas áreas de Geociências, Física, Química, Biologia e Matemática, constituindo-se como uma ferramenta de apoio para professores que desejam utilizar a aprendizagem por simulação como metodologia de ensino.

Figura 3 – Representação de um circuito na plataforma PhET



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

Além de possibilitar a visualização de fenômenos que ocorrem na prática e que, muitas vezes, não podem ser observados a olho nu, a simulação realizada na plataforma digital também permite que, na ausência de laboratórios próprios para práticas em bancada, os experimentos sejam realizados em laboratórios de informática ou, até mesmo, como tarefa de casa, desde que os alunos disponham de equipamentos adequados e acesso à internet.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A busca inicial por trabalhos para compor esta revisão de literatura foi realizada na base de dados Google Acadêmico, no dia 24/08/2023, com os seguintes parâmetros: artigos em Língua Portuguesa, publicados entre 2021 e 2023, ordenados por relevância. As palavras-chave utilizadas foram “simulação”, “digital”, “circuitos elétricos”, “série” e “PhET”, conectadas pelo operador lógico AND.

Inicialmente, foram encontrados 63 resultados. Em seguida, realizou-se uma triagem pelos títulos, na qual foram selecionados 30 trabalhos. Nesta etapa e nas triagens subsequentes, o critério para inclusão dos trabalhos foi a presença, no título, de expressões que indicassem o foco em circuitos elétricos ou no uso de simulações digitais. Por outro lado, o critério para exclusão foi a ausência de expressões indicando que o trabalho abordava circuitos elétricos ou simulações digitais.

Em uma segunda triagem, realizada pela leitura dos resumos, foram selecionados 17 trabalhos. Desses 17, após a leitura completa dos artigos, em uma terceira triagem, foram escolhidos sete trabalhos de pesquisa, todos estes diretamente relacionados com simulações digitais, e sendo estas simulações realizadas através da plataforma PhET, sendo que apenas um trabalho não possuía relação direta com a referida plataforma, mas, ainda assim, consideramos importante sua inclusão devido à relação que o trabalho faz entre a aprendizagem e a tecnologia.

No Quadro 1, a seguir, apresenta-se as principais informações dos trabalhos que compõem esta Revisão de Literatura (dados sobre título, autores, tema abordado, recurso utilizado na coleta de dados e ano da publicação).

Quadro 1 – Informações da Revisão de Literatura

TÍTULO	AUTORES	TEMA ABORDADO E RECURSO UTILIZADO	ANO
Sobre a permanência da Filosofia na escola e sua relação com o mundo tecnológico	RISSATTO, M. A.	Tema: democratização aos laboratórios Recurso: não aborda um recurso específico	2021
Explorando simulações e laboratórios virtuais multimídia	OLIVEIRA, M. J. S. D.	Tema: aprendizagem por	2022

como recursos de aprendizagem de física		simulação Recursos: simulador próprio e simulados “Sob Pressão” da plataforma PhET	
Ensino de circuitos elétricos por meio de tecnologias digitais: uma proposta didática baseada na Aprendizagem Significativa e nos Três Momentos Pedagógicos	DOMINGUES, G. H. C.; DE CARVALHO, H. A. P.; PHILIPPSSEN, G. S	Tema: aprendizagem por simulação Recursos: Simulações da plataforma PhET “Kit para montar circuito DC”, “Circuito Bateria-Resistor” e “Resistência em fio”	2021
Estratégia multirrecursos no ensino experimental em um laboratório de engenharia: possibilidades do Framework curricular e projeto disciplinar	AZEVÊDO, W. V. S.; ALVES FILHO, M. D. E	Tema: aprendizagem por simulação Recursos: Simulações da plataforma PhET que envolvem circuitos elétricos e também várias plataformas envolvendo circuitos	2022
O uso de laboratório remoto, virtual e remoto aumentado para apoiar a aprendizagem experiencial de circuitos elétricos	NICOLETE, P. C	Tema: aprendizagem por simulação Recursos: Uso de diferentes laboratórios Online. Plataforma Prima - Programa de Incentivo à Matemática – aplicável para outras áreas como física. Simulações da plataforma PhET que envolvem circuitos elétricos RexLab - Laboratório de Experimentação Remota da UFSC E outras plataformas virtuais.	2022
Linguagem e tecnologias digitais no ensino da física como elementos facilitadores da aprendizagem	SIQUEIRA, K. S.	Tema: aprendizagem por simulação Recursos: Simulações da plataforma PhET que envolvem circuitos elétricos e outras plataformas que envolvem circuitos; e Vaskac plataforma de animação e Simulação que permite atividades ligadas a Física.	2023
Tecnologias digitais no ensino de física: PhET como recurso de ensino-aprendizagem para	WILLIAMS, P. S. F.	Tema: aprendizagem por simulação	2022

o oscilador harmônico simples		Recursos: Simulações da plataforma PhET que envolvem circuitos elétricos e outras várias plataformas envolvendo circuitos	
-------------------------------	--	---	--

Fonte: autoria própria.

Embora não seja um tema diretamente relacionado ao que nos propomos aqui, Rissatto (2021) descreve alguns tópicos de alta relevância. Segundo o autor, hoje é possível discutirmos a democratização do acesso à tecnologia, visto que, cada vez mais, a sociedade tem facilidade em acessar meios como a internet ou até mesmo em programar aplicativos em celulares. Com isso, espera-se que as adaptações que a escola precisa realizar para se alinhar ao mundo tecnológico digital incluam, de certa forma, privilegiar os componentes curriculares mais direcionados às Ciências da Natureza e às Ciências Exatas, pois, para Rissatto (2021), essas disciplinas estão em maior consonância com as demandas do mundo futuro. Com a presente pesquisa, esperamos contribuir com uma proposta de produto educacional (texto de apoio) que proporcione aos professores que tiverem acesso a este material conhecimentos suficientes para equiparar suas salas de aula aos laboratórios de grandes instituições de ensino, que já contam com acesso a laboratórios físicos e digitais de alta qualidade.

Conforme Oliveira (2022), muitas vezes as escolas não dispõem de laboratórios físicos para realizar experimentos relacionados à teoria ensinada. Assim, o uso de laboratórios virtuais multimídia torna-se uma alternativa eficaz para a aprendizagem. Em seu estudo, foram utilizados dois tipos de simuladores: um simulador da Lei de Stevin – desenvolvido no âmbito da própria pesquisa de Oliveira (2022) – e a simulação *Sob Pressão*, da plataforma PhET da Universidade do Colorado (2024a). Ambas as experiências apresentaram resultados satisfatórios, com desempenho dos estudantes bastante similar.

Segundo Oliveira (2022), os resultados indicaram que simuladores de qualidade têm forte impacto positivo na aprendizagem dos alunos, especialmente no que se refere ao ensino da Lei de Stevin.

Domingues, Carvalho e Philippsen (2021) destacam que as tecnologias digitais constituem um importante recurso pedagógico, uma vez que oferecem ferramentas de fácil utilização, baixo ou nenhum custo e permitem o

desenvolvimento de aulas mais atrativas para os alunos. Os autores fundamentam e desenvolvem, em seu trabalho, uma atividade baseada em três momentos pedagógicos, que envolve três simulações da plataforma PhET: *Kit para montar circuito DC*, *Circuito Bateria-Resistor* e *Resistência em fio*. Na proposta apresentada, os autores sugerem algumas possibilidades de problematização para iniciar discussões sobre conceitos relacionados à Eletricidade, como, por exemplo: “Por que, em um circuito em série com duas lâmpadas, ao retirar-se uma, a outra apaga, e neste segundo circuito a lâmpada continua acesa?” (Domingues; Carvalho; Philippsen, 2021, p. 606). Essa última parte da pergunta refere-se ao circuito em paralelo.

Segundo Azevêdo e Alves Filho (2022), muitas escolas enfrentam grandes dificuldades na compreensão dos fenômenos elétricos e na construção de circuitos, especialmente por não utilizarem a experimentação em suas aulas. O trabalho dos autores abordou a construção de circuitos elétricos de corrente contínua com uma turma de Engenharia Elétrica, utilizando diferentes ferramentas de simulação, incluindo os simuladores da plataforma PhET, que permitem a criação de circuitos em série e em paralelo. Os autores concluíram que o uso de simulações possibilita o desenvolvimento de habilidades cognitivas adicionais, que não seriam plenamente alcançadas com o uso exclusivo de bancadas físicas.

Azevêdo e Alves Filho (2022) constataram que, por meio da interação com o equipamento/software utilizado, a atividade proposta evitou lacunas no ensino de circuitos elétricos, estimulando condutas investigativas e a implementação de soluções apropriadas. No entanto, é importante destacar que essa interação deve ter como objetivo a aplicação prática. Nesse sentido, é essencial que os estudantes sejam imersos em situações-problema que tragam desafios, despertem a curiosidade e ultrapassem a proposta disciplinar preliminarmente prevista para o Laboratório de Circuitos Elétricos. Em síntese, este trabalho converge com o objetivo de criar um produto educacional que facilite a prática docente, permitindo que o professor, ao esquematizar ou planejar sua aula, o faça de forma a despertar nos estudantes a vontade de aprender e a curiosidade genuína. Independentemente de os alunos alcançarem ou não o resultado esperado, são as tentativas e as experiências, realizadas sem medo de errar, que incentivam a busca por novos conhecimentos. Além disso, quando os erros acontecem, eles geram no estudante o desejo de entender o motivo do erro e identificar onde ocorreu a falha. Muitas vezes,

a aprendizagem advinda dos erros é ainda mais significativa do que aquela que surge com os acertos.

Nicolete (2022) constatou que o uso de diferentes tipos de laboratórios online, incluindo a plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2024a), com base nos preceitos da Teoria de Aprendizagem Experiencial, pode interferir positivamente nos processos de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos, inclusive durante o ensino remoto emergencial, necessário na pandemia de COVID-19.

No trabalho de Nicolete (2022), foram desenvolvidos três estudos: o primeiro teve como objetivo testar, revisar e aprimorar a tecnologia desenvolvida, além de verificar as possibilidades de incluir diferentes tipos de laboratórios nas práticas pedagógicas; o segundo buscou avaliar a usabilidade pedagógica das ferramentas junto a futuros professores da área; e o terceiro visou validar a ferramenta no contexto do ensino remoto emergencial. No primeiro estudo, foram identificadas oportunidades para melhorias na tecnologia e nas estratégias necessárias para o uso desses recursos em sala de aula. No segundo, constatou-se que o Laboratório Remoto era aplicável e contribuiu para aumentar a aprendizagem proposta. Já no terceiro estudo, observou-se que o uso da ferramenta como recurso educacional foi positivo, demonstrando-se que foi capaz de motivar os estudantes diante da situação epidêmica daquele período.

Cabe informar que o estudo de Nicolete (2022) apresentou limitações relacionadas ao tamanho das amostras e à quantidade de variáveis observadas, o que dificultou a produção de evidências claras que elucidassem quais aspectos abordados levaram aos resultados identificados. Contudo, para efeito deste trabalho, o que a autora destaca é que as plataformas digitais, desde que bem escolhidas e utilizadas continuamente, resultam em atividades envolventes e curiosas para os alunos, tornando o ambiente de aprendizagem mais acolhedor.

Siqueira (2023) analisou o impacto da utilização das ferramentas digitais no ensino de Física, investigando as principais tecnologias disponíveis na internet, considerando suas potencialidades e viabilidade em sala de aula. O autor destaca a importância dessas tecnologias para diversificar o ensino. Com o uso desses recursos, o professor vai além do livro didático e das práticas comuns, incentivando a interatividade dos estudantes por meio das tecnologias digitais. Segundo Siqueira (2023), o uso de simuladores online como ferramentas de transposição didática no

ensino de Física contribui para superar dificuldades de aprendizagem, aproximando os estudantes do conteúdo teórico e conectando-o à realidade.

No trabalho de Siqueira (2023), participaram duas turmas: a Turma A utilizou o livro didático combinado com recursos digitais, como as simulações geradas pelas plataformas PhET e Vascak; já na Turma B, o livro didático foi o único recurso de ensino utilizado. Na Turma A, os simuladores foram explorados de forma contínua, permitindo a extração de diferentes formas de linguagem que potencializam a aprendizagem, indo além do livro didático. Em contrapartida, a Turma B apresentou baixo estímulo ao longo das aulas e pouca participação espontânea, embora alguns estudantes tenham demonstrado interesse e engajamento na compreensão consistente dos conceitos explorados.

Siqueira (2023) ressalta que o método expositivo-dialógico, baseado no livro didático, pode ser eficiente, dependendo da didática do professor, de seu esforço e de suas estratégias de abordagem, ou seja, de um ótimo planejamento de ensino. Após as avaliações finais, constatou-se que, na Turma A, 50% dos alunos obtiveram conceito suficiente, enquanto, na Turma B, apenas 13% conseguiram alcançar o mesmo desempenho.

O trabalho de Siqueira (2023) destaca que, embora existam várias plataformas digitais disponíveis, algumas gratuitas e outras privadas, elas ainda são pouco conhecidas por grande parte do público docente. Contudo, quando bem utilizadas por professores devidamente orientados, essas plataformas podem impactar positivamente na motivação dos estudantes.

Segundo Williams (2022), as tecnologias digitais ganharam grande impulso após o século XX, desempenhando um papel fundamental em todo o mundo na construção coletiva do conhecimento e nas relações humanas. A partir disso, essas tecnologias facilitaram o trabalho docente e proporcionaram um melhor entendimento do conteúdo por parte dos alunos.

Williams (2022) baseou-se em uma metodologia centrada nas seguintes etapas: análise de conteúdo, exploração da plataforma PhET e criação de uma proposta de aula experimental. O autor concluiu que a plataforma PhET é uma ferramenta eficaz no ensino de Física, pois possibilita uma abordagem mais ampla por parte do professor em relação ao conteúdo, além de proporcionar ao aluno uma melhor articulação entre prática e teoria.

Para Williams (2022), as plataformas digitais de simulação são ferramentas que oferecem aos professores maior facilidade para construir conhecimento em conjunto com seus alunos.

Com base na análise dos trabalhos apresentados nesta revisão de literatura, bem como no referencial teórico que será abordado na próxima seção, nossa proposta é construir e validar um texto de apoio destinado a orientar professores que ministram disciplinas técnicas iniciais e/ou Física no ensino médio. Este material busca auxiliá-los no ensino de eletricidade ao planejar aulas sobre circuitos elétricos, ampliando as possibilidades de aprendizagem de forma motivadora, para que o conhecimento seja construído por meio de uma aprendizagem significativa e com maior receptividade por parte dos alunos.

Algumas das principais ideias destacadas a partir da análise dos trabalhos foram: o uso de simulações digitais na escola pode contribuir para a democratização tecnológica do conhecimento científico (Rissatto, 2021); há resultados positivos relacionados ao uso da plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2024a) no ensino da Lei de Stevin (Oliveira, 2022); e também há evidências de que a simulação através da plataforma com o *Kit para montar circuito DC* (Universidade do Colorado, 2024b), da plataforma PhET, é eficaz no ensino do funcionamento de circuitos elétricos (Domingues, Carvalho e Philippsen, 2021; Azevêdo e Alves Filho, 2022; Nicolete, 2022; Siqueira, 2023; Williams, 2022).

Esses resultados positivos associados ao uso da plataforma PhET, mais especificamente os que se referem ao ensino do funcionamento de circuitos elétricos com a simulação realizada através do *Kit para montar circuito DC* (Universidade do Colorado, 2024b), indicam que essa ferramenta pode ser amplamente utilizada no cotidiano escolar. As evidências sugerem que essa simulação contribui significativamente para o aumento da motivação dos estudantes. No entanto, como afirma Siqueira (2023), é essencial que os professores sejam bem orientados quanto ao uso dessas ferramentas. Por isso, é relevante o produto educacional proposto neste trabalho, pois, diferente dos trabalhos anteriormente citados, a presente pesquisa, além de também se preocupar em possibilitar a efetivação de uma prática digital, tem como foco principal, a ideia de que o estudante tente construir conceitos relacionados a circuitos elétricos, compreendendo os conceitos de circuito série e paralelo, em relação a seus componentes, e às grandezas tensão e corrente.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nosso referencial teórico é a Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida pelo americano David Ausubel, na visão do professor Marco Antônio Moreira (Moreira, 2006, 2010, 2020) e em sua proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que tem a Teoria da Aprendizagem Significativa como base.

O professor Marco Antônio Moreira é licenciado e mestre em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e doutor em Educação pela Cornell University. Foi professor de Física de 1967 a 2012, pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de 1989 a 2014, e já publicou 281 artigos e 56 livros. Atualmente, é docente da Universidade de Burgos, na Espanha, da Universidade Estadual de Roraima e da Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES).

Segundo Moreira (2006, p. 19), é imprescindível que a aprendizagem aconteça de forma significativa, ou seja, que ao final do processo tenha sido gerado, para o aluno, conhecimento que realmente possua algum significado. É exatamente esse princípio que vislumbramos para o nosso trabalho, com o produto educacional proposto: um texto de apoio para o professor que auxilie e propicie as condições necessárias para que seus alunos alcancem a aprendizagem significativa.

4.1 Aprendizagem Significativa

A Aprendizagem Significativa é uma aprendizagem com significado, caracterizada pela capacidade de explicar, utilizar e aplicar o conhecimento adquirido em novas situações. Ela se contrapõe à Aprendizagem Mecânica, que ocorre quando o indivíduo simplesmente decora informações para passar em um teste, sem o objetivo de realmente aprender. Esse tipo de aprendizagem possui duração curta e desconsidera os conhecimentos prévios do estudante. A Aprendizagem Significativa, por outro lado, valoriza o conhecimento prévio, os conceitos subsunçores, esquemas, modelos e tudo aquilo que já existe na estrutura cognitiva do aluno, ou seja, os elementos que já fazem parte de sua mente. Conforme Moreira (2006, p. 15):

Pode-se, então, dizer que a Aprendizagem Significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva (Moreira, 2006, p. 15).

Um subsunçor é um conhecimento prévio que tem a função de servir como um ancoradouro capaz de acolher um novo conhecimento. Na Aprendizagem Significativa, tanto o subsunçor quanto o subsumido sofrem modificações em termos de significado. Conforme Moreira (2012, p. 2), o subsunçor pode apresentar maior ou menor estabilidade cognitiva e estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, ao servir como ideia-âncora para um novo conhecimento, ele próprio se modifica, adquirindo novos significados e corroborando significados já existentes.

Os organizadores prévios, segundo Moreira (2012, p. 11), são materiais apresentados antes do conteúdo que deverá ser aprendido. Sua função é atuar como uma ponte entre o que o aluno já sabe (conhecimento prévio) e o que deveria saber, a fim de que o novo conhecimento seja aprendido de forma significativa. Muitas vezes, embora o aprendiz possua conhecimento prévio, ele não consegue relacioná-lo ao que está sendo apresentado como novo.

O conhecimento prévio é, conforme Moreira (2012, p. 7), na visão ausubeliana, o fator mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. No entanto, afirmar que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa não significa que ele seja sempre uma variável facilitadora. Normalmente, ele é, mas, em alguns casos, pode também funcionar como um bloqueador.

Na Teoria da Aprendizagem Significativa, dois tipos de conhecimentos devem ser considerados: o conhecimento declarativo, que é aquele que pode ser verbalizado, e o conhecimento procedimental, que é o saber fazer algo, ou seja, as regras e habilidades cognitivas necessárias para executar ações, segundo Moreira (2012, p. 5).

No processo de aprendizagem, conforme Moreira (2012, p. 5-6), existe o que se chama de diferenciação progressiva, que, no âmbito do ensino, consiste na apresentação inicial de ideias, conceitos e proposições mais gerais e inclusivas referentes ao conteúdo, as quais são progressivamente diferenciadas ao longo do processo, em termos de detalhes e especificidades. Por outro lado, a reconciliação integrativa refere-se à recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva, com o objetivo de adquirir novos significados, a partir da observação de diferenças e relações entre ideias.

Dois conceitos de grande relevância também merecem destaque, segundo Moreira (2012, p. 21-24): o primeiro é a consolidação, um dos princípios programáticos ausubelianos do ensino. Esse princípio estabelece que é necessário o domínio do conteúdo em estudo antes que novos materiais sejam inseridos, garantindo, assim, o sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada. O segundo conceito é a recursividade, que considera o erro como recurso de aprendizagem. Isso significa que a aprendizagem pode ser potencializada a partir da correção de erros cometidos em tentativas anteriores.

Segundo Teixeira (2015), a aprendizagem significativa é um elemento essencial no processo de aquisição de conhecimento do aluno, sendo fundamental para o novo papel do professor e para a função social da escola.

4.2 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS

Proposta por Moreira (s.d.), a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é uma sequência de ensino fundamentada teoricamente na perspectiva ausubeliana e voltada para a aprendizagem significativa. Essa sequência deve seguir passos específicos, apresentados no Quadro 2, elaborado com base na obra de Borges e Silva (2023, p. 6).

Conforme Moreira (s.d., p. 3-5), a UEPS deve seguir alguns passos sequenciais, divididos em 8 etapas: 1) Definir o tópico específico a ser abordado, 2) Criar ou propor situações iniciais relacionadas ao tópico, 3) Propor situações-problema introdutórias, levando em conta o conhecimento prévio dos alunos, 4) Apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido após trabalhar as situações iniciais, considerando o princípio da diferenciação progressiva, 5) Retomar os aspectos mais gerais e estruturantes do conteúdo da unidade de ensino em uma nova apresentação, aprofundando a abordagem, 6) Dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes do conteúdo, mas sob uma perspectiva integradora, 7) Avaliar a aprendizagem ao longo da implementação da UEPS, registrando todas as evidências de aprendizagem significativa. Também deve ser realizada uma avaliação somativa individual ao final do sexto passo, 8) Avaliar o sucesso da UEPS com base no desempenho dos alunos, verificando se há evidências concretas de aprendizagem significativa.

Quadro 2 – Passos de uma UEPS

UMA UEPS DEVE SEGUIR OS SEGUINTES PASSOS SEQUENCIAIS		
PASSOS		DESCRIÇÃO
1º	Definição do tópico específico a ser abordado	Escolha do assunto, objeto do conhecimento da UEPS, considerando aquilo que é declarativo (conceitualização teórica) e/ou aquilo que é procedimental (habilidade prática a ser aprendida).
2º	Criação de situações	Etapa em que são realizados debates, perguntas, mapa mental e/ou conceitual, questões para reflexão, atividade de problematização entre tantas outras ações que possam incentivar o aluno a compartilhar o que já sabe sobre o assunto, sendo aceito ou não no contexto da matéria de ensino, visando uma aprendizagem significativa, no sentido da Teoria de Ausubel.
3º	Proposta de situações-problema, em nível bem introdutório	<p>Neste ponto da UEPS, deve-se propor para os estudantes situações que envolvem a problemática do tema a ser estudado, já podendo serem introduzidos os organizadores prévios. É importante aqui que os alunos reconheçam os problemas como relevantes, e tentem abordá-los de alguma maneira. Não há necessidade de apresentação formal dos conteúdos, e ainda não se tem a pretensão de ensinar todos elementos que fazem parte do conteúdo. Ainda não é necessariamente uma etapa de ensino, mas sim de aproximação com o conhecimento que se quer ensinar. Segundo Moreira (s.d., p. 4):</p> <p>Estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc. (Moreira, s.d., p. 4, grifo nosso).</p>
4º	Apresentação do conhecimento a ser ensinado, sempre levando em consideração a diferenciação progressiva	Etapa que se expõe o novo assunto ou conceito, começando com as informações mais gerais e depois abordando os pontos mais específicos.
5º	Retomada dos aspectos mais gerais, estruturantes	Recapitulação das características mais gerais do assunto, evoluindo na complexidade. Deve ser incentivada a interação entre os alunos, colocando em pauta a discussão sobre os diferentes significados possíveis atribuídos ao assunto pelos alunos.
6º	Prosseguimento do processo de diferenciação progressiva, realizando, ao mesmo tempo, a reconciliação integrativa	Revisão do conteúdo apresentado, partindo agora dos aspectos mais específicos e estabelecendo conexões com as informações mais gerais do assunto (em conformidade com o que foi feito no processo de diferenciação progressiva).

7º	Avaliação da aprendizagem	Análise contínua e formativa das ações que são realizadas pelos estudantes enquanto realizam alguma atividade proposta pelo professor. Nesta etapa podem ser realizados registros que indiquem ocorrência de aprendizagem potencialmente significativa.
8º	Avaliação da própria UEPS	A UEPS apenas será vista como bem-sucedida se a avaliação do desempenho dos estudantes apresentar indícios de aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa ocorre de forma gradual, por isso, a ênfase deve estar nas evidências do processo, e não focada nos comportamentos ou resultados finais.

Fonte: autoria própria, com base em Moreira (s.d.).

Neste trabalho, propomos um texto de apoio ao professor, no qual é apresentada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), desenvolvida especialmente para organizar uma sequência de etapas voltadas ao ensino de circuitos elétricos, em uma abordagem introdutória.

5 PERCURSO METODOLÓGICO

A metodologia deste trabalho é de abordagem qualitativa, caracterizando-se como um estudo de caso de Yin (2016), na qual o caso analisado será a execução de uma UEPS envolvendo a plataforma digital, e utilizando a simulação *Kit para montar Circuito DC* (Universidade do Colorado, 2024b). Segundo Yin (2016, p. 5-6) descreve:

O fascínio da pesquisa qualitativa é que ela permite a realização de estudos aprofundados sobre uma ampla variedade de tópicos, incluindo seus favoritos, em termos simples e cotidianos. Além disso, a pesquisa qualitativa oferece maior liberdade na seleção de temas de interesse, porque os outros métodos de pesquisa tendem a ser limitados por:

- ✓ impossibilidade de estabelecer as necessárias condições de pesquisa (como em um experimento);
- ✓ indisponibilidade de uma série de dados suficientes ou falta de abrangência de variáveis suficientes (como em um estudo econômico);
- ✓ dificuldade de extrair uma amostra adequada de entrevistados e obter uma taxa de resposta suficientemente alta (como em um levantamento); ou
- ✓ outras limitações, como dedicar-se ao estudo do passado mas não de atualidades (Yin, 2016, p. 5-6).

Conforme afirma Yin (2016), ao invés de adotar uma definição simples e única de pesquisa qualitativa, é fundamental considerar a importância que a pessoa tem em seu ambiente real de vida. É necessário valorizar a realidade de seu habitat, seus pensamentos, ideias e projetos de vida, garantindo que estejam realmente representados no estudo. Essa abordagem auxilia na compreensão e justificação do comportamento humano em relação à sua comunidade como um todo, por meio dos conceitos existentes ou resultantes da pesquisa. Além disso, é essencial que os estudos sejam baseados em diversas amostras do objeto analisado, evitando resultados que não reflitam a realidade.

A escolha da plataforma PhET com o uso do *Kit para montar circuito DC* (Universidade do Colorado, 2024b) teve como base a revisão de literatura e a análise de alguns simuladores relacionados aos conteúdos envolvendo circuitos elétricos. Também levamos em consideração a realidade da maioria das escolas brasileiras, que frequentemente possuem pouco ou nenhum acesso a ambientes adequados para práticas envolvendo Eletricidade.

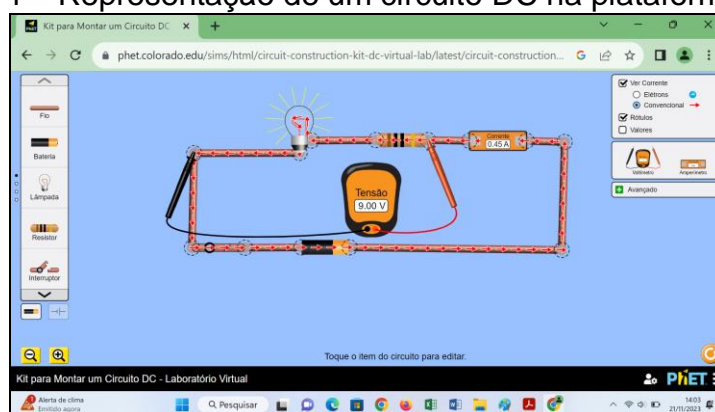
Optamos por utilizar a plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2024b), pois ela oferece simulações nas áreas de Ciências e Matemática. Cabe destacar que todas as simulações disponibilizadas pela plataforma passam por testes e avaliações rigorosos antes de serem publicadas. As simulações são programadas

em HTML5 (com algumas versões legadas em Java ou Flash) e podem ser executadas online. A PhET é uma plataforma sem fins lucrativos, financiada por diversos patrocinadores, e seu código-fonte é aberto.

A plataforma PhET foi programada em linguagem Java por uma equipe da Universidade do Colorado. Por ser um arquivo executável, de livre acesso e fácil manipulação, ela permite que os alunos possam utilizá-la de forma segura e repetida, criando e testando diferentes possibilidades. A Figura 4, a seguir, ilustra como são visualizadas as conexões entre os componentes na simulação *Kit para montar circuito DC* da plataforma PhET (2024b).

Conforme Candia, Pagel e Beck (2024, p. 56), a plataforma PhET disponibiliza um grande número de simulações nas áreas de fenômenos das Geociências, Física, Química, Biologia e Matemática, constituindo-se como uma ferramenta de apoio para professores que desejam utilizar a aprendizagem por simulação como metodologia de ensino.

Figura 4 – Representação de um circuito DC na plataforma PhET



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

No próximo capítulo apresentamos a proposta didática da UEPS que pensamos para ser desenvolvida ao longo desta pesquisa. Para fins de descrição metodológica, cabe aqui informar ao leitor como foi feita a coleta de dados. Conforme Yin (2016), é fundamental em um estudo de caso que se tenha múltiplas fontes de dados. Em nosso caso, utilizamos três fontes: um diário de campo (anotações do autor desta dissertação), onde realizamos anotações do que ia acontecendo no decorrer da aplicação, tanto em relação aos alunos, quanto ao professor participante; algumas imagens (fotos tiradas diretamente dos computadores enquanto os estudantes realizavam as atividades previstas na UEPS),

sendo estas captadas através da câmera do celular do mestrando e do orientador; e a transcrição de uma entrevista realizada com o professor que aplicou a UEPS após a realização das atividades em sala de aula. A entrevista do ponto de vista técnico, conforme Borges e Silva (2011, p. 43), pode ser de dois tipos:

1. Entrevista padronizada ou estruturada: consiste em fazer uma série de perguntas ao entrevistado, segundo o roteiro previamente elaborado. Os dados coletados não devem ser alterados para garantir a fidelização da pesquisa e para possível comparação com os demais dados.
 2. Entrevista despadronizada ou não estruturada: consiste em uma conversação informal, que envolve perguntas abertas, proporcionando maior liberdade para o entrevistado.
- (Borges e Silva, 2011, p. 43)

Optamos pela entrevista não estruturada, pois nosso objetivo era ouvir o professor de forma a permitir uma associação livre de ideias relacionadas ao resultado da aplicação da UEPS proposta. A entrevista foi realizada na sala dos professores e foi gravada através de um celular e, posteriormente transcrita para este trabalho. Nesta dissertação, apresentamos, no capítulo de Resultados e Discussão, os trechos mais relevantes e no Apêndice 3 a entrevista na íntegra.

A aplicação e validação do produto educacional proposto ocorreram em uma instituição de ensino pública do interior do Rio Grande do Sul que oferece cursos técnicos em diversas áreas do ramo da Eletricidade.

Participaram da pesquisa 3 turmas, sendo que a primeira serviu como turma piloto, tendo esta 16 alunos. Para a aplicação e validação do produto educacional foi utilizada uma turma composta por 19 (dezenove) alunos do semestre inicial de um dos cursos oferecidos pela instituição de ensino, e reaplicada parcialmente (apenas os 4 primeiros passos da UEPS) em uma segunda turma de um outro curso, sendo esta composta por 8 alunos. A ideia era possibilitar que esses estudantes verificassem as características específicas dos circuitos em série e em paralelo, analisando o comportamento da corrente elétrica e das tensões nesses circuitos.

Conforme o inciso VII do parágrafo único do Art. 1º da Resolução 510 de 2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), uma pesquisa como esta, que "objetiva o aprofundamento teórico de situações que emergem espontânea e contingencialmente na prática profissional, desde que não revelem dados que possam identificar o sujeito" (Brasil, 2016, p. 2), não necessita ser, obrigatoriamente, submetida a um comitê de ética, de acordo com nossa avaliação. No entanto, todos os cuidados éticos foram tomados, incluindo esclarecimentos aos participantes por

meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apresentado no Apêndice 1. Organizamos o percurso metodológico em seis etapas:

Primeira Etapa (primeira reunião com o professor): foi realizada uma reunião inicial com o professor que aplicaria a UEPS, sendo que esta reunião se deu no dia 27/09/2023 às 15:00h na Sala dos Professores. Foi perguntado ao professor se o mesmo possuía conhecimento da plataforma PhET e se já havia trabalhado com ela, e ambas as respostas foram negativas. Assim sendo, ficou acertado que seria encaminhado a ele algumas instruções de como utilizar e de como proceder junto à plataforma PhET (redigidas pelo próprio autor desta dissertação), onde constaria o que a plataforma disponibiliza para efeito de simulações na parte de circuitos série e paralelo. E na continuidade da conversa, ficou também pré-agendado que o professor faria as primeiras simulações de circuitos já no mês de novembro de 2023, com sua turma de 1º semestre na disciplina de Eletricidade, que depois passamos a considerar como turma piloto;

Segunda Etapa (aplicação piloto da simulação): Em novembro de 2023, o professor participante da pesquisa utilizou a plataforma PhET e o *Kit para montar circuito DC* (Universidade do Colorado, 2024b) em um laboratório de informática, em uma de suas aulas, na qual estava introduzindo o assunto *Circuito em série e circuito em paralelo*. O professor apresentou aos estudantes o conhecimento teórico sobre o funcionamento de circuitos série e paralelo, primeiramente no quadro, e depois simulando na plataforma PhET.

Terceira Etapa (segunda reunião com o professor): foi realizada uma reunião complementar com o professor que aplicaria a UEPS, sendo que esta reunião se deu no dia 25/09/2024 às 14:00h, de forma virtual, através de um aplicativo de conversa online, onde ficou acertado que no retorno das aulas ele realizaria as atividades previstas na UEPS, sendo que o mesmo informou que faria a aplicação para uma turma nova que estava entrando no curso, no turno da noite, cuja a aula começava às 20:30 horas, durando até às 23:00 horas, ou seja, turma das quintas-feira, tendo três aulas seguidas. Foi exposto mais uma vez para o professor a proposta de execução da UEPS, e no final, através de mensagem por WhatsApp, foi encaminhado a UEPS proposta e acertada durante esta reunião.

Quarta Etapa (aplicação da UEPS): A UEPS foi aplicada em uma turma inicial de curso técnico de uma Instituição de ensino do interior do Rio Grande do Sul. Sendo que o segundo passo da UEPS foi realizado no primeiro contato com os

alunos, mais precisamente no dia 10/10/2024, quando foi proposto o assunto a ser tratado e uma conversa informal sobre conhecimentos que os mesmos possuem em relação a alguns tipos de circuitos elétricos existentes em seu dia a dia. No segundo dia, 17/10/2024, foram realizadas as etapas até o sexto passo da UEPS, onde foi apresentada a plataforma PhET, e proposto aos estudantes que montassem um circuito elétrico, do tipo série, conforme estão habituados no seu dia a dia, e considerando o que já havia sido comentado no primeiro dia. Depois de terem realizados a montagem dos circuitos, e verificado diversas observações a serem realizadas, foi proposto que fizessem ao lado do circuito em série, um outro circuito, sendo agora em paralelo, e após, foram convidados para que visualizassem ambos circuitos, e fizessem um comparativo em relação a tensão e corrente. No terceiro dia, 24/10/2024, em vez da aplicação de um questionário, foi realizado uma avaliação através de uma conversa informal.

Quinta Etapa (entrevista com o professor): Validação do produto educacional (*Texto de apoio para professores desenvolverem ideias básicas sobre circuitos elétricos através de uma simulação digital da plataforma PhET*), através de entrevista não estruturada, com o professor que aplicou o texto de apoio.

Sexta Etapa (reaplicação do 2º e 3º passos da UEPS): No dia 23/11/2024 reaplicamos os 2º e 3º passos da UEPS em outra turma de curso técnico, a fim de ter uma ideia mais aprofundada sobre como os estudantes representam circuitos do cotidiano na plataforma PhET, sem ainda saberem como funcionam os circuitos em série e paralelo.

Partindo do pressuposto de que a validação seria realizada em um curso técnico, onde, geralmente, os alunos estão abertos a novos conhecimentos, esperava-se que os estudantes demonstrassem interesse por esta nova possibilidade de prática virtual. A plataforma PhET poderia ser utilizada tanto na escola quanto em suas casas, permitindo o aprimoramento de seus conhecimentos prévios. Considerando os trabalhos apresentados na Revisão de Literatura, que abordaram o uso de simulações relacionadas a circuitos elétricos na plataforma PhET (Domingues, Carvalho e Philippsen, 2021; Azevêdo e Alves Filho, 2022; Nicolete, 2022; Siqueira, 2023; Williams, 2022), a expectativa era de que os estudantes se mostrassem mais motivados e interessados.

Para a análise de dados, utilizamos a metodologia de análise de conteúdo de Bardin (2011). Nesta metodologia, a análise ocorre em três etapas: pré-análise,

exploração do material e interpretação. Na pré-análise, realiza-se uma leitura flutuante do material a ser analisado. No caso desta pesquisa, o material consistiu nas anotações do diário de campo, nas fotos tiradas durante a aplicação da UEPS e na transcrição da entrevista.

Na exploração do material, são definidas as unidades de registro, ou seja, partes menores e mais específicas do material selecionadas para análise. Também é realizada a categorização do material, que pode ser feita a priori (quando as categorias são definidas antes da coleta de dados) ou a posteriori (quando as categorias são definidas após a coleta de dados). Nesta pesquisa, as categorias foram definidas a posteriori.

Na etapa de interpretação (também chamada de inferência), o pesquisador deve produzir uma análise crítica. No nosso caso, essa análise foi realizada com base na Teoria da Aprendizagem Significativa e nos trabalhos apresentados na Revisão de Literatura, com enfoque no ensino do funcionamento de circuitos elétricos em série e em paralelo.

6 PROPOSTA DIDÁTICA

Neste trabalho propomos um texto de apoio para o professor, apresentando um estudo sobre o uso da plataforma PhET para introduzir os conceitos de circuitos em série e circuitos em paralelo. Buscou-se alcançar, conforme Teixeira (2015), uma aprendizagem significativa baseada nos estudos de David Ausubel, utilizando como referência a UEPS, proposta por Moreira (s.d.). A UEPS foi desenvolvida em oito etapas, desde a escolha do tema e da situação-problema até a avaliação da própria UEPS, conforme descrito no Quadro 3.

Esperávamos que os alunos atingissem a aprendizagem significativa em relação aos conceitos de circuitos em série e em paralelo, especialmente no que diz respeito à tensão, corrente e resistores. Partindo de seus conhecimentos prévios (subsunçores), foram exploradas as sugestões dadas aos alunos, tais como as lâmpadas de árvores de natal e as lâmpadas de tetos residenciais, e com o auxílio de organizadores prévios, conforme Moreira (2012, p. 11), a principal ferramenta utilizada foi a plataforma PhET através da simulação *Kit de montagem de circuitos DC*, que permitiu o uso de simulações em bancadas virtuais.

Quadro 3 – Passos da UEPS proposta

PASSOS		DESCRIÇÃO
1º	Definição do tópico específico a ser abordado	Foi definido <i>a priori</i> , a partir do tema desta pesquisa: circuito em série e circuito em paralelo.
2º	Criação de situações	Verbalmente, o professor pode iniciar a aula conversando com os estudantes sobre que tipo de circuitos elétricos eles já conhecem em sua casa. Dois tipos de circuitos que podem ser citados são os de lâmpadas de árvore de natal e as instalações residenciais.
3º	Proposta de situações-problema, em nível bem introdutório	Apresentar a simulação através do <i>kit para montar circuito DC</i> da plataforma PhET e propor que os estudantes construam na plataforma virtual algum tipo de circuito que estão habituados a ver no seu dia a dia (da forma como acreditam que sejam esses circuitos), inclusive circuitos de lâmpadas de árvore de natal e de instalações residenciais, discutidos no passo anterior. Comentário: Cabe alertar aos alunos, neste momento, que devem ter cuidado ao ligarem as lâmpadas, pois diferente dos outros componentes, possuem um terminal na parte inferior e outro na parte da lateral. Neste

		momento é importante invocar os subsunções trazidos pelos alunos.
4º	Apresentação do conhecimento a ser ensinado, sempre levando em consideração a diferenciação progressiva	Apresentação formal e explicação geral sobre o conceito de circuito em série e de circuito em paralelo, bem como das características e propriedades desses dois tipos de circuito.
5º	Retomada dos aspectos mais gerais, estruturantes	Retomada das características e propriedades mais gerais do circuito em série e do circuito em paralelo, conferindo o que anteriormente foi abordado formalmente, agora na simulação através do <i>kit para montar circuito DC</i> da plataforma PhET, dialogando de forma mais intensa com os estudantes.
6º	Prosseguimento do processo de diferenciação progressiva, realizando, ao mesmo tempo, a reconciliação integrativa	<p>A reconciliação integrativa aqui vai acontecer por meio da retomada das situações-problema postas inicialmente (inclusive circuitos de lâmpadas de árvore de natal e de instalações residenciais), mas agora reabordando-as a partir da teoria formal sobre circuito em série e circuito em paralelo.</p> <p>Comentário: É neste momento que cabe ao professor utilizar a contribuição e conhecimento construído pelos alunos, e relacionar aos conceitos técnicos.</p>
7º	Avaliação da aprendizagem	É importante que o professor faça um apanhado do que foi observado em todos os passos anteriores e realize uma avaliação individual, que poderá ser através de um questionário, onde será perguntado como se comporta a corrente nos circuitos série e paralelo; a tensão elétrica em relação aos resistores, quando da utilização de uma ou mais lâmpadas, como se comporta a luminosidade de cada lâmpada nos dois tipos de circuito, série e paralelo, e/ou algo mais que o professor considere como relevante para a avaliação.
8º	Avaliação da própria UEPS	Neste passo deverá ser realizada uma avaliação geral, através de questionário para os alunos e para o próprio professor, para que se possa analisar se houve uma aprendizagem significativa, e com isso, verificar se é necessário fazer algum ajuste para melhorar, ou no caso mais crítico, repensar esta UEPS.

Fonte: autoria própria.

7 PRODUTO EDUCACIONAL

Um dos objetivos deste trabalho é validar um produto educacional, denominado *Texto de apoio para professores desenvolverem ideias básicas sobre circuitos elétricos através de uma simulação digital da plataforma PhET*. Neste capítulo, vamos definir e conceituar o que é um produto educacional e, entre os diversos tipos existentes, abordar o conceito de texto de apoio.

Uma das exigências de um mestrado profissional na área de ensino é o desenvolvimento e a validação de um produto educacional, ou seja, uma proposta de material para utilização no ensino, elaborada individualmente pelo mestrando, com o apoio das orientações, sugestões e diretrizes fornecidas pelo seu orientador (Buss, 2022).

O produto educacional deve ter como objetivo principal melhorar a forma de ensinar. Geralmente, o mestrando, em concordância com seu orientador, opta por um trabalho voltado à sua área de atuação. No caso do autor desta dissertação, embora há muito esteja tempo fora da sala de aula, a experiência docente foi na área de Ensino de Eletrotécnica.

Os produtos educacionais podem ser de diversos tipos. Neste caso específico, trata-se de um texto de apoio para professores, que precisa ser de fácil entendimento e de acesso simples, para que os professores que tiverem contato com ele possam aplicar a ideia sugerida. Além disso, é fundamental que o produto educacional ofereça oportunidade de replicação.

Buss (2022, p. 1012) afirma, em relação ao papel de um texto de apoio:

O “Texto de Apoio aos Professores” tem, portanto, a função de orientar os(as) docentes em relação a um determinado conteúdo ou a um conjunto de conteúdos, que compõem o conhecimento inerente a alguma disciplina, num determinado período escolar.

E complementa:

Precisaria trazer possibilidades de capacitar e de subsidiar os(as) professores(as) no quesito conhecimento, sugerindo ações que permitam que tais conteúdos sejam colocados em prática pedagógica, seja essa curricular ou extracurricular.

A validação do produto na pesquisa ocorre em dois momentos distintos. O primeiro consiste na entrevista já realizada com o professor que utilizou o texto de apoio (apresentada no Apêndice 3). O segundo momento acontece durante a defesa da dissertação.

Espera-se que os professores que utilizarem este produto, por meio da interação com seus pares e da troca de experiências, possam replicá-lo em suas escolas, círculos de estudos, entre outros. Além disso, espera-se que a aplicação da UEPS proposta não seja vista como uma abordagem rígida, mas como uma sugestão adaptável às necessidades reais de ensino e aprendizagem, considerando o contexto da vida profissional de cada professor.

O Produto Educacional proposto neste trabalho é um texto de apoio para professores que ensinam as noções básicas sobre circuitos elétricos e pretendam utilizar para isso, uma simulação digital como introdução a este conteúdo. Não tem o propósito de substituir a prática de bancada por uma simulação, mas sim, de contribuir no sentido de ampliar o repertório pedagógico de professores que ensinam noções básicas sobre circuitos elétricos, nos diferentes níveis de ensino. Este produto utiliza como ferramenta de simulação a plataforma PhET, através do uso da simulação *Kit para montar de circuito DC*, em que é proposto uma UEPS (descrita no capítulo 6 deste trabalho) visando objetivamente ao final, alcançar a aprendizagem, por parte dos alunos, dos conceitos de circuitos elétricos de forma significativa.

Embora a aplicação e validação tenham sido realizadas em turmas de cursos técnicos, entendemos que o texto de apoio desenvolvido nesta pesquisa possa ser utilizado também no ensino fundamental e ensino médio.

O produto educacional é dividido em 7 seções: Na Seção 1 – Introdução – faz-se uma breve apresentação da proposta do referido produto educacional; na Seção 2 – Circuitos Elétricos – descrevemos os principais conceitos envolvendo circuitos série e paralelo, bem como suas características; na Seção 3 – Embasamento Teórico – fundamenta-se o produto, através da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, e também na visão do professor Marco Antônio Moreira, com base em sua proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, e conceitos fundamentais destas teorias; na Seção 4 - Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – propõe-se uma UEPS visando introduzir os principais conceitos envolvendo circuitos elétricos, partindo de seus conhecimentos prévios; na Seção 5 – Apresenta-se a plataforma PhET e suas simulações – nesta seção procura-se orientar o professor em como acessar a referida plataforma, e informar os recursos disponibilizados pela mesma, podemos dizer que é um pequeno manual de como utilizar tal plataforma referente ao uso da simulação *Kit de Montagem de Circuitos DC*; na Seção 6 é apresentada uma

proposta de questionário para uso do professor para avaliação dos Alunos – aqui servindo apenas como um auxílio. E dizemos um auxílio, pois, como texto de apoio, dá-se uma diretriz, porém cabe aos professores utilizarem conforme suas necessidades e realidade do momento, do ambiente, devendo fazer os devidos ajustes necessários; e na Seção 7 – Referências – apresenta-se as publicações e páginas web utilizadas como apoio para a criação deste produto educacional.

Cabe informar que este texto de apoio, produto educacional da pesquisa, é uma proposta para a aprendizagem, podendo o professor fazer as devidas adaptações, principalmente na seção 4, conforme a realidade na qual está inserido.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentamos os resultados e a discussão. Na seção 8.1, explicamos como ocorreu a categorização, que foi realizada *a posteriori*, ou seja, após a coleta de dados. Já nas seções 8.2, 8.3 e 8.4, discutimos os resultados, respectivamente, em relação a cada categoria emergida a partir dos dados.

8.1 Categorização

Após a coleta dos dados, o mestrando, em conversa com o orientador e considerando os principais pontos observados durante a aplicação do produto educacional registrados no diário de campo, nas fotos e na entrevista com o professor participante, decidiu definir três categorias de análise: categoria *dificuldades com a simulação*, pois constatamos que houve alguns casos de falhas na execução das simulações, confirmando a necessidade de acesso à Internet, além de computadores; categoria *reconciliação integrativa*, fundamento básico para a aprendizagem significativa; e categoria *representações espontâneas dos alunos com lâmpadas de árvore de Natal e circuito residencial na plataforma PhET*.

8.2 Dificuldades com a Simulação

Algumas dificuldades foram constatadas durante o momento em que os alunos tentaram realizar a simulação, sendo que as principais estavam relacionadas aos terminais das lâmpadas. Isto pode ser ilustrado no trecho do diário de campo “[...] Uma das duplas, ao montar, não se deu conta de que as lâmpadas possuíam dois terminais independentes de ligação [...]”. Diferentemente da chave de interruptor da fonte, dos condutores e dos resistores, que possuem terminais bem definidos em cada lado, as lâmpadas também possuem dois terminais, mas de forma mais discreta e com disposição distinta. Um dos terminais encontra-se ao lado, e o outro, na parte inferior do componente, como ocorre em lâmpadas incandescentes ou de LED. Porém, no momento da simulação, os alunos não perceberam essa característica.

Com isso, ocorreram duas situações: 1) Curto-circuito no circuito de luzes de árvore de Natal: Ao montar o circuito que representava as luzes de árvore de Natal,

os alunos conectavam o condutor diretamente nos terminais inferiores das lâmpadas, o que resultou em um curto circuito (vide Fig. 5 – Apêndice 3). Durante essa etapa, foi observado o conceito de recursividade (Moreira, 2012), pois, ao simular na plataforma PhET e aparecer na tela a chama de fogo gerada pelo simulador, indicando um erro na ligação, os alunos ficaram curiosos e motivados a corrigir a montagem. Esse erro tornou-se uma válvula propulsora para a busca pela ligação correta, o que foi realizado com sucesso (vide Fig.6 – Apêndice 3); 2) Falha no circuito residencial: Ao tentar representar um circuito do tipo residencial, ocorreu um caso em que uma das partes do circuito não funcionou corretamente (vide Fig.7 – Apêndice 3, ligação em paralelo).

Baseando-se na proposta de Azevêdo e Alves Filho (2022), é essencial que o professor, ao preparar sua aula, o faça de maneira que desperte no estudante a vontade de aprender, promovendo uma verdadeira curiosidade. Nesse processo, não é necessário se preocupar se o aluno alcançará diretamente o resultado desejado, pois são as tentativas e as experiências realizadas sem medo de errar que estimulam a aprendizagem. Se o erro ocorrer, ele pode gerar no aluno o desejo de entender por que errou e onde errou, sendo que, muitas vezes, a aprendizagem que ocorre por meio dos erros pode ser mais significativa do que com acertos.

Quando uma atividade gera um erro, abre-se a possibilidade de utilizá-lo como um ponto de partida para que novos conhecimentos surjam e novas ideias sejam explicadas. Por exemplo, conceitos como o Efeito Joule e a importância dos cuidados ao manusear ligações elétricas podem ser abordados. É possível destacar que, visualmente, fios desligados e energizados não apresentam diferença aparente, tornando essencial que todo cuidado seja tomado. No caso em questão, como podemos verificar na descrição do levantamento realizado no segundo dia (vide Quadro 2 – Apêndice 3), ao gerar o curto circuito, e em outro momento, não terem conseguido acender uma das lâmpadas, chamaram e comentaram com o professor os fatos acontecidos, e neste momento o mesmo aproveitou para orientar todos os alunos quanto aos bornes de ligação das lâmpadas, e os cuidados no momento de uma ligação, e aproveitou também para explicar o que é um nó em um circuito elétrico, e após estes dois momentos os alunos refizeram as ligações com êxito, e novamente chamaram o professor para mostrar o feito alcançado.

A partir desses resultados, foi incluído um comentário no 3º passo da UEPS proposta, disponível no texto de apoio (produto educacional desta pesquisa,

localizado no Apêndice 2). Esse comentário alerta para o cuidado necessário ao manipular os bornes das lâmpadas na simulação, que, ao contrário dos demais componentes, possuem um borne lateral e outro inferior.

8.3 Reconciliação Integrativa dos conceitos de série e paralelo

Como já mencionado anteriormente, este trabalho apresenta a proposta de um texto de apoio para o professor, que visa o uso da plataforma PhET para introduzir os conceitos de circuitos em série e em paralelo. A ideia é alcançar, conforme Teixeira (2015), uma aprendizagem significativa, fundamentada nos estudos de David Ausubel, por meio da criação de uma UEPS, conforme a proposta do professor Marco Antônio Moreira (s.d.). A UEPS é descrita em oito passos, desde a escolha do tema e da situação-problema até a avaliação final, permitindo que os alunos desenvolvam conceitos, mesmo que básicos, sobre circuitos em série e em paralelo, tendo como base o referencial teórico de Ausubel e Moreira.

O professor participante da pesquisa, ao definir o assunto a ser aprendido, iniciou a aula com uma pergunta à turma: “[...] O que vocês imaginam ser um circuito elétrico? Que exemplos vêm à mente e que podem existir em suas casas, principalmente usados neste período de festas de fim de ano? [...]”. O intuito era estimular os alunos a trazerem exemplos do cotidiano, utilizando subsunçores (Moreira, 2012), ou seja, conceitos prévios que fizessem parte de suas vivências. Inicialmente, os alunos mostraram-se um pouco retraídos, conforme anotado no diário de campo: “[...] Por ser o primeiro contato no semestre e com a disciplina, pois são alunos novos, houve uma certa retração inicial de diálogo em grupo [...]”.

Com a motivação promovida pelo professor, surgiu o exemplo das luzes das árvores de Natal: “[...] O que lembravam eram as decorações de Natal, principalmente as luzes das árvores de Natal [...]”. Todos os alunos se apoiaram nesse exemplo, que serviu como ancoradouro, sem que outro exemplo fosse mencionado em relação ao circuito em série. O professor, então, buscou aprofundar o tema e perguntou: “[...] O que acontece quando uma lâmpada do conjunto de Natal queima? [...]”. A resposta dos alunos foi: “[...] Que o conjunto de lâmpadas se apagaria [...]”. A partir dessa interação, os alunos, em grupo, concluíram que uma lâmpada depende da outra para funcionar, considerando que todas estão conectadas em continuidade. Em resumo, os estudantes acabaram de construir o

conceito básico, ainda que não técnico, de circuito em série. Eles determinaram que o circuito funciona de forma interdependente, onde todos os componentes (lâmpadas) formam um único sistema. Esse conceito é consistente com a definição de circuito em série apresentada por Dell’Arciprete e Granado (1978).

Dando continuidade ao tema, o professor propôs outra pergunta: “[...] Vocês conseguem pensar em algum outro tipo de circuito que exista em suas casas? [...]”. A resposta foi o exemplo das “[...] lâmpadas de teto [...]”, que se tornou o único exemplo mencionado em relação ao circuito paralelo. Com base nos dois exemplos propostos e discutidos, o professor fez a seguinte indagação: “[...] O que vocês conseguem diferenciar entre o primeiro exemplo e o segundo? [...]”. Os alunos responderam: “[...] Quando uma lâmpada de teto queima, as demais continuam funcionando [...]”. Nesse segundo caso, ao contrário do primeiro, “[...] as lâmpadas funcionam de forma independente [...]”.

Alguns comentários dos alunos que podemos aqui descrever (Quadro 5 – Apêndice 3), quanto as lâmpadas de árvores de natal, um aluno comentou que “[...] as lâmpadas eram ligadas que nem resistores, e que uma lâmpada dependia da outra [...]”, outro complementou que “[...] quando uma pifa as outras também param de funcionar [...]”, já outro informou que “[...] quando uma queima ao mesmo tempo que as outras param, ao ser trocada e não havendo mais nenhuma queimada, todas retornam a funcionar [...]”, já em relação as lâmpadas de teto residencial, uma aluna comentou que “[...] já havia visto o irmão mexer numa lâmpada no teto, e que para poder ligar a lâmpada, chegam dois fios de cores diferentes [...]”, e um aluno comentou que “[...] quando uma lâmpada queima, as demais da casa continuam funcionando, que são independentes uma das outras [...]”.

Quando chegou o momento de realizar a simulação na plataforma PhET (Universidade do Colorado, 2024b), o professor fez uma breve apresentação, mostrando aos alunos como acessar a plataforma “[...] utilizando a simulação *Kit para Montar Circuito DC* [...]”. Ele explicou como localizar os componentes disponíveis para montagem dos circuitos e como posicioná-los na bancada virtual. Em seguida, demonstrou a criação de um exemplo simples, com apenas uma lâmpada (Fig. 2 – Apêndice 3), visando não direcionar os alunos a um exemplo concreto de circuito em série ou paralelo.

A partir disso, “[...] pediu que os alunos tentassem montar um circuito, da maneira que imaginassem, representando um circuito de lâmpadas de Natal,

composto por uma fonte (pilha/bateria), duas lâmpadas e uma chave liga/desliga [...]”. Prontamente, os alunos se empenharam na tarefa proposta, o que corrobora com Nicolete (2022), que afirma que, desde que bem escolhidas, as situações a serem abordadas podem resultar em atividades instigantes, tornando o ambiente de aprendizagem mais acolhedor.

A proposta sugerida levou a maioria dos alunos a representar um circuito em série (vide Figuras 6, 9, 10, 11 e 12 – Apêndice 3). Posteriormente, quando os alunos foram desafiados a simular um circuito com duas lâmpadas, como as lâmpadas de teto em suas residências, a maioria optou por representar um circuito em paralelo (vide Figuras 8, 9, 10, 11 e 12 – Apêndice 3). Após as simulações, os alunos fizeram comparações entre os dois circuitos e observaram que “[...] a corrente que passa por uma lâmpada e pela outra no circuito em série é a mesma, enquanto a corrente que circula nas lâmpadas em paralelo resulta da divisão da corrente total do circuito [...]”. O professor destacou aos alunos que, em um circuito, cada lâmpada incandescente funciona como um resistor, pois transforma energia elétrica em energia luminosa e térmica (Dell’Arciprete; Granado, 1978). Ele explicou que “[...] os valores fixos, teoricamente, são os da tensão fornecida pela fonte e os dos resistores, enquanto a corrente elétrica é uma consequência dos valores resultantes da tensão e da resistência utilizadas [...]”. Além disso, observou que “[...] a tensão aplicada nas lâmpadas no circuito paralelo é a mesma fornecida pela fonte, enquanto no circuito em série, a tensão se divide proporcionalmente aos valores das resistências das lâmpadas [...]”, introduzindo os conceitos técnicos básicos dos dois tipos de circuitos (série e paralelo).

O professor também aproveitou para alertar sobre o cuidado na representação dos circuitos: “[...] seja na plataforma PhET ou em registros gráficos, é importante sempre procurar fazer da forma mais limpa e clara possível, para que quem visualize tenha clareza em relação ao que está vendo [...]”. Ele ressaltou que a representação é o esboço de uma provável realidade a ser implementada em um projeto.

Cabe destacar que, na aplicação dos 2º e 3º passos da UEPS junto à segunda turma, cujo objetivo era obter um maior embasamento para a coleta de dados, os resultados obtidos foram semelhantes aos da primeira turma, mesmo sendo composta por alunos que já haviam estudado eletricidade na disciplina de Física.

A plataforma PhET é uma ferramenta de fácil acesso e manuseio. Conforme Candia, Pagel e Beck (2024), ela possibilita inúmeras simulações em diversas áreas, constituindo-se como um valioso recurso de apoio para professores que desejam experimentar a aprendizagem por simulação como metodologia de ensino. Neste trabalho, a plataforma PhET serviu como um organizador prévio (Moreira, 2012), permitindo a visualização de fenômenos que ocorrem na prática, mas que geralmente não são visíveis a olho nu.

A simulação também pode democratizar a prática experimental, considerando que muitas escolas não possuem laboratórios equipados ou componentes necessários para atividades em bancada. Por meio da plataforma PhET, os alunos, mesmo em um ambiente virtual, podem realizar experimentos utilizando apenas um laboratório de informática e acesso à internet. Assim, concordamos com Rissatto (2021), que afirma que hoje é possível discutir a democratização do acesso à tecnologia, desde que as escolas realizem as adaptações necessárias para se alinhar às tecnologias digitais disponíveis, especialmente as de acesso público. Isso pode se tornar uma alternativa viável, enquanto metodologia de ensino, que é muitas vezes gratuita e bastante atrativa para os estudantes (Domingues; Carvalho; Philippsen, 2021).

Também concordamos com Teixeira (2015), que destaca que o professor deve estar aberto a novas ferramentas, como foi o caso deste trabalho. Na entrevista, o professor declarou: “[...] para eletricidade inicial, é muito bom [...]” e “[...] eu vou ver se consigo usar com os alunos agora, um pouquinho mais perto do Natal [...]”. O professor ainda complementou: “[...] Eu quero ver se consigo usar com eles, justamente o programa, para eles terem noção do que é corrente, tensão e resistência [...]”. Ele também ressaltou: “[...] Eu praticamente vou utilizar mais adiante, com as outras turmas iniciais, para explicar o que são estas grandezas. Eu achei muito bom. [...]”. Essas declarações corroboram o que Williams (2022) afirma: as plataformas digitais de simulação são ferramentas que proporcionam aos professores maior facilidade para a construção do conhecimento junto aos seus alunos.

Com base nos dados e na análise realizada, percebemos que os alunos aprenderam a partir de seus conhecimentos prévios, ou seja, utilizando o exemplo das luzes das árvores de Natal e considerando o conjunto como um circuito. Embora não tenham utilizado termos técnicos, concluíram que as lâmpadas possuem entre si

uma relação de continuidade e dependência. Nesse momento, houve um exemplo claro de Reconciliação Integrativa (Moreira, 2012), pois o fundamento principal — um caminho único (continuidade) e a dependência do funcionamento das lâmpadas (o rompimento de uma lâmpada interrompe o circuito) — constitui um conceito básico de circuito em série.

Cabe ao professor fazer a conexão entre as contribuições dos alunos e os conceitos técnicos. Por isso, incluímos um comentário no Passo 6 da UEPS proposta (Apêndice 2), destacando a importância de aproveitar essa oportunidade para reforçar os conceitos técnicos de forma integrada ao que foi levantado pelos alunos.

8.4 Representações espontâneas dos alunos de lâmpadas de árvore de natal e circuito residencial na plataforma PhET

No que se refere às representações espontâneas dos alunos, propostas nos primeiros passos da UEPS, cabe destacar que todas as criações partiram do pensamento e da imaginação dos próprios estudantes, sem interferência inicial do professor participante ou dos pesquisadores. A intenção era verificar, a partir dos exemplos fornecidos pelos alunos e das conclusões a que chegaram, o que seriam capazes de demonstrar por meio de seus próprios esquemas mentais utilizando a simulação digital.

Alguns problemas foram observados em determinadas simulações feitas pelos estudantes (vide Figuras 5 e 7 – Apêndice 3). Em um dos casos, houve um curto circuito, enquanto, em outro, devido ao fato de os dois terminais da segunda lâmpada estarem conectados ao mesmo ponto na ligação em paralelo, a lâmpada não acendeu.

Quanto aos circuitos ligados em série (luzes de Natal), a maioria dos estudantes conseguiu realizar as conexões corretamente (vide Figuras 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 18 – Apêndice 3).

Já em relação às representações digitais de circuitos ligados em paralelo, apenas a primeira e a segunda turma realizaram essa etapa, já que, na terceira turma, em que foram refeitos os 2º e 3º passos da UEPS, não houve tempo hábil para realizá-la. A atividade foi bem-sucedida para a maioria dos alunos. No entanto, eles não perceberam que, para tornar a simulação mais realista e possibilitar que os

componentes funcionassem de forma independente, seria ideal incluir um interruptor para cada lâmpada. Apesar disso, como o objetivo principal era representar o problema como uma ligação em paralelo, podemos afirmar que os alunos conseguiram completar a tarefa com êxito (vide Figuras 8, 9, 10, 11 e 12 – Apêndice 3).

Um aspecto que chamou muita a atenção nas três turmas (a primeira, utilizada como turma piloto, e as outras duas, para a aplicação efetiva do produto educacional) foi o interesse e a disponibilidade dos alunos em utilizar a plataforma PhET.

Em relação ao subsunçor "lâmpadas de árvores de Natal", os alunos trouxeram, além do exemplo, algumas relações sobre o funcionamento dos circuitos. Em sua maioria, conseguiram representar as ligações corretamente por meio da simulação digital. O mesmo ocorreu com o segundo exemplo de conhecimento prévio utilizado, no qual o subsunçor foi o "conjunto de lâmpadas residenciais". Nesse caso, os alunos demonstraram uma relação de independência entre os componentes e a existência de mais de um caminho no circuito.

Esses dois subsunçores (lâmpadas de Natal e lâmpadas residenciais) funcionaram como ancoradouros no processo de aprendizagem, nos termos de Moreira (2006).

Um ponto negativo identificado foi a dificuldade inicial em compreender os terminais de ligação das lâmpadas, conforme já comentado na primeira seção deste capítulo. No entanto, esse problema foi rapidamente corrigido com uma breve explicação do professor. Para reforçar essa questão, foi incluído um comentário no 6º passo da UEPS proposta no texto de apoio, produto desta pesquisa (Apêndice 2).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que nosso objetivo geral foi “descrever e analisar a utilização de uma plataforma digital para ensinar conceitos relacionados a circuitos elétricos com vistas à validação de um texto de apoio previamente elaborado, destinado a professores que desejam introduzir essas ideias em diferentes níveis de ensino”, entendemos que esse objetivo foi alcançado, já que os alunos através de sua participação e curiosidade em relação ao que estavam fazendo, conseguiram construir os conceitos básicos de circuitos em série e em paralelo, utilizando uma simulação digital realizada através da plataforma PhET.

Constatou-se que algumas dificuldades surgiram, resultando em erros na execução das atividades. Verificou-se a ocorrência da Recursividade, na qual, por meio do erro, os alunos foram incentivados a descobrir onde e por que erraram. Isso está diretamente alinhado ao conceito de Aprendizagem Significativa. Este estudo foi fundamentado na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e na proposta do professor Marco Antônio Moreira sobre o uso da UEPS. O produto educacional resultante deste trabalho, um texto de apoio para professores, propõe uma UEPS voltada ao ensino das noções básicas de circuitos em série e em paralelo.

Partindo de dois subsunçores (as luzes de árvores de Natal e os pontos de luz residenciais), os conceitos básicos de circuitos em série (continuidade e dependência) e em paralelo (independência e múltiplos caminhos) foram construídos com sucesso.

Cabe ressaltar que a aprendizagem deve ser contínua e progressiva. Com base nos conceitos construídos pelos alunos, o professor pode aproveitar a oportunidade para introduzir novos conhecimentos que serão estudados futuramente, como energia elétrica, energia luminosa e energia térmica. Também é importante que as representações sejam apresentadas de forma clara, permitindo que quem for executar um projeto compreenda com precisão o que deve ser feito. Além disso, ao abordar exemplos como os curtos circuitos, o professor pode enfatizar os cuidados necessários na prática do dia a dia. Para que esses resultados sejam atingidos, é essencial que a atividade seja bem planejada, com a inclusão de novas ferramentas metodológicas (organizadores prévios). No caso deste trabalho, a plataforma PhET demonstrou ser uma ferramenta eficaz, incentivando uma

verdadeira vontade de aprender, em contraste com a aprendizagem mecânica, na qual o aluno apenas decora para ser aprovado nas avaliações formais.

A prática com a plataforma PhET democratiza a experiência prática dos alunos, pois basta que a escola disponha de um laboratório de informática com acesso à internet. Muitas instituições de ensino não possuem laboratórios físicos adequados ou enfrentam limitações orçamentárias para sua manutenção.

A validação do produto educacional proposto, na forma de um texto de apoio para professores, foi realizada em turmas iniciais de uma instituição pública de ensino técnico do interior do Rio Grande do Sul, que oferece cursos em diversas áreas relacionadas com Eletricidade. Essa validação incluiu dois momentos principais: a entrevista com o professor, que utilizou o texto de apoio, e a apresentação dos resultados durante a defesa da dissertação. O texto de apoio foi projetado para ser de fácil entendimento e acesso, permitindo que os professores apliquem a UEPS de maneira flexível e adaptável às suas necessidades reais de ensino e aprendizagem.

Quanto às limitações, destaca-se que as simulações estão restritas aos kits disponíveis na plataforma, muito embora tenham diversas opções, e neste caso, podendo ser aplicadas também para turmas de ensino fundamental, ampliando seu impacto pedagógico.

Espera-se que os professores possam replicar a proposta para seus colegas da área, promovendo o uso de novas ideias e ferramentas metodológicas. A proposta não é rígida, mas sim aberta a adaptações de acordo com o contexto profissional e o ambiente em que os alunos estão inseridos, sempre partindo do conhecimento prévio e contexto cognitivo dos estudantes.

Quanto à UEPS proposta, pode-se afirmar que, para o tema escolhido, o trabalho foi bem-sucedido. Os alunos, com base em seus conhecimentos prévios e exemplos do cotidiano (os subsunçores), conseguiram construir conceitos básicos sobre os tipos de circuitos elétricos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, W. V. S.; ALVES FILHO, M. D. E. Estratégia multirrecursos no ensino experimental em um laboratório de engenharia: possibilidades do Framework curricular e projeto disciplinar. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, p. 526-539, Brasília – DF, 2022.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016**. Disponível em: https://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/NORMAS-RESOLUCOES/Resoluo_n_510_-_2016_-_Cincias_Humanas_e_Sociais.pdf. Acesso em: 08 set. 2024.

BORGES, H. S.; SILVA, H. B. Elementos essenciais do projeto e do relatório científicos na pesquisa em educação. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 4, n. 7, p. 43, 2011.

BUSS, C. S. O conceito de texto de apoio aos professores enquanto produto educacional dos mestrados profissionais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática - UPF**, v. 5, n. 2, p. 999-1017, Passo Fundo-RS, 2022.

CANDIA, D. G. M.; PAGEL, C. H.; BECK, V. C. Invariantes operatórios mobilizados por estudantes do Ensino Médio sobre circuitos em série através do laboratório virtual PhET. **Ensino e Tecnologia em Revista**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 52-66, 2024.

DELL'ARCIPRETE, N.; GRANADO, N. V. **Física 3, 2º Grau, Eletricidade / Magnetismo / Óptica**. São Paulo - SP: Editora Ática, 1978.

DOMINGUES, G. H. C.; DE CARVALHO, H. A. P.; PHILIPPSEN, G. S. Ensino de circuitos elétricos por meio de tecnologias digitais: uma proposta didática baseada na Aprendizagem Significativa e nos Três Momentos Pedagógicos. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 6, p. 597-613, 2021.

DORNELES, P. F. T. **Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional modellus**. 2005. Dissertação (Mestrado em Física), Programa de Pós-graduação em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 141 f.

GOMES, D. C.; SOUZA, K. S. Unidades de ensino potencialmente significativas (ueps) e a Aprendizagem da oxirredução. **REAMEC - Revista Amazônica de Ensino de Ciências e Matemática**, Cuiabá/MT, v. 11, n. 1, 2023.

MOREIRA. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**, Brasília – DF, Editora da Universidade Federal de Brasília - UNB, 2006.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**,

Instituto de Física – UFRGS. s.d. Disponível em :
<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>. Acesso em: 08 set. 2024.

MOREIRA, M. A. **Unidade de ensino teoricamente fundamentadas: as unidades de ensino Potencialmente Sgnificativas (UEPS) como exemplo**, PROCIMA - Programa de Ensino em Cciências e Matemática, UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 13/08/2020. Disponível em:
https://www.youtube.com/watch?v=vi7tjEd_zs. Acesso em: 08 set. 2024.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? In: **AULA INAUGURAL DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS**, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em 03 nov. 2023.

NICOLETE, P. C. **O uso de laboratório remoto, virtual e remoto aumentado para apoiar a aprendizagem experiencial de circuitos elétricos**. 2022. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS. 252 f.

OLIVEIRA, M. J. S. D. **Explorando simulações e laboratórios virtuais multimídia como recursos de aprendizagem de física**. 2022. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS. 177 f.

RISSATTO, M. A. **Sobre a permanência da Filosofia na escola e sua relação com o mundo tecnológico**. 2021 Dissertação (Mestrado em Ensino de Filosofia) - Programa de Pós-Graduação Profissional em Filosofia, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar – São Carlos – SP. 114 f.

SANTOS, K.V. **Fundamentos de Eletricidade** – Centro de educação Tecnológica do Amazonas – CETAM, Manaus – AM, 2011. Disponível em:
<https://www.infolivros.org/livros-pdf-gratis/fisica/eletricidade/>. Acesso em 25 mai 2024

SIQUEIRA, K. S. Linguagem e tecnologias digitais no ensino da física como elementos facilitadores da aprendizagem. **Revista Processando o Saber**, v.15, p. 75-97, Fatec Praia Grande, Praia Grande, 2023.

TEIXEIRA H. Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. **Hélio Teixeira**. 18 nov. 2015. Disponível em: <http://www.helioteixeira.org/ciencias-da-aprendizagem/teoria-da-aprendizagem-significativa-de-david-ausubel/>. Acesso em: 16 nov 2023.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **PhET**. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 08 set. 2024a.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **Kit para montar circuito DC**. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc. Acesso em: 08 set. 2024b.

WILLIAMS, P. S. F. **Tecnologias digitais no ensino de física: PhET como recurso de ensino-aprendizagem para o oscilador harmônico simples**. 2022. Monografia (Curso de Licenciatura em Física), Instituto de Ciências Exatas e da Natureza - ICEN, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, Redenção - CE. 46 f.

YIN, R. K. **Métodos de Pesquisa - Pesquisa Qualitativa do Início ao Fim**. Novo Hamburgo - RS: Sinopsys Editora, 2016.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Projeto de Pesquisa: Um estudo sobre o uso da plataforma PhET para introduzir os conceitos de circuito em série e circuito em paralelo

Instituição realizadora da Pesquisa: Instituto Federal de Ensino, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Câmpus Pelotas Visconde da Graça (IFSul/CaVG)

Pesquisadores responsáveis: José Ricardo Fabres Sedrez/Vinicius Carvalho Beck

Objetivo geral: Avaliar e validar o Texto de Apoio para uso do professor.

Procedimentos a serem utilizados:

Em uma das aulas vamos propor algumas atividades de simulação de circuitos elétricos séries e paralelo, através do uso da plataforma PhET. Não vão ser coletados nomes e nem fotos dos participantes nos relatórios da pesquisa. Saliento que todos os dados sobre a aprendizagem dos alunos serão exclusivamente para fins de pesquisa.

Além disso, os sujeitos da pesquisa terão os esclarecimentos desejados e a assistência adequada, se necessária, antes, durante e após a realização da pesquisa. Desde já agradeço sua colaboração e atenção frente a pesquisa aqui apresentada.

Eu, _____, RG nº _____
declaro ter sido informado(a) e concordo com a participação do(a) estudante sob minha responsabilidade no projeto de pesquisa acima descrito.

Pelotas, 10 de outubro de 2024

Assinatura da(o) responsável pelo(a) participante

Apêndice 2 – Produto Educacional



**Texto de apoio para professores
desenvolverem ideias básicas sobre
circuitos elétricos através de uma
simulação digital da plataforma PhET**

José Ricardo Fabres Sedrez

Vinicius Carvalho Beck



PPGCITED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO



INSTITUTO FEDERAL
Sul-rio-grandense
Câmpus
Pelotas - Visconde da Graça

Ficha Técnica

Autores

José Ricardo Fabres Sedrez
Vinicius Carvalho Beck

Design

Equipe Proedu

Ficha Catalográfica

S449t Sedrez, José Ricardo Fabres
Texto de apoio para professores desenvolverem ideias básicas sobre circuitos elétricos através de uma simulação digital da plataforma PhET/ José Ricardo Fabres Sedrez, Vinicius Carvalho Beck. – 2025.
31 f. : il.

Produto educacional (Mestrado) – Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós - graduação em Ciências e Tecnologias da Educação, 2025.

1. Tecnologias na educação. 2. Circuitos elétricos. 3. Simulação digital. I. Beck, Vinicius Carvalho (aut.), II. Título.

CDU: 378.046-021.68:621.3

Catalogação na fonte elaborada pelo Bibliotecário
Vitor Gonçalves Dias CRB 10/1938
Câmpus Pelotas Visconde da Graça



Esta obra está licenciada com uma Licença *Creative Commons* Atribuição-
Não Comercial 4.0 Internacional

Este template é uma cooperação entre Proedu (proedu.rnp.br) e PPGCITED

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. CIRCUITOS ELÉTRICOS	4
3. EMBASAMENTO TEÓRICO.....	9
4. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA ABORDANDO CIRCUITOS ELÉTRICOS	11
5. PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO PHET E SUAS DISPONIBILIDADES	14
5.1 REPRESENTAÇÃO DAS SIMULAÇÕES DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS SÉRIE E PARALELO NO PHET.....	15
5.2 CIRCUITO ELÉTRICO SÉRIE	15
5.3 CIRCUITO ELÉTRICO PARALELO	16
5.4 DISPONIBILIDADES DA BANCADA DIGITAL	17
5.5 ELEMENTOS DISPONÍVEIS	17
5.5.1 ELEMENTOS REPRESENTADOS ATRAVÉS DE SIMBOLOS ELÉTRICOS.....	18
5.5.2 ELEMENTOS REPRESENTADOS ATRAVÉS DE ESQUEMAS ELÉTRICOS.....	19
5.6 ALTERAÇÃO DE VALORES DOS ELEMENTOS.....	20
5.7 NO ESPAÇO CONFIGURAÇÕES	21
5.8 NO ESPAÇO CONFIGURAÇÕES AVANÇADAS	23
6. PROPOSTA DE QUESTIONÁRIO PARA USO DO PROFESSOR PARA AVALIAÇÃO DOS ALUNOS.	26
7 REFERÊNCIAS.....	29

1. Introdução

Este é um texto de apoio para professores que ensinam as noções básicas sobre circuitos elétricos e pretendam utilizar para isso, uma simulação digital como introdução a este conteúdo. Ele foi concebido como produto educacional a partir da pesquisa de Mestrado do primeiro autor (Sedrez, 2025) deste texto, sob orientação do segundo autor.

Sabemos que a prática de bancada é essencial e insubstituível, e não seria este o propósito fomentado por este texto de apoio, ou seja, o de substituir a bancada por uma simulação, mas sim contribuir no sentido de ampliar o repertório pedagógico de professores que ensinam noções básicas sobre circuitos elétricos (professores de Ciências, professores de Física, professores de Eletromagnetismo, professores de Eletricidade Básica, professores de Instalações Elétricas, dentre outros) nos mais diferentes níveis.

Uma *simulação digital* é uma ferramenta eletrônica/computacional, a qual podemos utilizar para trabalhos que seriam comumente realizados fisicamente, porém, sem condições imediatas de prática (pela falta de recursos, pelo risco ou pelo fato de as hipóteses de uso não serem visualmente possíveis de outras formas). Em discussões iniciais do grupo de estudos, tivemos contato com uma simulação digital voltada para o ensino para circuitos elétricos, da plataforma Physics Education Technology (PhET). A simulação chama-se *Kit para montar circuito DC*.

Esta proposta pedagógica foi elaborada com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, e também na proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) do prof. Marco Antônio Moreira. Ao final deste texto propomos uma UEPS para o ensino das noções básicas sobre circuitos elétricos.

Boa leitura!!

2. Circuitos Elétricos

Um *circuito elétrico* é um conjunto formado por pelo menos três elementos: uma fonte de tensão, também chamada de gerador e que pode ser do tipo contínua ou alternada; um receptor ou resistor; e condutores para fazer a união de todos os elementos. No circuito elétrico uma fonte é ligada em dois terminais através de condutores, e tem, em alguma parte do circuito, um receptor ou resistor sendo alimentado. Todo elemento contido num circuito e que não transforma a energia elétrica em energia térmica é denominado, conforme Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 96), *receptor*, e quando transforma energia elétrica em energia térmica de *resistor*.

Conforme Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 96) um gerador é todo elemento de circuito capaz de transformar energia não elétrica em energia elétrica. A função de um gerador num circuito consiste em fornecer energia potencial às cargas que o atravessam. Mantendo uma diferença de potencial entre seus polos, o gerador garante uma circulação de corrente elétrica. No circuito externo, as cargas perdem gradativamente essa energia potencial elétrica que é transformada em energia térmica (nos resistores) ou energia mecânica (nos motores), ou ainda em energia química (na recarga de baterias). São exemplos de geradores de corrente contínua: pilhas, baterias automotivas, placas fotovoltaicas e outros. Dentre as de corrente alternada temos as turbinas hidráulicas, turbinas a vapor e outros.

Segundo Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 11-16), *corrente elétrica* é como denominamos o movimento ordenado de cargas elétricas. Por convenção, adota-se como sentido da corrente elétrica o sentido do movimento das cargas positivas, portanto, o sentido contrário ao sentido do movimento das cargas negativas. No primeiro caso chamamos de *sentido convencional*, e no segundo, *sentido eletrônico*. A corrente elétrica é representada pela letra *i* e tem como unidade o *Ampére*.

De acordo com Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 30), o *desequilíbrio elétrico* existente entre os polos de um gerador pode ser avaliado por meio de

uma grandeza física indicada pela letra U ou pela letra V , e recebe o nome de *Diferença de Potencial Elétrico (DDP)*, também denominada *tensão elétrica*, que é medida em *volts*.

Existem diversos tipos de receptores e resistores, como exemplo de receptores temos as lâmpadas frias e motores, que transformam a energia elétrica respectivamente em energia luminosa e energia mecânica. Já entre os resistores temos como exemplo o ferro elétrico, estufas, lâmpadas incandescentes, e outros tantos, que transformam a energia elétrica em energia térmica. A partir deste momento, vamos nos deter aos resistores, pois eles sofrem o *efeito Joule*, isto é, o aquecimento provocado pela transformação de energia elétrica em energia térmica. Os resistores, teoricamente, possuem valores constantes, e sua principal característica é causar resistência a passagem de corrente elétrica, sendo diretamente relacionada, numericamente, com a corrente elétrica, e inversamente relacionada a tensão. O quociente entre a *DDP* e a intensidade da corrente i denomina-se *resistência elétrica do fio condutor* e representa-se por R , medida pela unidade *Ohm* (Ω).

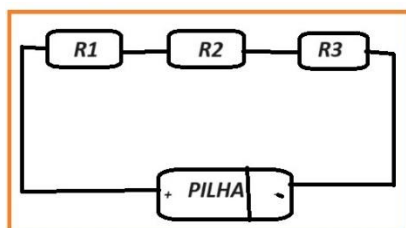
Os condutores, além de interligarem os demais elementos do circuito elétrico, devem possuir a característica de baixa resistência, à fim de não interferirem no seu funcionamento, pois, segundo Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 50), na transmissão de energia elétrica e nos enrolamentos dos motores e geradores, procura-se reduzir ao mínimo a resistência elétrica para evitar perdas pelo Efeito Joule. Por isso, são utilizados fios de materiais como o cobre e o alumínio, por apresentarem baixa resistência.

Neste trabalho nos dedicaremos a dois tipos de circuitos elétricos: o *circuito em série* e o *circuito em paralelo*, também denominados, respetivamente como *circuito de associação de resistores em série*, e *circuito de associação de resistores em paralelo*.

Circuito elétrico em série, ou abreviadamente, *circuito série*, é o circuito no qual estão associados no mínimo dois resistores, e todo circuito possui apenas um caminho para a corrente percorrer, pois segundo Santos (2011, p. 65) os componentes estão em série quando a corrente do circuito que passa por eles e a mesma, ou seja, eles constituem um único caminho no circuito. Assim

sendo, a corrente elétrica i é igual em todo o circuito. A resistência elétrica total, também chamada de *resistência equivalente*, conforme descreve Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 53), é igual a soma das resistências de cada um dos resistores da associação, e a tensão fornecida pela fonte é dividida proporcionalmente em relação aos valores de resistência dos resistores. Na Figura 1 é ilustrada uma associação de resistores em um circuito em série.

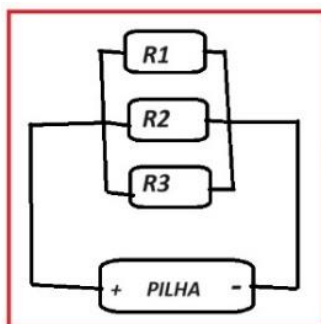
Figura 1 – Circuito Elétrico Série



Fonte: autoria própria.

Circuito elétrico em paralelo, ou simplesmente *circuito paralelo*, é o circuito no qual são associados no mínimo dois resistores, conforme descrevem Dell’Arciprete e Granado (1978, p. 56-57), com um ponto de ligação em comum entre os resistores, e segundo Santos (2011, p. 67) os componentes estão em paralelo quando as suas extremidades estão conectadas no mesmo ponto. Componentes em paralelo apresentam a mesma diferença de potencial entre suas extremidades. A resistência equivalente é igual à soma dos inversos de cada uma das resistências dos resistores da associação, sendo sempre menor do que qualquer uma das resistências da associação. A tensão fornecida pela fonte é aplicada igualmente em todos os resistores, e por estarem em paralelo, o circuito possui mais de um caminho para a corrente percorrer, e por isso, a corrente elétrica i é igual ao somatório de todas as correntes que passam nos diversos resistores associados neste circuito. Este tipo de circuito é muito utilizado quando desejamos que a mesma quantidade de tensão fornecida seja aplicada nas diversas cargas do circuito, como é o caso das instalações residenciais, onde todas as tomadas possuem a mesma tensão. Na Figura 2 é ilustrado um circuito paralelo.

Figura 2 – Circuito Elétrico Paralelo



Fonte: autoria própria.

Já se passaram, no momento da escrita deste texto, quarenta e dois anos desde a formatura como técnico em Eletrotécnica do primeiro autor deste texto, e o modo de ensinar pouco mudou por boa parte dos professores, e também constata-se que embora simulações digitais não sejam algo tão recente, é possível que muitos professores não tenham conhecimento de sua existência ou de como obter acesso às mesmas, e devido a isso entendemos que é necessário proporcionar ao docentes que ensinam circuitos elétricos uma proposta de produto educacional que propicie uma nova abordagem de ensino, fazendo com que as aulas se tornem mais atraentes, abordando este tópico de uma forma mais próxima da realidade que os estudantes encontrarão no dia a dia de suas vidas profissionais, e por isso, para este trabalho optamos por elaborar um produto na forma de um *texto de apoio* para docentes.

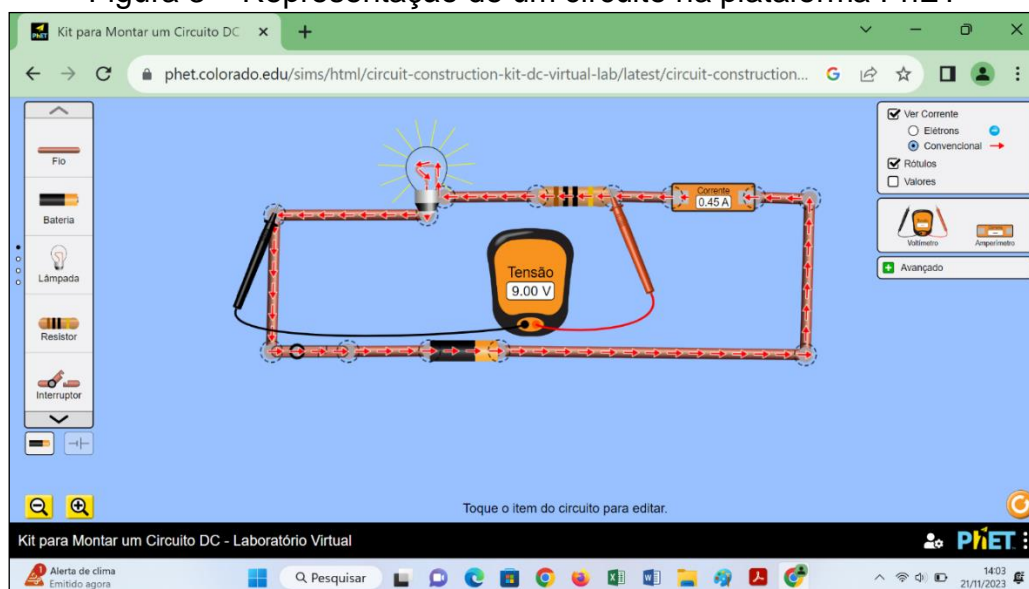
A utilização de uma simulação digital, passa a ser uma grande fonte de aprendizagem, principalmente no ensino de circuitos elétricos, pois boa parte dos alunos passam por dificuldades de entendimento, como afirma Dorneles (2005, p.83) sobre isso:

Optamos por trabalhar com o ensino de circuitos elétricos, por ser uma das áreas da Física em que existem mais estudos sobre dificuldades de aprendizagem. Vários estudos, relatados na revisão da literatura (cap. 2) mostram que mesmo após o ensino de circuitos elétricos, os alunos permanecem com raciocínios errôneos e com concepções alternativas. Por isto, propusemos o uso de simulação e modelagem computacionais como complementos às atividades em sala de aula e de laboratório, com questões capazes de promover nos alunos uma reflexão sobre suas próprias concepções e raciocínios. Estas atividades eram realizadas no laboratório de

informática por pequenos grupos de alunos, dispostos em duplas ou trios. Preferimos que os alunos trabalhassem em pequenos grupos para promover não só a interação entre o aluno e os modelos computacionais, mas também entre os próprios alunos (Dorneles, 2005, p. 83).

Conforme Candia, Pagel e Beck (2024, p. 56), a plataforma PhET (University of Colorado, 2022) apresenta um grande número de simulações nas áreas de fenômenos relacionados às Geociências, à Física, à Química, à Biologia e à Matemática, constituindo-se como uma ferramenta de apoio para professores que pretendam utilizar a aprendizagem por simulação como metodologia de ensino.

Figura 3 – Representação de um circuito na plataforma PhET



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

Além de propiciar a visualização do que acontece na prática, e que muitas vezes não são vistas a olho nu, a simulação digital também permite que, na falta de oportunidade de laboratórios próprios para a prática em bancada, possa-se fazer experimentos em laboratórios de informática, e até mesmo como trabalho para casa, se os alunos tiverem condições de equipamentos e acesso à internet.

3. Embasamento Teórico

Nosso referencial teórico é a Teoria da Aprendizagem Significativa do Americano David Ausubel, na visão do Professor Marco Antônio Moreira (Moreira, 2006, 2010, 2020), e de sua proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que tem a Teoria da Aprendizagem Significativa como fundamento base.

O Professor Marco Antônio Moreira é licenciado e mestre em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do sul (UFRGS) e doutor em Educação pela Cornell University. Foi professor de Física de 1967 à 2012, pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) de 1989 à 2014, já publicou 281 artigos, 56 livros, e atualmente é docente da Universidade de Bulgo na Espanha, da Universidade Estadual de Roraima e da Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES).

Segundo Moreira (2006, p. 19) é imprescindível, para haver aprendizagem, que esta aconteça de forma significativa, ou seja, que ao final, tenha sido gerado para o aluno, conhecimento que realmente possua algum significado. É o que buscamos com este produto educacional, isto é, um *texto de apoio* para o professor, que auxilie e propicie as condições necessárias para que seus alunos alcancem a aprendizagem significativa

A *Aprendizagem Significativa* é a que gera significado, com capacidade de explicar, de utilizar e aplicar o conhecimento adquirido para novas situações. Na *Aprendizagem Mecânica*, o sujeito simplesmente decora para passar de uma etapa, e não realmente aprender, tendo uma duração curta, e não considerando os conhecimentos prévios. A Aprendizagem Significativa leva em conta o conhecimento prévio, conceitos subsunçores, esquemas, modelos, tudo aquilo que existe na estrutura cognitiva do aluno, ou seja, que já existe em sua mente, conforme Moreira (2006, p. 15):

Pode-se, então, dizer que a Aprendizagem Significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva (Moreira, 2006, p. 15).

Um *subsunçor* é um conhecimento prévio, que tem a missão de servir como um ancoradouro capaz de acolher um novo conhecimento, em que na Aprendizagem Significativa, tanto o subsunçor como subsumido sofrem modificações em termos de significado. Conforme Moreira (2012, p. 2), O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, quando serve de ideia-âncora para um novo conhecimento ele próprio se modifica adquirindo novos significados, corroborando significados já existentes.

Os *organizadores prévios*, segundo Moreira (2012, p. 11), são materiais apresentado antes do que realmente deverá ser aprendido, no nosso caso, o principal organizador prévio é a Plataforma de Simulação PhET. Sua função é servir como uma ponte entre o que o aluno já sabe (conhecimento prévio) e o que vai aprender, a fim de que o novo conhecimento possa ser aprendido significativamente, pois muitas vezes o aprendiz, embora já possua o conhecimento prévio, não consegue relacioná-lo com o que lhe está sendo apresentado de novo.

No processo de aprendizagem, conforme Moreira (2012, p. 5-6) existe o que chamamos de *diferenciação progressiva*, que no âmbito do ensino, se constitui pela apresentação inicial das ideias, conceitos e proposições mais gerais e inclusivas referente ao conteúdo, sendo progressivamente, diferenciadas ao longo do processo, em termos de detalhes e especificidades. Por outro lado, a *reconciliação integrativa* é a recombinação de elementos previamente existentes, na estrutura cognitiva, visando adquirir novos significados, através da observação de diferenças e relações entre ideias.

Segundo Teixeira (2015), a aprendizagem significativa é elemento essencial ao processo de aquisição do conhecimento do aluno, fundamental para o novo papel do professor e a função social da escola.

E neste produto educacional que é um texto de apoio para uso do professor, sugerimos uma UEPS, fundamentada teoricamente na perspectiva ausubeliana de ensino.

4. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa abordando Circuitos Elétricos

Este trabalho teve como objetivo a proposta de um texto de apoio para o professor, a partir de um estudo sobre o uso da plataforma PhET para introduzir os conceitos de circuito em série e circuito em paralelo, buscando alcançar, conforme Teixeira (2015), uma aprendizagem significativa com base na teoria de David Ausubel, e sendo proposta uma UEPS, na perspectiva do Prof. Marco Antônio Moreira (s.d., 2020), na qual são propostos oito passos, desde a escolha do tema e situação-problema até a avaliação da própria UEPS, como pode ser verificado no Quadro 1.

O objetivo final é que os alunos conseguissem alcançar a aprendizagem significativa em relação aos conceitos relacionados a circuitos séries e paralelos, quanto à tensão, corrente e resistores, partindo de seus conhecimentos prévios (subsunçores) e com a ajuda dos organizadores prévios, segundo Moreira (2012, p. 11), em que neste caso, o principal foi a utilização da Plataforma PhET, para uso de simulações em bancadas virtuais.

Quadro 1 – Passos da UEPS proposta

PASSOS		DESCRIÇÃO
1º	Definição do tópico específico a ser abordado	Foi definido <i>a priori</i> , a partir do tema da pesquisa: circuito em série e circuito em paralelo.
2º	Criação de situações	Verbalmente, o professor pode iniciar a aula conversando com os estudantes sobre que tipo de circuitos elétricos eles já conhecem em sua casa. Dois tipos de circuitos que podem ser citados são os de lâmpadas de árvore de natal e as instalações residenciais.
3º	Proposta de situações-problema, em nível bem introdutório	Apresentar a simulação <i>kit para montar circuito DC</i> da plataforma PhET e propor que os estudantes construam na plataforma virtual algum tipo de circuito que estão habituados a

		<p>ver no seu dia a dia (da forma como acreditam que sejam esses circuitos), inclusive circuitos de lâmpadas de árvore de natal e de instalações residenciais, discutidos no passo anterior.</p> <p>Comentário: Cabe alertar aos alunos, neste momento, que devem ter cuidado ao ligarem as lâmpadas, pois diferente dos outros componentes, possuem um terminal na parte inferior e outro na parte da lateral. Neste momento é importante invocar os subsunçores trazidos pelos alunos.</p>
4º	Apresentação do conhecimento a ser ensinado, sempre levando em consideração a diferenciação progressiva	Apresentação formal e explicação geral sobre o conceito de circuito em série e de circuito em paralelo, bem como das características e propriedades desses dois tipos de circuito.
5º	Retomada dos aspectos mais gerais, estruturantes	Retomada das características e propriedades mais gerais do circuito em série e do circuito em paralelo, conferindo o que anteriormente foi abordado formalmente, agora na simulação <i>kit para montar circuito DC</i> da plataforma PhET, dialogando de forma mais intensa com os estudantes.
6º	Prosseguimento do processo de diferenciação progressiva, realizando, ao mesmo tempo, a reconciliação integrativa	<p>A reconciliação integrativa aqui vai acontecer por meio da retomada das situações-problema postas inicialmente (inclusive circuitos de lâmpadas de árvore de Natal e de instalações residenciais), mas agora reabordando-as a partir da teoria formal sobre circuito em série e circuito em paralelo.</p> <p>Comentário: É neste momento que cabe ao professor utilizar a contribuição e conhecimento construído pelos alunos, e relacionar aos conceitos técnicos.</p>
7º	Avaliação da aprendizagem	É importante que o professor faça um apanhado do que foi observado em todos os passos anteriores e realize uma avaliação individual, que poderá ser através de um questionário, onde será perguntado como se comporta a corrente nos circuitos série e paralelo; a tensão elétrica em relação aos resistores, quando da utilização de uma ou mais lâmpadas, como se comporta a luminosidade de cada lâmpada nos dois tipos de circuito, série e paralelo, e/ou algo mais que

		o professor considere como relevante para a avaliação.
8º	Avaliação da própria UEPS	Neste passo deverá ser realizada uma avaliação geral, através de questionário para os alunos e para o próprio professor, para que se possa analisar se houve uma aprendizagem significativa, e com isso, verificar se é necessário fazer algum ajuste para melhorar, ou no caso mais crítico, repensar esta UEPS.

Fonte: autoria própria.

Na Teoria da Aprendizagem Significativa, temos os *organizadores prévios*, que agem como uma conexão entre os conhecimentos prévios e novo conceito a ser aprendido. Assim sendo, para o uso deste texto de apoio é necessário que os alunos, além do tradicional caderno e caneta/lápis, e o professor o tradicional quadro verde/negro/branco e giz/caneta de quadro, tenham acesso a computadores e à internet, e como principal organizador prévio a simulação disponibilizada através da plataforma PhET chamada *Kit de montagem de circuitos DC*. Cabe aqui também comentar a importância de que o professor que aplicará a UEPS possua conhecimento sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa.

5. Plataforma de Simulação PhET e suas disponibilidades

Para melhor estudo referente a estes circuitos e suas características, assim como a relação entre as correntes e tensão, utilizaremos uma plataforma digital denominada PhET.

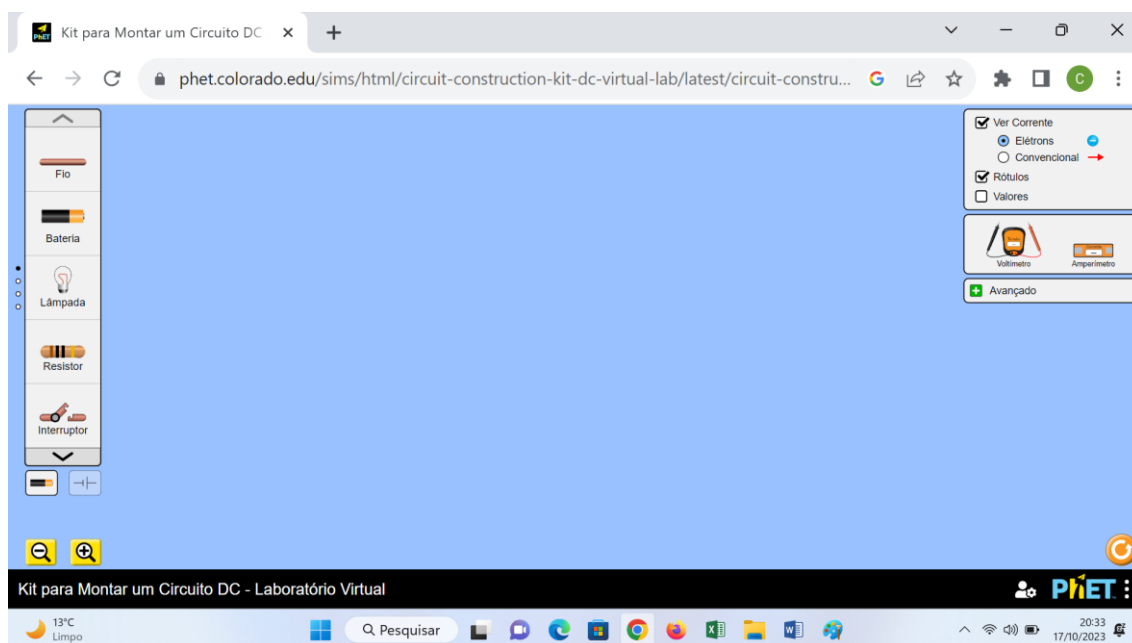
A plataforma PhET possui simulações para fins de ensino de Ciências e Matemática, podendo serem executadas de forma online ou, no caso de algumas simulações, baixadas. Por ser uma plataforma que possui vários patrocinadores, permite que seja disponibilizada sem custo algum para seus usuários, sendo acessada através do link:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=electricity-magnets-and-circuits&type=html,prototype

Ao abrir a tela inicial, o usuário deverá assinalar na barra do lado esquerdo do vídeo, o Item *Matéria; Física* e no conjunto de opções assinalar *Eletricidade, Ímãs & Circuitos*, e escolher as diversas opções de simuladores de circuitos.

Quando se escolher o tipo de circuito que o usuário deseja, o simulador possibilitará diversos componentes (cabos, resistências, chaves de abri e fechar, etc) para a elaboração do circuito desejado, assim como também, equipamentos de medições, como por exemplo, voltímetro e amperímetro. O usuário deverá escolher a simulação *Kit de montagem de circuitos DC*, cuja tela inicial é apresentada na Figura 4, a seguir.

Figura 4 – Tela inicial da Plataforma PhET – Kit montagem circuito DC



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

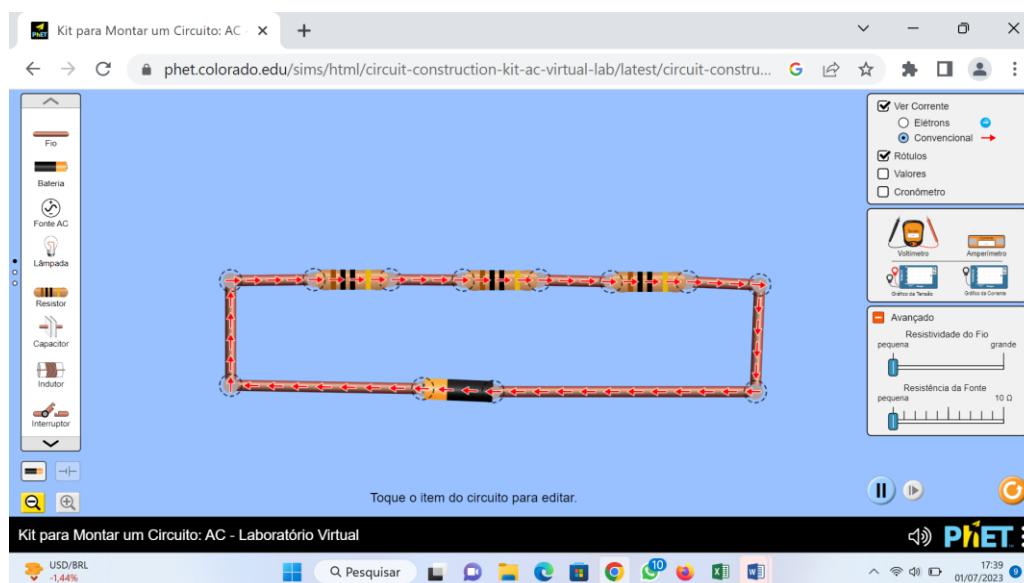
5.1 Representação das Simulações dos Circuitos Elétricos Série e Paralelo no PhET

A seguir apresentaremos dois circuitos montados através da plataforma PhET, tendo como base os esquemas apresentados no item 2.

5.2 Circuito Elétrico Série

Circuito composto de três resistores ligados em série e alimentados por uma fonte de energia contínua.

Figura 5 – Plataforma PhET – Kit montagem DC – Montagem Circuito Série

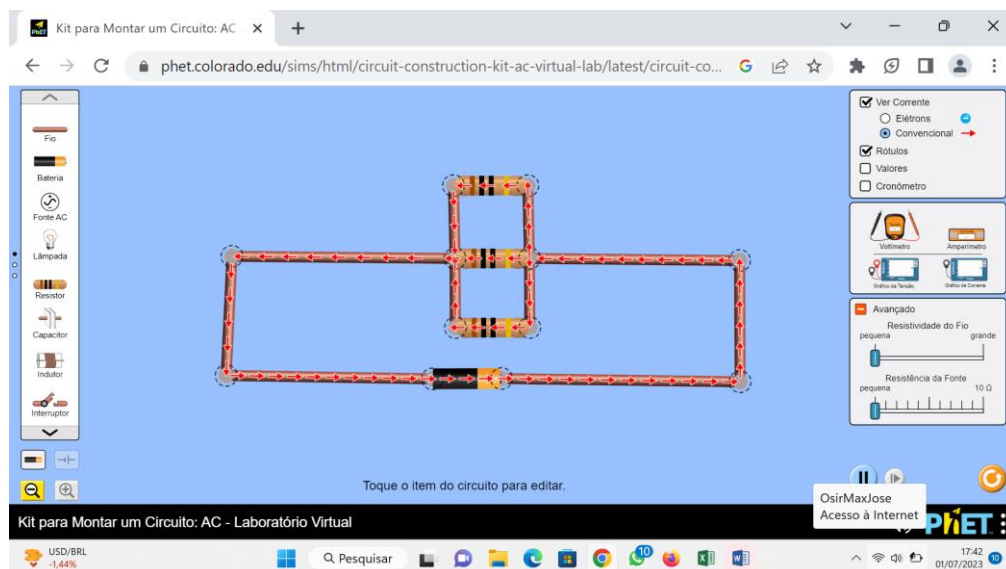


Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

5.3 Circuito Elétrico Paralelo

Circuito composto de três resistores em paralelo e alimentados por uma fonte de energia contínua.

Figura 6 – Plataforma PhET – Kit montagem DC – Montagem Circuito Paralelo

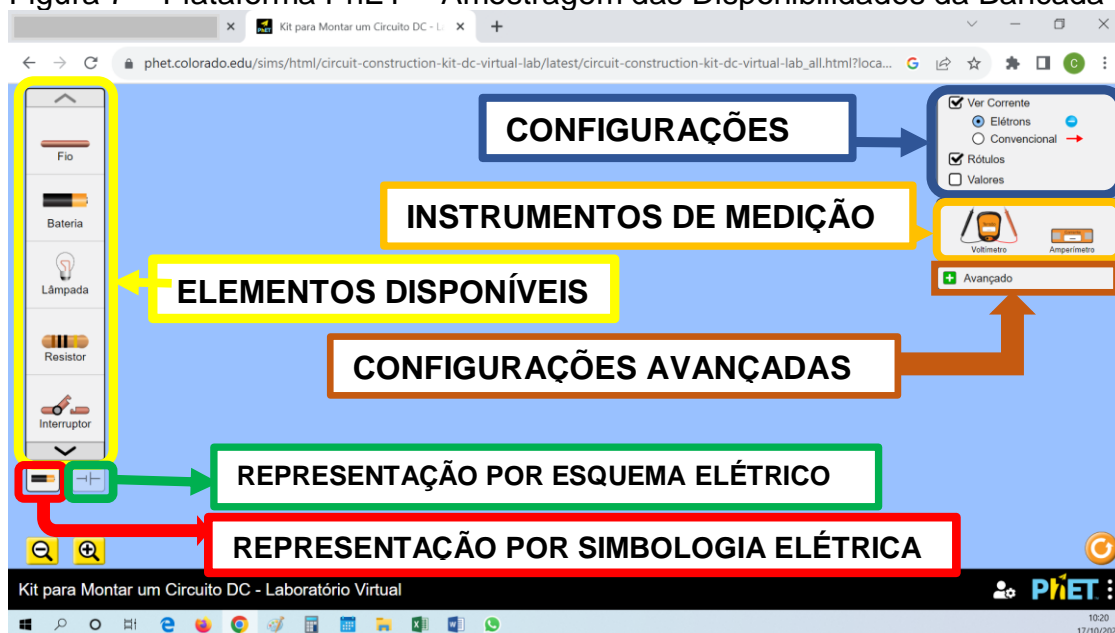


Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

5.4 Disponibilidades da Bancada Digital

A bancada disponibiliza áreas de possibilidades de uso e configurações, como podemos ver na figura abaixo

Figura 7 – Plataforma PhET – Amostragem das Disponibilidades da Bancada



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

5.5 ELEMENTOS DISPONÍVEIS

Estes elementos podem ser obtidos e escolhidos, considerando em primeiro plano o tipo de representação desejada, ou seja, através de representação por simbologias elétricas (figuras de resistores, lâmpadas e outros) ou através de representação por esquema elétrico (figuras gráficas que representam elementos elétricos), sendo que esta escolha se dá através da opção de acionamento nos dois quadrados da figura acima, onde o quadrado vermelho disponibiliza os elementos através de símbolos e o verde disponibiliza os elementos através de esquemas elétricos

5.5.1 ELEMENTOS REPRESENTADOS ATRAVÉS DE SÍMBOLOS ELÉTRICOS

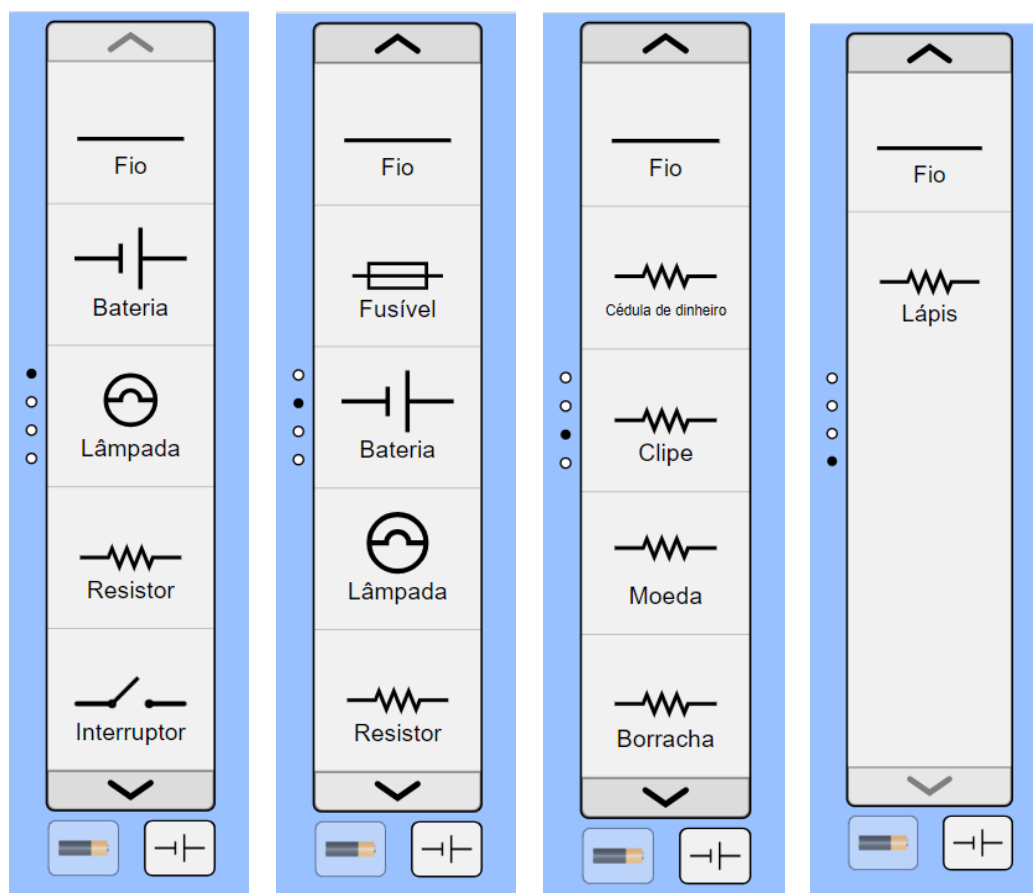
Figura 8 – Plataforma PhET – Componentes ofertados – Símbolos Elétricos



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

5.5.2 ELEMENTOS REPRESENTADOS ATRAVÉS DE ESQUEMAS ELÉTRICOS

Figura 9 – Plataforma PhET – Componentes ofertados – Esquema Elétrico

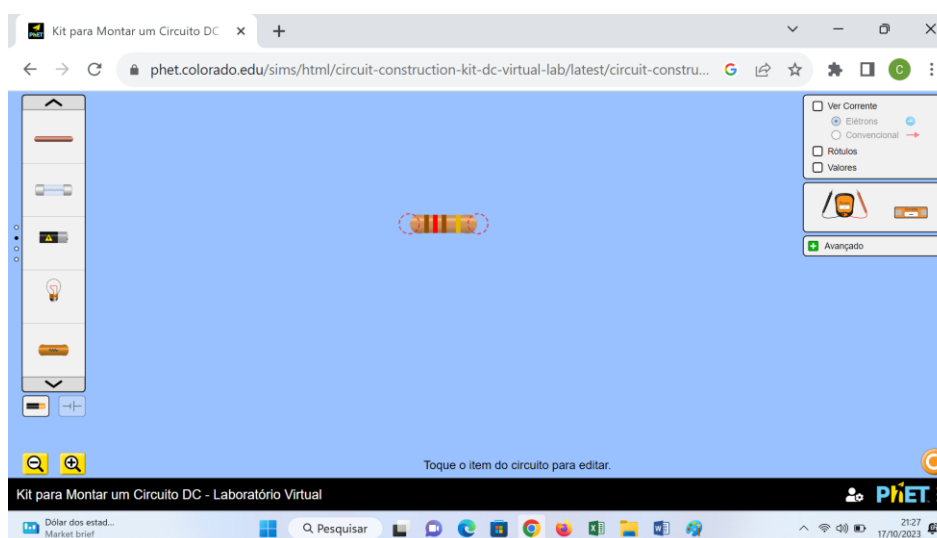


Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

5.6 ALTERAÇÃO DE VALORES DOS ELEMENTOS

Ao clicar em cima de um elemento e arrastar este até a bancada, ele passa a estar disponível para o uso da montagem do circuito elétrico.

Figura 10 – Plataforma PhET – Uso da montagem



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

Ao clicar em cima do elemento (resistores e lâmpadas) escolhido e arrastado para a bancada propriamente dita, e clicando em cima deste elemento, aparecerá um retângulo amarelo em torno do mesmo, e no momento em que isto acontecer, abrirá ao pé da bancada um cursor que permitira inserir um valor entre 0 e 100 ohms, do elemento.

Figura 11 – Plataforma PhET – Alterando o valor do componente



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

5.7 NO ESPAÇO CONFIGURAÇÕES

Entre as configurações disponibilizadas encontram-se as possibilidades que mostraremos nas figuras a seguir.

A primeira possibilidade é escolher se no circuito a ser montado, é desejável que a representação do circuito mostre a corrente ou não, sendo que para que seja mostrado, basta assinalar com um clic em “Ver Corrente”, além disso, permitirá também, que a visualização da corrente elétrica seja mostrada pelo sentido “eletrônico” ou “convencional”, e para isso, deve-se assinalar “Elétrons” ou “Convencional”.

Figura 12 – Plataforma PhET – Escolha do sentido da Corrente Elétrica



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

Outra configuração que a simulação permite é que se opte por aparecer ou não o valor do elemento. Para isso, basta assinalar também com um clic a opção valores, e caso o usuário não deseje, ele deve deixar em branco, como mostra as duas figuras seguintes.

Figura 13 – Plataforma PhET – Representação componente sem valor



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

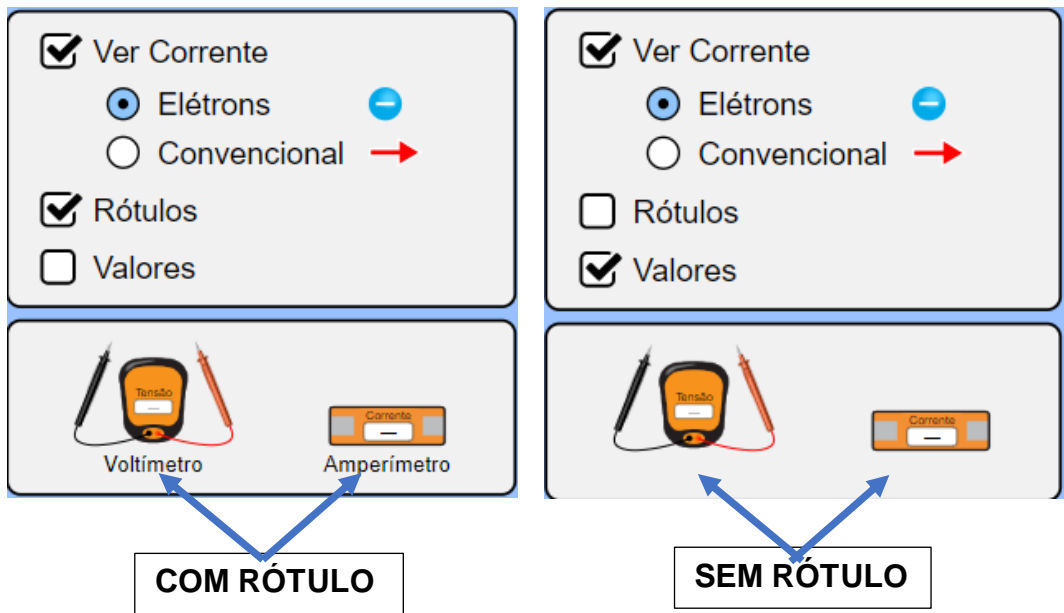
Figura 14 – Plataforma PhET – Representação componente com valor



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

O usuário pode escolher se os instrumentos serão discriminados por seus nomes, e caso sim, basta assinalar a caixa “rótulo” através de um clic.

Figura 15 – Plataforma PhET – Representação Equipamentos Medição

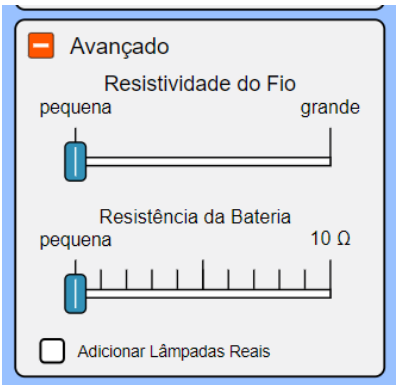


Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

5.8 NO ESPAÇO CONFIGURAÇÕES AVANÇADAS

Neste espaço, podemos fazer com que sejam alterados os valores de resistividade dos condutores (fios) utilizados para a confecção do circuito elétrico, assim como a resistência da fonte (bateria) em ambos os casos, através de cursores variáveis.

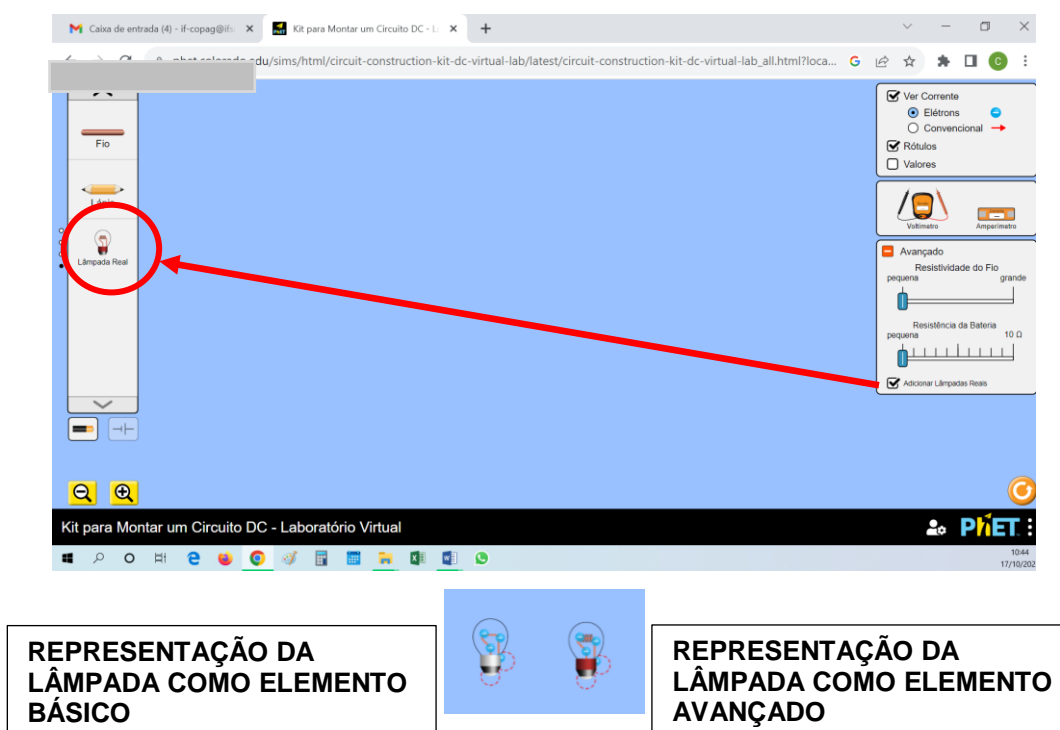
Figura 16 – Plataforma PhET – Configurações Avançadas



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

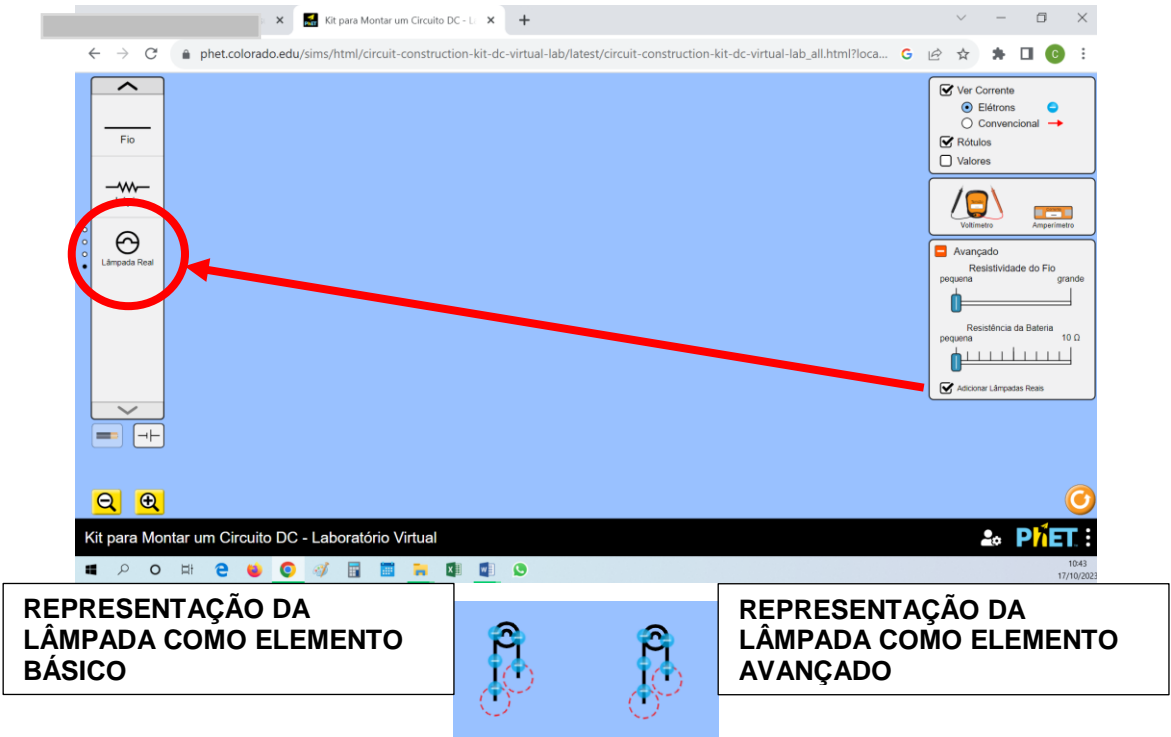
Este espaço também possibilita que seja aberta no campo dos elementos disponíveis, uma outra forma de representação para a lâmpada, bastando neste caso clicar no campo “Adicionar Lâmpadas Reais”, como mostrado nas duas figuras a seguir.

Figura 17 – Plataforma PhET – Diferença Representação Básico/Avançado – Simbologia Elétrica



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

Figura 18 – Plataforma PhET – Diferença Representação Básico/Avançado – Esquema Elétrico



Fonte: Universidade do Colorado (2024b).

6. Proposta de Questionário para uso do professor para avaliação dos Alunos

Aqui, por se tratar de um texto de apoio, apenas sugerimos uma proposta de avaliação, podendo esta, ser alterada ou refeita conforme o desejo e necessidade do professor que está utilizando este produto educacional, com a finalidade de junto aos seus alunos, avaliar seu conhecimento sobre circuitos elétricos.

QUESTIONÁRIO

Cabeçalho da Avaliação:

Nome do Aluno: _____

Turma: _____ Data ____/____/____

Questão 1:

Qual exemplo foi considerado para efeito de Circuito Série e Circuito Paralelo?

Circuito Série - _____

Circuito Paralelo - _____

Questão 2:

No circuito série quais foram os elementos utilizados para a elaboração do circuito na plataforma PhET?

Questão 3:

No circuito paralelo, quais foram os elementos utilizados para a elaboração do circuito na plataforma PhET?

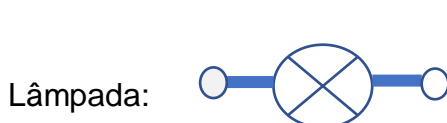
Questão 4:

Considerando a resposta das questões 2 e 3, quanto à construção dos circuitos, o que diferencia o circuito série do circuito paralelo?

Questão 5:

Faça a representação gráfica de como você entende que é o circuito elétrico série, utilizando 3 lâmpadas, uma chave liga/desliga e uma pilha como fonte. Na representação a chave deverá estar conectada entre a fonte e a primeira lâmpada, e deverá ser representada de forma clara, considerando uma visão perfeita do circuito.

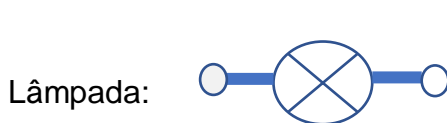
Deverá utilizar as seguintes representações para os elementos utilizados no circuito:



Questão 6:

Faça a representação gráfica de como você entende que é o circuito elétrico paralelo, utilizando 3 lâmpadas, uma chave liga/desliga e uma pilha como fonte. Na representação, a chave deverá estar conectada entre a fonte e a associação em paralelo.

Deverá utilizar as seguintes representações para os elementos utilizados no circuito:



Questão 7:

Quanto à Tensão Elétrica, como a mesma se comporta no circuito série e no paralelo? Qual a diferença?

Questão 8:

Quanto à Corrente Elétrica, como a mesma se comporta no circuito série e no paralelo? Qual a diferença?

Questão 9:

Quanto às lâmpadas, o que acontece no circuito série e no circuito paralelo, quando uma delas queima?

Questão 10:

Quanto à aprendizagem realizada, descreva o que achou da atividade:

7 Referências

CANDIA, D. G. M.; PAGEL, C. H.; BECK, V. C. Invariantes operatórios mobilizados por estudantes do Ensino Médio sobre circuitos em série através do laboratório virtual PhET. **Ensino e Tecnologia em Revista**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 52-66, 2024.

DELL'ARCIPRETE, N.; GRANADO, N. V. **Física 3, 2º Grau, Eletricidade / Magnetismo / Óptica**. São Paulo - SP: Editora Ática, 1978.

DORNELES, P.F.T. **Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional modellus**. 2005. Dissertação (Mestrado em Física), Programa de Pós-graduação em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 141 p.

MOREIRA. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**, Brasília – DF, Editora da Universidade Federal de Brasília - UNB, 2006.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**, Instituto de Física – UFRGS. s.d. Disponível em : <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>. Acesso em: 08 set. 2024.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? In: **AULA INAUGURAL DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS**, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Currículum, La Laguna, Espanha, 2012, Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em 03 nov. 2023.

SANTOS, K. V. **Fundamentos de Eletricidade** – Centro de educação Tecnológica do Amazonas – CETAM, Manaus – AM, 2011. Disponível em: <https://www.infolivros.org/livros-pdf-gratis/fisica/eletricidade/> . Acesso em 25 mai 2024.

SEDREZ, J. R. F. **Um estudo sobre o uso da plataforma PhET para introduzir os conceitos de circuito em série e circuito em paralelo**. 2025. Dissertação (mestrado em educação) - Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED), Câmpus Pelotas - Visconde da Graça (CaVG), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul) – Pelotas – RS, 2025.

TEIXEIRA H. Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. **Hélio Teixeira**. 18 nov. 2015. Disponível em: <http://www.helioteixeira.org/ciencias-da-aprendizagem/teoria-da-aprendizagem-significativa-de-david-ausubel/>. Acesso em: 16 nov. 2023.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **PhET**. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 08 set. 2024a.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **Kit para montar circuito DC**. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc. Acesso em: 08 set. 2024b.

Apêndice 3 – Dados Brutos

DADOS BRUTOS

Apresentamos, a seguir, as anotações do diário de campo referentes aos quatro dias de implementação da proposta didática (10/10/2024, 17/10/2024, 24/10/2024 e 26/11/2024), bem como as fotos capturadas com aparelhos celulares pelo mestrando e pelo orientador deste trabalho.

Quadro 1 – Levantamento referente primeiro dia de aplicação da UEPS

Anotações do dia 10/10/2024

No primeiro dia de aula do semestre, o professor se apresentou aos alunos, e houve uma conversa inicial, onde já de saída foi comentado sobre uma atividade que seria iniciada nesta data com um bate papo e que no próximo dia, seria dado andamento com uma experiência de prática simulada através de um aplicativo disponibilizado na internet, para uso de diversas disciplinas, entre elas a Física, no conteúdo de eletricidade e neste caso, para aprendizagem de circuitos elétricos, com alimentação de corrente contínua. Por ser o primeiro contato no semestre e com a disciplina, pois são alunos novos, houve uma certa retração inicial de diálogo em grupo.

Como primeiro tema problema, e considerando o que foi comentado ao final do parágrafo anterior, os alunos foram estimulados pelo professor a comentarem o que imaginavam ser um circuito elétrico, e o que vinha em suas mentes como exemplo, e que possa existir em suas casas, principalmente utilizado neste período de festas de final de ano.

Dando continuidade no primeiro tema problema, os alunos comentaram que o que lembravam eles eram as decorações de natal, e principalmente as luzes das árvores de Natal (o que era desejado que falassem, pois as luzes são conectadas em sequência). Ao comentarem isso, o professor criou mais uma situação problema para verificar o que eles diriam, que foi a seguinte pergunta: E o que acontece quando uma lâmpada do conjunto de Natal acaba queimando? E, neste momento alguns alunos ficaram em dúvida e não responderam, sendo que a maioria respondeu que o conjunto de lâmpadas se apagaria por completo.

Como segundo tema problema, agora, os alunos já mais abertos para o diálogo, foram estimulados pelo professor a comentarem, algum outro tipo de circuito que vinham em suas mentes, e que teriam em suas casas, e nesse momento veio as lâmpadas de teto. E mais uma vez, o professor entrevistou dando uma alavancada para continuidade do assunto, e perguntou, em relação ao que já havia sido comentado sobre as luzes da árvore de natal, o que eles conseguiam diferenciar entre o primeiro exemplo e o segundo, e veio a informação que quando uma lâmpada de teto queima, as demais continuam funcionando.

Considerações apuradas com os alunos sobre a relação entre circuitos série e paralelo: neste momento os alunos realizaram comparação entre os dois circuitos de lâmpadas: do conjunto para a árvore de natal e as lâmpadas da própria residência, onde concluíram que no primeiro caso, se uma queimar, todas as outras apagam, pois estão em continuidade (termo utilizado por um e seguido pelos demais), e no segundo caso quando uma lâmpada queima, as demais continuam funcionando, onde concluíram que elas trabalham independentes (também termo utilizado por diversos alunos), todas as outras continuam funcionando, ou seja, embora não tenham ainda um conceito de série e paralelo, já construíram um conhecimento lógico sobre os dois circuitos estudados. Já que no circuito em série os elementos ligados em conjunto dependem uns dos outros, e no caso do circuito paralelo, eles agem independentemente, sem um causar prejuízo para os demais elementos.

Fonte: autoria própria

Quadro 2 – Levantamento referente segundo dia de aplicação da UEPS

Anotações do dia 17/10/2024

Segundo dia de aula, e encontro realizado no laboratório de Instalação de Redes: Neste dia, os alunos tiveram aula no laboratório de Instalação de Redes, pois o mesmo é composto de quadro branco e monitor (fig. 1) para o professor ligar seu notebook, e a disponibilidade de 13 computadores (fig. 3), para uso dos alunos, estando todos com acesso a rede de internet da instituição de ensino, e com isso, a possibilidade do uso da plataforma PhET. Neste momento o professor deu uma demonstração da Plataforma PhET utilizando a simulação “Kit para Montar Circuito DC”, mostrando o que a plataforma disponibiliza de elementos elétricos para montar os circuitos, como arrastar os mesmos para a bancada virtual, e comentou sobre os tipos de sentidos da corrente que pode ser utilizada, sentido eletrônico ou convencional, coisas que para estes alunos é algo novo, pois estão iniciando o curso. Logo após o professor, deu um exemplo de simulação de um circuito simples (fig. 2), realizado com uma lâmpada e uma fonte (bateria) de Corrente Contínua – CC, o que foi seguido por um aluno que montou ao mesmo tempo o circuito simples, neste caso colocando uma chave liga/desliga (fig. 4). O professor, aproveitou para ilustrar a explicação, mostrando a possibilidade de uso de equipamentos de medição disponíveis na plataforma, mostrando de onde poderiam buscar os mesmos, e logo após, pediu que os alunos tentassem montar um circuito, da maneira que eles imaginariam que fosse, um circuito série composto por uma fonte (pilha/bateria), duas lâmpadas e uma chave liga/desliga.

Segundo dia (primeiro momento): ao tentarem montar o circuito série a grande maioria conseguiu o feito de primeira, porém, houve um caso, onde uma das duplas, ao montar, não se deu conta que as lâmpadas possuíam dois terminais independentes de ligação, e ao montarem o circuito gerou um curto circuito (fig. 5), logo depois, ao constatarem que a lâmpada possuía dois terminais independentes, corrigiram e acabaram fazendo de forma acertada (fig. 6)

Segundo dia (segundo momento): após o primeiro momento, foi proposto que os alunos tentassem montar com os mesmos componentes elétricos mas, agora um circuito paralelo, sendo que todos os alunos conseguiram obter sucesso, exceto a mesma dupla que já havia gerado o curto circuito, neste caso, em uma das lâmpadas (fig. 7) seus dois terminais foram ligados no mesmo ponto (nó), e com isso, não gerando uma diferença de potencial em relação a esta. Depois do professor explicar rapidamente de forma simples o que era um nó, os mesmos, alteraram a ligação de um dos terminais da lâmpada (fig. 8) e acabaram corrigindo a ligação e efetivando a ligação em paralelo.

Considerações apuradas com os alunos sobre a relação entre circuitos série e paralelo: neste momento os alunos realizaram considerações em relação ao que puderam verificar comparando as duas simulações que encontravam-se lado a lado, ou seja que a corrente que passa em uma lâmpada e na outra no circuito série é a mesma, e que a corrente que circula nas lâmpadas em paralelo são resultante da divisão da corrente total do circuito, ou seja, a corrente total vem única, porém, no nó que antecede as lâmpadas a mesma se divide em dois caminhos diferentes, e após passar pelas lâmpadas, no nó seguinte encontram-se novamente, voltando a ser uma única corrente total. O professor chamou atenção dos alunos, que em um circuito, cada lâmpada funciona como um resistor, e que os valores que podem ser alterados são os da tensão fornecida pela fonte e a resistência dos resistores, neste caso as lâmpadas, e que a corrente elétrica é uma consequência dos valores resultantes da relação entre tensão e resistências utilizadas, e complementou que a tensão aplicada nas lâmpadas no circuito paralelo é a mesma fornecida pela fonte, enquanto que no circuito em série a tensão se divide proporcionalmente em relação aos valores das resistências das lâmpadas.

Observação levantada: uma coisa que foi chamada atenção pelo professor, é que os alunos ao representarem os circuitos, seja na plataforma PhET ou através de registros gráficos, devem sempre procurar fazer da forma mais limpa possível, visando que, quem visualize tenha uma clareza em relação ao que está vendo, ou seja, que seja o menos poluído possível, facilitando uma execução futura de algum projeto.

Fonte: autoria própria

Quadro 3 – Levantamento referente terceiro dia de aplicação da UEPS

Anotações do dia 24/10/2024

Terceiro dia de aula - Avaliação realizada em relação aos alunos e a própria UEPS: Em vez da aplicação de um questionário, o professor achou por bem fazer uma avaliação de forma informal, através de uma conversa entre ele e o grupo de alunos, onde foi verificado que para os alunos que já tinham um certo conhecimento sobre eletricidade, neste caso a aprendizagem foi bem mais significativa, pois conseguiram responder com maior clareza o que acontece com a corrente no circuito em série e no circuito paralelo, sendo a mesma em todo circuito no série e dividindo-se no paralelo, e ao contrário, ocorrendo com a tensão nos dois tipos de circuitos.

Fonte: autoria própria

Quadro 4 – Transcrição da Entrevista com o Professor que aplicou a UEPS

Transcrição de entrevista com o Professor no dia 14/11/2024

Orientador: Professor, no geral, o que tu achou do Produto, do texto de apoio, sendo bem sincero e honesto, e da atividade em si com o PhET?

Professor: Então, naquele dia com vocês, a atividade é bem produtiva para o aluno, o aluno que está iniciando, que está em primeiro contato, tu tens que dar uma noção básica de circuito série paralelo, porque senão ele começa a montar, mas, ele não sabe o que ele está fazendo. Ele só está fazendo coisa da cabeça dele, então, inicialmente aquela primeira turma que a gente fez, eu tive que explicar o série, o paralelo, eu fiz o exercício e depois eu expliquei, para ele ter a noção do que ele estava montando, se não ele monta uma coisa sem saber a que está se referindo. E no outro momento que a gente fez o experimento com uma turma que já teve aula de eletricidade, ele já sabe diferenciar o que é série e paralelo, e com isso, ele consegue ter um aproveitamento mais rápido. Eu não sei se consegui explicar para vocês. Mas, eu percebo que o aluno que já conhece, já sabe ligar duas lâmpadas em série, já medir voltímetro, amperímetro, e as correntes. Então, o aluno que tem o conhecimento, eu acho que ele aproveita mais rápido, o raciocínio do que ele sabe com o produto.

O Aluno que não conhece, sai fazendo coisas aleatórias, mas, sem saber muito o que ele está fazendo, ajuda para ele pela curiosidade, mas, muito sem entender o que ele está medindo, o que ele está fazendo daquilo ali. Mas, em ambos os casos ele é produtivo. Só que para uns ele tem um rendimento melhor ou mais rápido do que para o outro. Né, não é que não sirva, mas, acho que tem uma eficiência, um rendimento, melhor para aquele que já conhece. O que não conhece ele monta, mas, ele não sabe o que ele está montando, entenderam? Porque ele não sabe o que é série e paralelo, né, não que seja ruim, apenas enxergando, o que aconteceu com uma turma e o que aconteceu com a outra.

Mestrando: Até o que conhece já tem uma noção maior para distribuir os componentes

Professor: Componentes, fazer a ligação, ele enxerga o circuito, faz algo retinho para visualizar, e claro que a turma que iniciou, alguns já conhecem a eletricidade, então, alguns já faziam e já sabiam o que estavam fazendo de série e paralelo, outros desta mesma turma, que não conheciam nada, ele nem conseguia muito pensar no que ele tinha que fazer, nem estava entendendo que a lâmpada tem dois terminais, que a chave de liga/desliga tinha dois terminais, por quê? Porque ele não conhece muito eletricidade. É mais uma curiosidade e o experimento, vou fazer isso e ver o que acontece, né, mas eu acho que é válido, porque o aluno monta, faz o experimento, e não tem problema de dar um curto circuito na prática, ali ele vê se funciona ou não funciona, bem melhor, mais seguro do que na prática, tanto pelo risco de acidente, como por dar um curto circuito

Mestrando: Tanto que, em uma turma como na outra teve curto.

Professor: Exatamente, é tanto numa como na outra teve curto, é claro que na prática se pode trabalhar com uma tensão menor, para não fugir do risco de um curto circuito, mas, do modo geral, na prática tu não corre o risco de dar um curto e danificar alguma coisa. Ali na prática tu pode, sem querer, danificar algum equipamento, pegar um amperímetro que é para

ligar em série e ligar em paralelo, né, então eu acho que isso aí, no start inicial é válido em qualquer momento do aprendizado. Tanto para quem está iniciando, como para quem está em estágio avançado, né, eu acho que conhece mais, aproveita mais ainda, quem conhece eletricidade tem um proveito melhor do produto. Quem não conhece, não consegue aproveitar tanto, o aproveitamento e o rendimento é menor.

Orientador: E a plataforma em si, o que tu achou? Para uso.

Professor: Tu diz a apresentação para trabalhar? De achar os componentes?

Orientador: Isso, isso.

Professor: Achei bem tranquilo

Orientador: Por que tu não conhecia antes, certo? Dá para usar em aula.

Professor: Não eu não conhecia. Sim.

Orientador: O que tu achas de bom e de ruim?

Professor: De bom, ele é muito simples, é muito automático, intuitivo, mas, eu só não entendi, pois toda vez que eu ia iniciar, eu tinha que colocar Internet e depois eu tinha que clicar numa janelinha de player, para o programa abrir, eu não sei se fiz certo isso. E eu não sei se isso, é a rotina correta. Né, não sei se é assim mesmo, ou não? Eu achei que poderia ter uma rotina que só digita e já abre a tela, né, só para ir mais rápido para a pessoa entender que clica e já abriu o programa, mas depois que tu abre ele, eu achei fácil e intuitivo.

Puxa o fiozinho, puxa o voltímetro, isso é muito mais fácil. Só para entrar nele, que eu achei aquele passo a passo, não é difícil, mas a primeira vez tu tens que abrir o PHT, PHPHET, não é? PhET

Orientador: PhET

Professor: Depois abre uma janela, que tem um símbolo do player, tu clica ali, para depois, entrar no programa, e não sei se aquilo ali, todo mundo vai se dar conta quando usar, de fazer todo esse processo, só para entrar que eu achei, poderia ser algo mais rápido, talvez um linkzinho, que clicasse e já abrisse a janela

Mestrando: Mais direto

Professor: É, por que daqui a pouco a pessoa não se dá por conta, que tem que fazer aquele passo a passo ali, e vai fazer mais por curiosidade, clico aqui, clico ali, oh, abriu o programa, mas, o programa em si aberto ali, a proposta daquele aplicativo ali, eu achei muito fácil de utilizar, né, e claro, que quem já conhece, acha mais fácil de utilizar, pois carrega o voltímetro, carrega o amperímetro, carrega a lâmpada, pega a chave, e quem não conhece, vai puxar e vai ver o que acontece, vai puxar a lâmpada e ver o que acontece, vai mais de curiosidade, mas eu achei tranquilo, de modo geral, de ruim eu não vejo nada, de negativo, eu não vi nada, né.

Orientador: Quanto a sequência de passos, pois o Mestrando te entregou uma sequência de passos, que a gente chama de Unidade de ensino Potencialmente Significativa, aquela sequência de passos o que tu, se fosse dar uma sugestão para melhorar, o que tu melhoraria?

Professor: Vou te ser bem honesto não me recordo muito, eram seis passos que tinham ali, não eram?

Mestrando: Seis e depois mais dois que seriam a avaliação

Professor: Exatamente, eu não me recordo exatamente. Eu sei que um dia desses essa folha estava comigo, e eu pensei, será que o Mestrando esqueceu, (risos) e eu peguei e acho que descartei ela. Mas, eu não me recordo para te dar uma resposta agora, mas vou ver se ela não está aqui comigo. Eu não me recordo realmente dela, é eu descartei ela, ela estava aqui,

Orientador: Mas, tu achou ela muito genérica, ou se ela ti foi bem direcionada, assim?

Professor: Pelo que eu me recordo era como um roteirinho, não foi? Eu acho que ali estava bem tranquilo, e objetivo, o passo a passo era bem objetivo, tranquilo de fazer, eu sei que eram seis passos, e a gente seguiu um por um, eu estava fazendo o terceiro e o quarto em diante, pois o primeiro e o segundo já havíamos feito, aí o Mestrando explicou, esses aqui a gente já fez, e a partir daqui é que a gente tem que trabalhar (referente ao segundo dia de aplicação). Mostrar o produto, mostrar para os alunos, mas, tranquilo, não sei se aquele produto, trabalhava com indutor, capacitor, não cheguei a mexer.

Mestrando: Não, seria só resistores, seria o básico

Professor: Entendi! Não, cara, aquilo ali, para eletricidade inicial, é muito bom, a gente está com semestre curto, mas, eu tenho uma outra turma do primeiro ano, que nem a outra que testou da outra vez de dia, e eu vou ver se consigo usar com os alunos agora, um pouquinho mais perto do Natal, que sobra um tempinho, para ver se esta gurizada em vez de levar lá para a bancada, tentar mostra no computador, é uma turma que está arressem iniciando

também, do Integrado, do diurno do turno da tarde, e eu quero ver se consigo usar com eles, justamente o programa, para eles terem noção do que é corrente, tensão e resistência.

Eu praticamente vou utilizar mais adiante, com as outras turmas iniciais, para explicar o que são estas grandezas. Eu achei muito bom.

O Produto já existia? Aquele ali? O aplicativo?

Orientador: Na realidade o produto é a unidade do passo a passo, o aplicativo ele já existe, e é da Universidade do Colorado que desenvolve,

Professor: Entendi, entendi, entendi.

Mas, ele é muito bom, e eu achei bem fácil de usar, é tranquilo.

Orientador: Mestrando, tu tens perguntas, seria mais sobre a plataforma e a UEPS?

Mestrando: Eu acho que está tudo praticamente respondido, do que a gente queria, já havia dito para o Professor que seria meio vapt-vupt,

Professor: Eu não sei se a ideia do programa, era realmente fazer isso mesmo, com alunos que não conheciam, ou com alunos que já conheciam um pouco de eletricidade?

Mestrando: Não, a ideia eram com turmas iniciais.

Orientador: Introduzir conceitos.

Professor: Eu acho sempre, talvez, que uma forma de eu avaliar com a turma, realmente só entregar e ver o que vai sair da cabeça deles, e em outro momento, eu dar o conceito de série e paralelo, e aí novamente usar, até eles se darem por conta, olha o que eu fiz, tem a ver, não tem nada a ver com o que eu fiz, e com o que eu usei. Agora que eu sei o que é série e paralelo, eu sei utilizar melhor ele, isso é uma avaliação que daria para eu fazer com os alunos.

Mestrando: E eles conseguem visualizar que a corrente se divide, aqui a corrente é a mesma, ou seja, passa por tudo igual,

Professor: Então, é uma forma de avaliação, interessante, deixar ali, de modo aleatório, ver o que sai, e depois que explicar o assunto, uma ou duas semanas para frente, volta de novo, e vê o que eles conseguem enxergar de diferença, que antes montaram, ou nada a ver, ou nem conseguiram montar, mas, depois de um conhecimento de uma breve explicação eles já conseguem utilizar bem melhor o aplicativo.

Um pouco parte também do aluno, quem tem mais curiosidade, vai se dando por conta que tu corta um fiozinho e a corrente para, né, que tu emenda o fiozinho e ela volta a funcionar, e tem pessoas que não tem este filem, assim, de enxergar, e que tu pode até explicar e ela continuar patinando. Eu acho que de modo geral, tudo depende da pessoa, do interesse, acho que parte um pouco daí.

Mestrando: Já que tu comentou que pretende utilizar para outras turmas, tu pretendes utilizar só para sala de aula, ou como trabalho para casa também? Porque hoje em dia a maioria tem computador em casa.

Professor: Sim, sim. Eu prefiro usar na sala de aula, mais para ver se eles estão usando, as vezes tu coloca uma atividade para casa, e vai fazer quem tem curiosidade, outros podem dizer, ah, eu não vou ligar meu tablete, meu celular, é impressionante. Eu acho que tem que ser algo mais como uma atividade de aula, que tu está ali, em cima, para forçar que o aluno vai usar, ou a não ser, que eu não sei se o programa permite, algo que tu manda como uma atividade, ele tenha que imprimir e te entregar. Não sei se o programa permite isso. Mas, daqui a pouco, tu diz, me monta estas atividades, como é que tu vais saber que ele fez? Uma tentativa de tentar controlar, é ele ter que ti imprimir, entendeu, mas, se não, como a gente vai saber se ele fez em casa mesmo, a não ser que tu coloque, tensão de tanto e resistência de tanto, preenche aqui qual a corrente que deu lá no aparelho, aí tu teria que fazer uma prévia antes,

Mestrando: É nesse caso ele poderia fazer um print da tela

Professor: Um print da tela, é dá um print da tela e cola. Seria uma forma. O aplicativo, o programa não tem, né? Mas, claro, é uma forma de fazer isso, era ele printar realmente e jogar ali e colar no paint, e ter alguma coisa para comprovar e entregar, daria. Mas, olha só, mandar fazer, sem retorno, sem controlar retorno, ..., uns vão fazer outros não, mas como controlar o retorno, entregar impresso, acho que aí seria bem válido também. Uma atividade proposta, do tipo, monta aí 4 circuitos assim, assim, assim, e me entrega ele, monta, printa e cola aí.

Às vezes, hoje a grande maioria tem computador, mas, vá que um ou outro, a gente não pode contar com tudo isso, até porque é uma Instituição Pública e Gratuita, ou que não tem acesso, eu as vezes, ah, eu nem tenho computador em casa, que eu possa usar, claro que a instituição te fornece, pois quando a gente tem boa vontade a gente corre atrás e dá um jeito, né, mas, eu acho mais fácil da gente cobrar da sala de aula, para garantir que saia a atividade, do que deixar como tarefa.

Mestrando: E igualar

Professor: Exato, igualar, e nivelar todos ali.

Orientador: Eu queria fazer uma última pergunta, caso assim, a gente chegou comentar com eles lá no início, sobre circuitos que eles poderiam conhecer, um conhecimento prévio deles, em relação a casa, como por exemplo as luzes da árvore de Natal, tu acha que isso é viável? Com a simulação? Sem explicar o Série e o Paralelo? Ou tu achas que é importante entrar primeiro no conceito?

Professor: Não, eu acho que dando o exemplo, eles podem tentar fazer por tentativa e erro, dando o exemplo de uma lâmpada de natal, e dizer, olha tem que montar uma árvore de Natal, eles vão tentar montar a lâmpada, do jeito que eles vão montar, pode acontecer deles fazerem a série mesmo, e se darem conta que se tirar uma param todas, ou pode acontecer de colocarem tudo em paralelo, e dizerem, olha, minha luz de Natal está acendendo. É que eu acho, que como eles não conhecem, eles não se dão por conta, tipo, eles não sabem, que tu tira uma lâmpada, e todas param, talvez eles saibam, porque o cara da loja, vá falar, entendeu, mas, não que saibam que tira uma lâmpada, e o jogo todo vai parar,

Mestrando: Só quando queima em casa é que vão.

Professor: Exato, quando queima em casa, mas, porque o cara da loja vai dizer, se parar, leva esta lâmpada reserva e troca uma por uma, aí ele vai entender que uma depende das outras, mas, eu acho que é um conceito que tu tem que dizer alguma coisa para eles. Não precisa nem dizer a palavra Série ou Paralelo, mas, que nem o cara da loja, olha aqui funciona o seguinte uma lâmpada depende da outra, quando parar, tenta uma por uma, para ver qual delas.

Orientador: Tem que ter esta noção para tentar fazer uma simulação.

Professor: É exato, Eu me lembro que quando eu era criança, e eu já tinha ouvido falar, que comprava a lâmpada e vinha uma pequenininha de reserva, e eu me lembro que apagavam todas, e eu quando criança, perguntava, porque trocar uma lâmpada se todas estão queimadas? Mas, eu me lembro que alguém havia dito que: tu tens que testar qual delas está queimada. Eu lembro que meu Avô, mexia em coisas elétricas, e ele mesmo me dizia que uma delas tu usa para testar qual destas, tem que tirar uma por uma, e eu era tipo uma criança, nem sabia o que era série e paralelo, mas, gravei aquilo, que para funcionar, todas tem que estar boas, uma dependia da outra. No entanto eu não sabia o que era a palavra série e paralelo, mas, sabia, por que vinha uma Lâmpada preza com durex, na tomada, e aí uma vez eu perguntei para ele, e ele disse, é que tu tem que tirar, e substituir uma a uma, e ver qual delas está estragada. E uma vai depender da outra. Então, ou seja, isso é uma coisa que gravou, mas, no entanto não falou em série e paralelo para mim. É por isso que eu digo, tem que ter uma dica de alguém, porque senão tu acha que todas acendem juntas e porque estão em paralelo, ou em série, ou uma independe da outra por que está em paralelo,

Orientador: Não necessariamente todos precisam saber disso

Professor: Exatamente, nem todos vão saber disso, aí tu vê todas apagadas, e acha que queimaram todas, na verdade, alguém, vai ter que te dizer, espera aí, uma depende da outra, substitui que vai funcionar, e nem entrou em associação nenhuma.

Orientador: Era Isso então

Mestrando: Era isso aí. E mais uma vez quero te agradecer.

Professor: Claro, encerra quando, Mestrando?

Mestrando: Agora estou correndo, até dezembro, tem que entregar tudo pronto.

Fonte: autoria própria

Visando oferecer um embasamento maior, os pesquisadores decidiram reaplicar a UEPS no dia 26/11/2024, desta vez para uma turma do terceiro ano do ensino médio/técnico. Contudo, nesta reaplicação, foram implementados apenas o 2º e o 3º passos da UEPS. Vale destacar que, embora os alunos não fossem do curso de Eletrotécnica, eles já haviam tido contato com o conteúdo de Eletricidade na disciplina de Física.

Quadro 5 – Levantamento referente reaplicação da UEPS – Passos 2 e 3

Anotações do dia 26/11/2024

No dia da aplicação, o professor explicou a finalidade das atividades que fariam nesta data, sendo que todos alunos presentes se mostraram abertos e interessados em participar da implementação da proposta didática.

Como primeira situação problema, o professor fez um apanhado do que os alunos sabiam referente a circuitos existentes em suas residências e que exemplos eles poderiam dar referente a lâmpadas, e visando estimular aonde gostaria que os alunos viessem a chegar, ele estimulou com mais uma observação, colocando como embasamento para as respostas, a relação com as festas de final de ano, e em seguida um aluno já comentou sobre as lâmpadas de árvore de natal. Baseado nesta resposta, o professor buscou ir um pouco mais fundo visando obter o que eles poderiam trazer consigo referente a conhecimentos, e perguntou o que eles saberiam comentar sobre as características destas lâmpadas, e um outro aluno disse que as lâmpadas eram ligadas que nem resistores, e que uma lâmpada dependia da outra. Neste momento o professor informou que realmente, considerando a lâmpada a partir do seu filamento podemos considerar como um resistor, e aproveitou para perguntar ao grupo, porque o colega havia dito que uma lâmpada dependia das outras, quando houve um rápido silêncio de pensamento e logo em seguida um respondeu que quando uma pifa as outras também param de funcionar, e complementou informando que quando uma queima ao mesmo tempo que as outras param, ao ser trocada e não havendo mais nenhuma queimada, todas retornam a funcionar.

Dando continuidade, como segunda situação problema, o professor perguntou sobre um segundo exemplo de circuito com lâmpadas **que** poderia existir na casa dos alunos, e logo em seguida veio a informação referente às lâmpadas da casa, do teto da casa, e aí foi jogado para os alunos uma provocação, sobre o que eles poderiam falar sobre estas lâmpadas, e uma aluna comentou que já havia visto o irmão mexer numa lâmpada no teto, e que para poder ligar a lâmpada, chegam dois fios de cores diferentes. Neste momento o professor disse que realmente chegam dois fios que são conhecidos como neutro e outro como retorno, e o que mais poderiam comentar, e um outro aluno comentou que quando uma lâmpada queima, as demais da casa continuam funcionando, que são independentes uma das outras, neste momento, chegou-se basicamente onde se queria chegar como embasamento inicial, pois eles, com os exemplos que vieram em suas mentes, construíram juntos uma base para o tema desejado, ainda não do ponto de vista técnico, mas do ponto de vista prático do dia a dia.

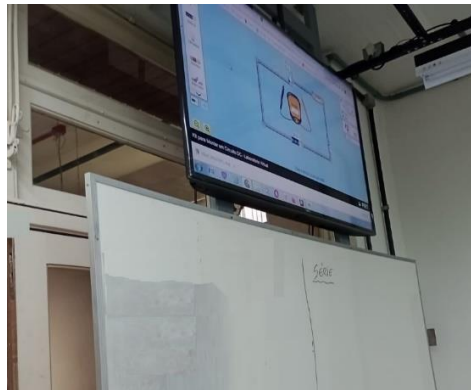
Considerações apuradas com os alunos sobre a relação entre circuitos série e paralelo: este foi o momento em que o grupo passou a criar relação entre os dois exemplos, lâmpadas de natal e lâmpadas do teto das residências, onde fizeram as comparações respectivas, entre as dependências das lâmpadas e a independências das outras, e com isso, o professor fez com que os alunos pensassem e dissessem, o que achavam entre os dois exemplos, qual seria um circuito em série e qual seria um circuito paralelo, e em seguida, um aluno disse que as lâmpadas de natal deveriam ser o circuito série, pois série, tem tudo a ver com continuidade, e continuidade, tem tudo a ver com dependência de uma lâmpada com a outra. Nesse momento, o professor informou que esta lógica estava correta, e que neste tipo de circuito, por ser série, existe apenas um único percurso para a circulação da corrente, e com isso, chega-se a conclusão que a corrente é a mesma em todo circuito, porém a tensão fornecida pela fonte é dividida diretamente proporcional a cada componente, conforme o valor da resistência de cada componente. E em contrapartida, disseram que o outro tipo de circuito seria o paralelo, ou seja, teria a corrente dois ou mais caminhos para serem percorridos, e com isso, cada componente que estiver ligado em um caminho, estará independente em relação aos componentes ligados nos diversos outros caminhos.

Na mesma aula, o professor deu uma breve explicação sobre a plataforma PhET, como entrar no simulador, e como utilizar a bancada virtual, mostrando como buscar componentes e concluir as ligações desejadas. E nesse momento, todos os alunos acessaram a plataforma e foram estimulados a tentarem esquematizar na simulação um circuito que representa-se as lâmpadas de Natal, logo, o circuito série, e neste momento surgiram vários tipos de ligações simuladas utilizando a plataforma, entre elas, houve uma ligação que causou um curto circuito (não registrada com foto), uma ligação que foi realizada com apenas uma única lâmpada e os demais com circuitos funcionando com duas ou três lâmpadas.

Fonte: autoria própria

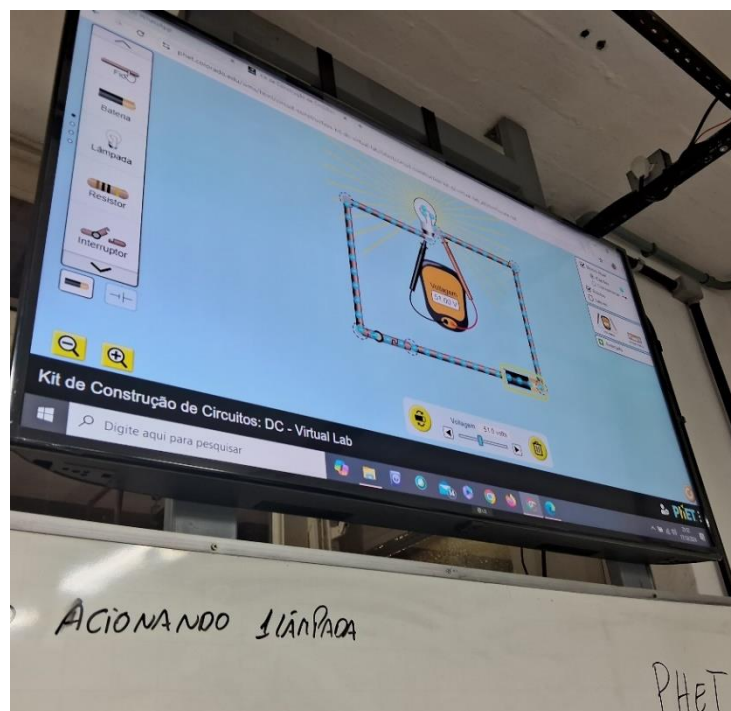
Apresentamos a seguir os dados obtidos por meio de fotos tiradas *in loco* e uma foto registrada do diário de campo, no dia 17/10/2024, durante uma das etapas de implementação da proposta do produto educacional. Naquele dia, foram capturadas 11 fotos das simulações e dos computadores disponíveis para uso do professor no laboratório de Instalação de Redes, além de uma foto da anotação realizada no diário de campo. Nessa anotação, foi registrada a disposição física dos equipamentos (computadores) disponíveis para os alunos, bem como a distribuição dos alunos (representados por pontinhos) em relação aos computadores. Assim, ao todo, foram utilizadas 12 fotos do dia 17/10/2024.

Figura 1 – Quadro e Monitor de Apresentação do Professor



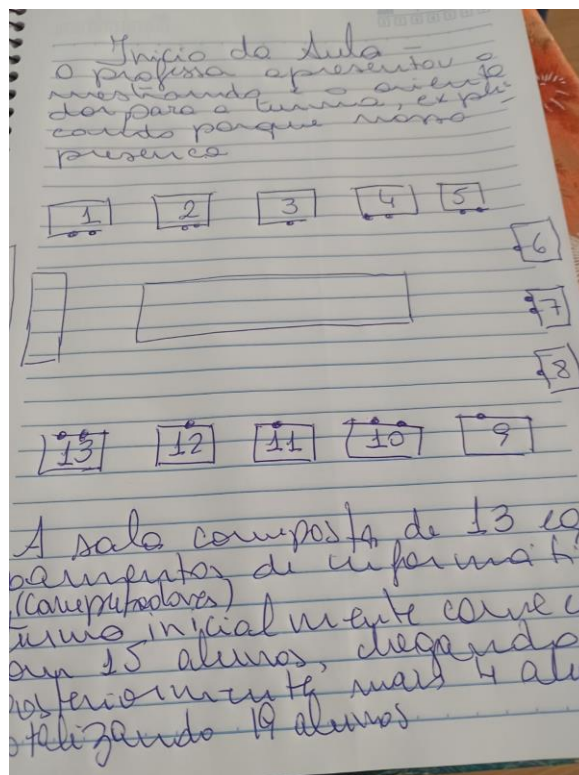
Fonte: autoria própria.

Figura 2 – Monitor do professor com demonstração de circuito simples



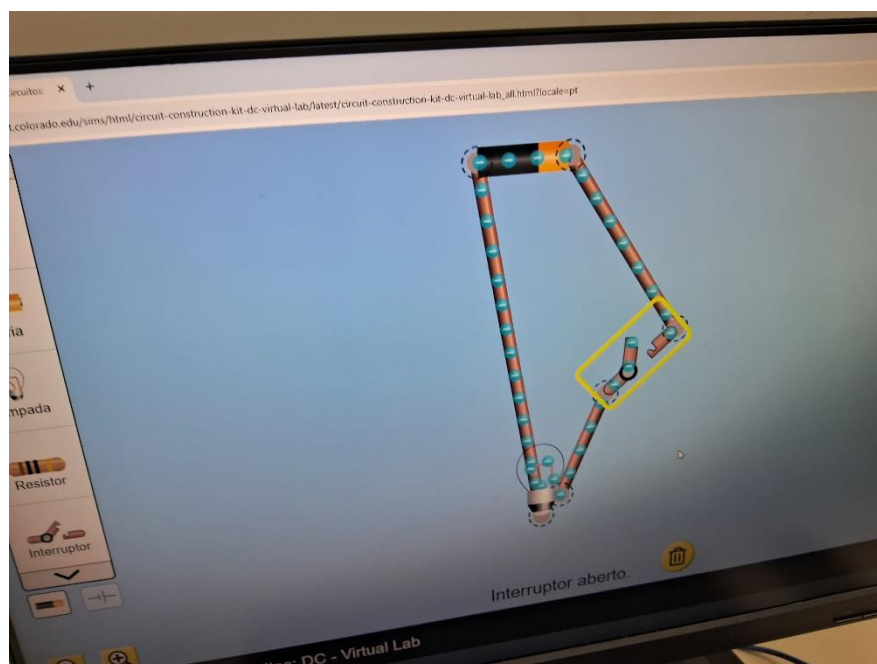
Fonte: autoria própria.

Figura 3 – Disposição dos computadores e dos alunos no laboratório



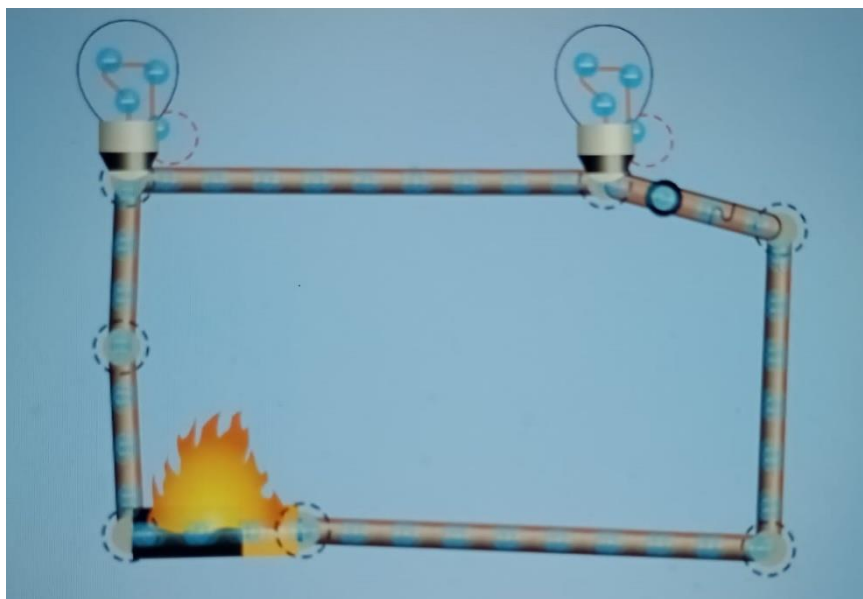
Fonte: autoria própria.

Figura 4 – Ligação simples de uma lâmpada com chave liga/desliga



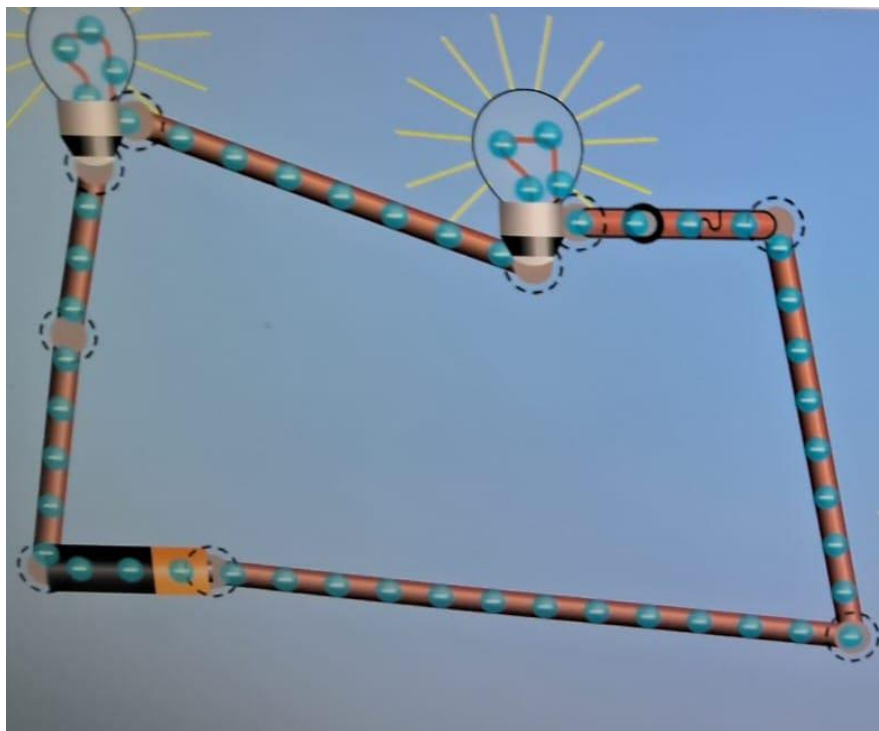
Fonte: autoria própria.

Figura 5 – circuito série em curto circuito



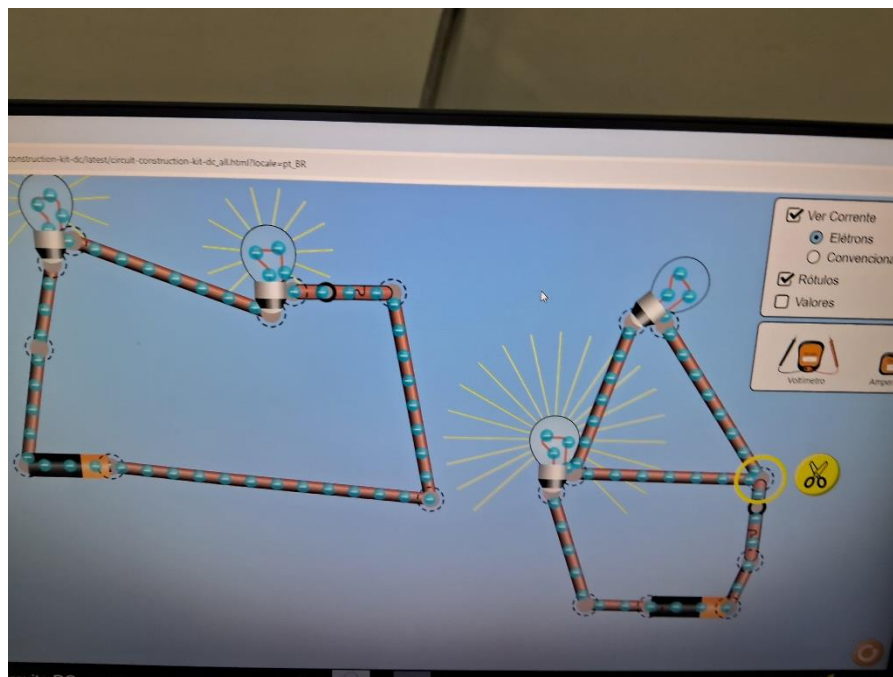
Fonte: autoria própria.

Figura 6 – circuito série corrigido após curto circuito



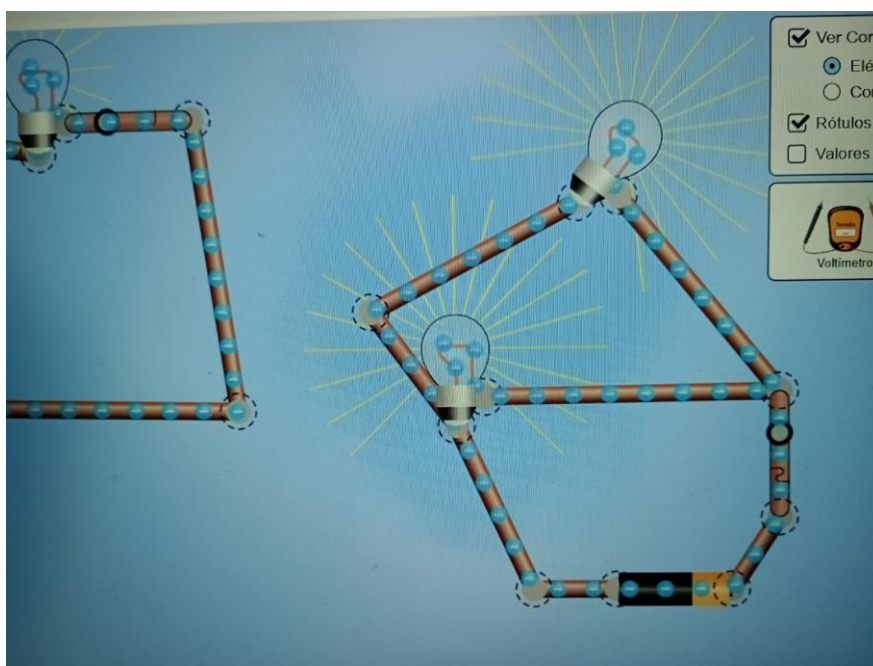
Fonte: autoria própria.

Figura 7 – Circuito Série correto e Circuito Paralelo mal conectado



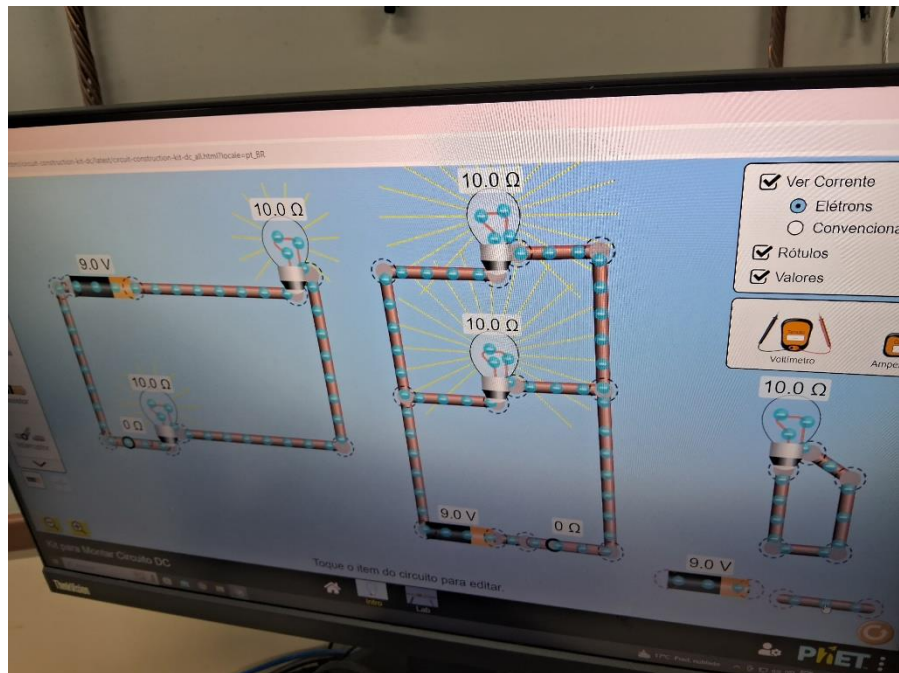
Fonte: autoria própria.

Figura 8 – Circuito Paralelo corrigido



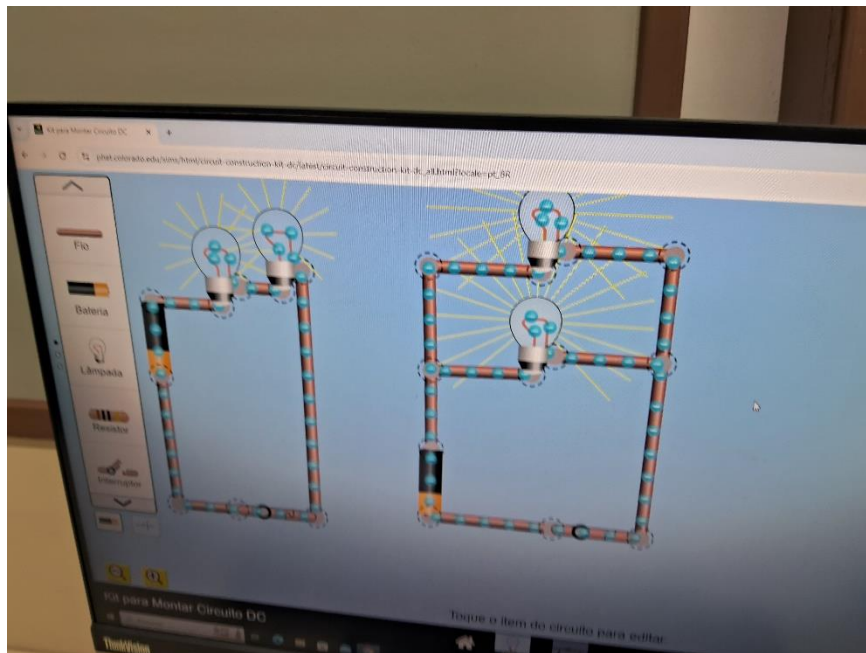
Fonte: autoria própria.

Figura 9 – Circuitos Série e Paralelo conectados corretamente 1



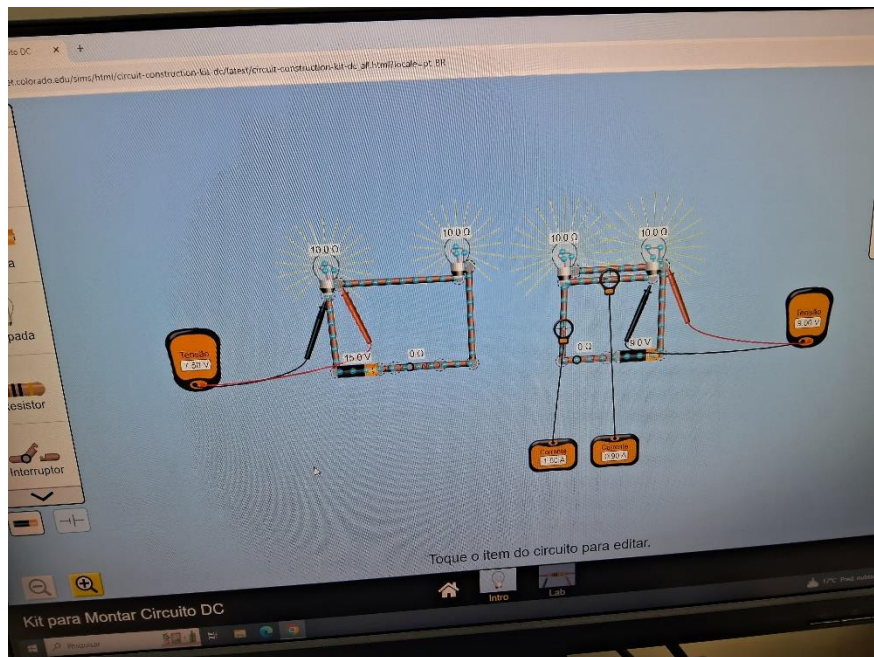
Fonte: autoria própria.

Figura 10 – Circuitos Série e Paralelo conectados corretamente 2



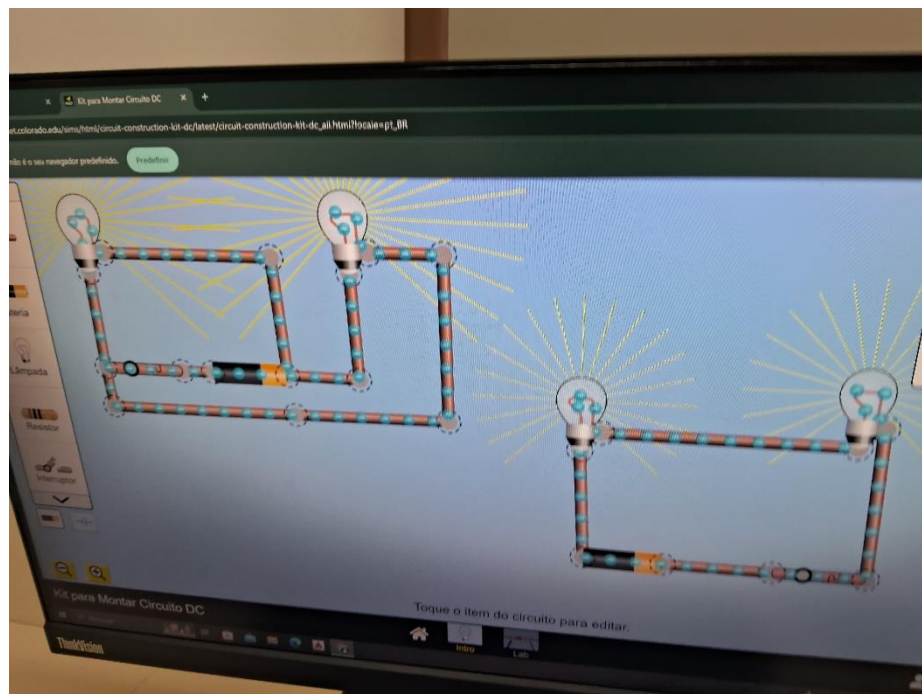
Fonte: autoria própria.

Figura 11 – Circuitos Série e Paralelo conectados corretamente 3



Fonte: autoria própria.

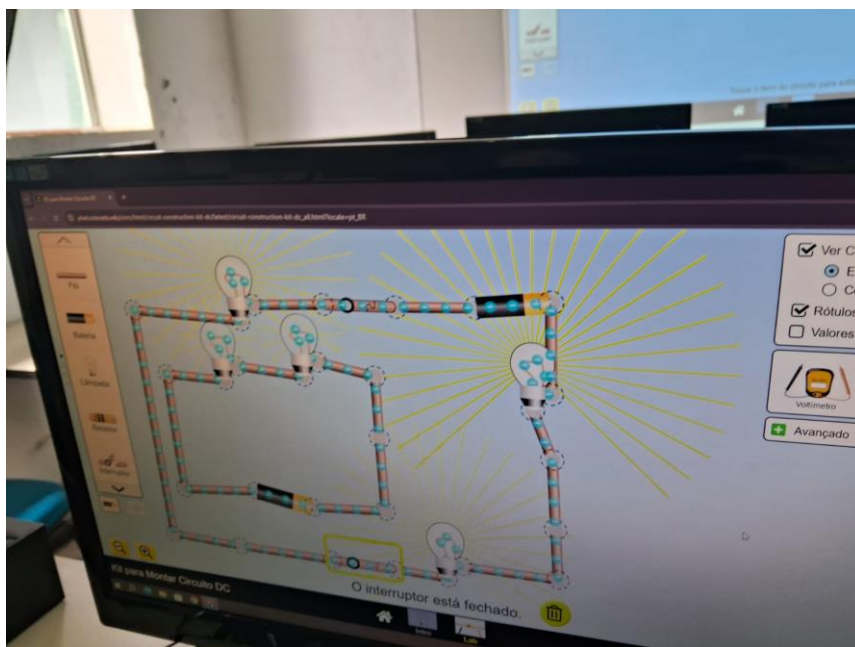
Figura 12 – Circuitos Série e Paralelo conectados corretamente 4



Fonte: autoria própria

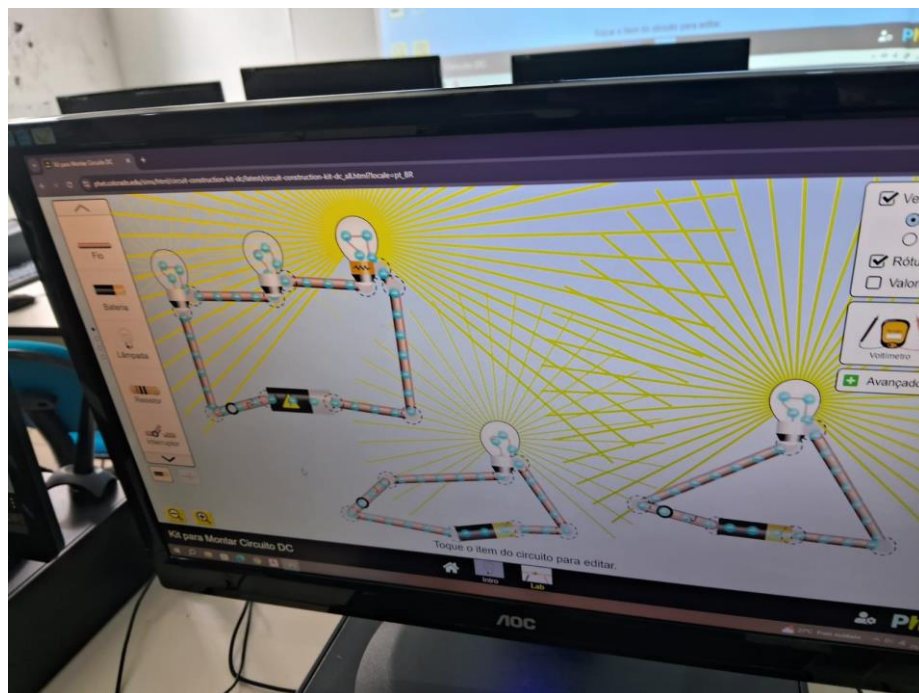
A partir daqui, apresentamos fotos tiradas *in loco*, no dia 26/11/2024, referente à aplicação do 3º passo da UEPS, durante o último dia de implementação da proposta do produto educacional.

Figura 13 – Circuitos Série – Correto 1 – Aplicação em 26/11/2024



Fonte: autoria própria

Figura 14 – Circuitos Série – Correto 2 – Aplicação em 26/11/2024



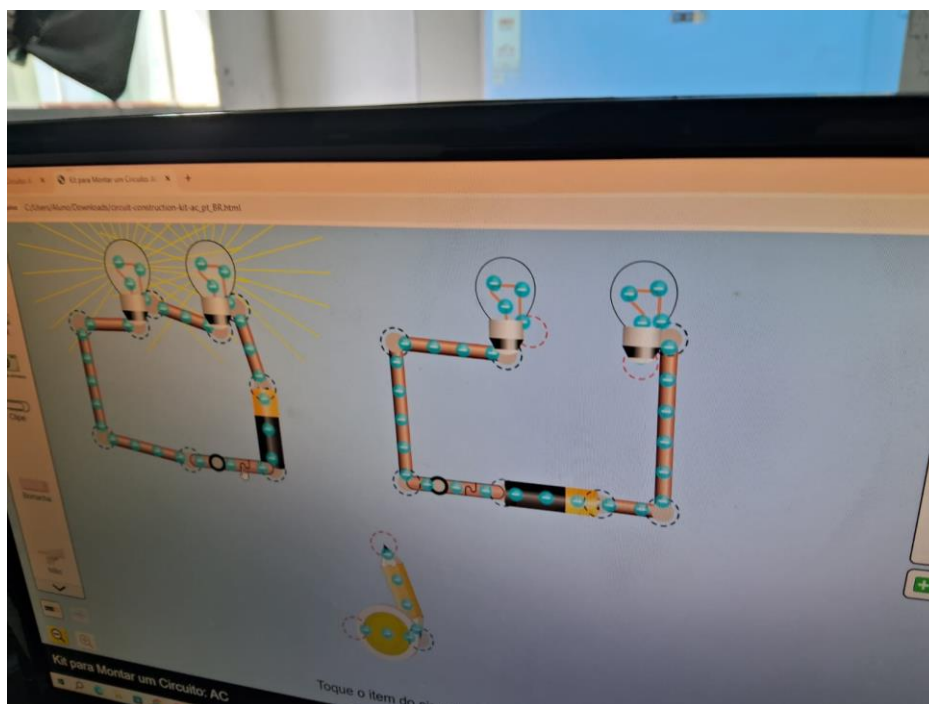
Fonte: autoria própria

Figura 15 – Circuitos Série – Aplicação em 26/11/2024



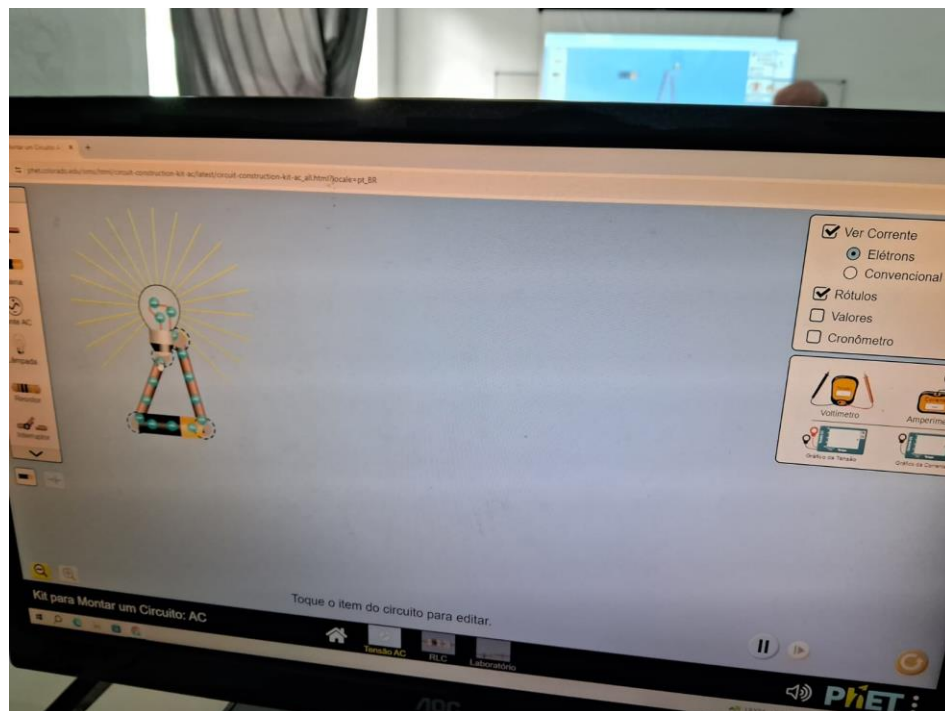
Fonte: autoria própria

Figura 16 – Circuitos Série – Correto 3 – Aplicação em 26/11/2024



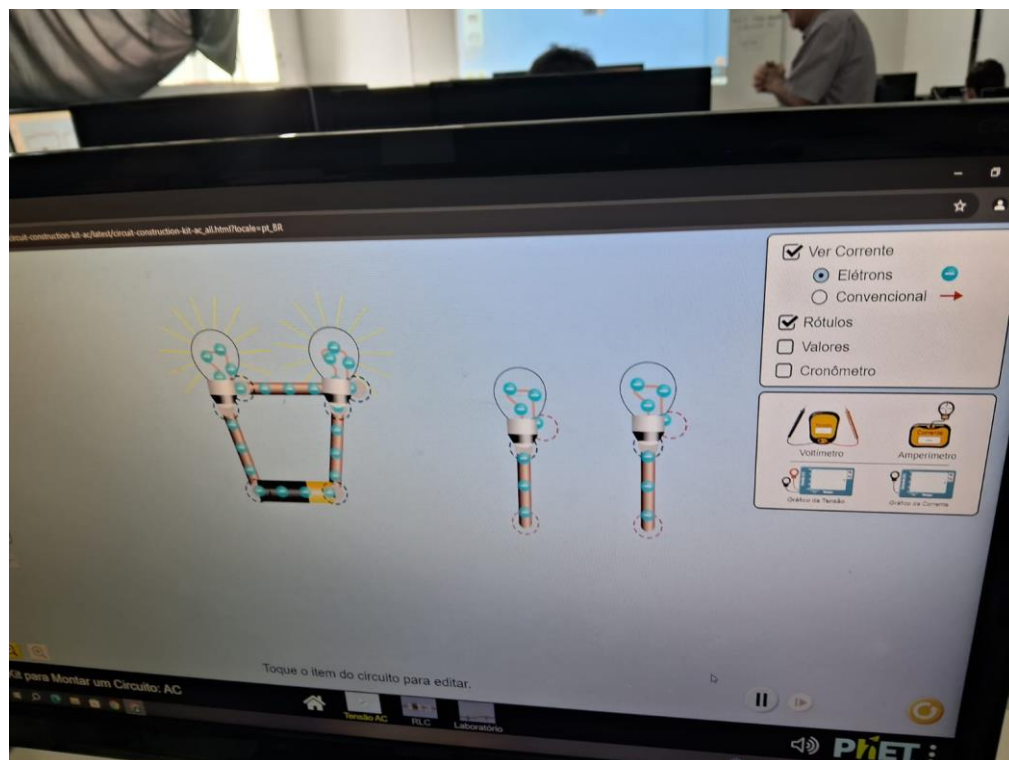
Fonte: autoria própria

Figura 17 – Circuito Simples – Aplicação em 26/11/2024



Fonte: autoria própria

Figura 18 – Circuitos Série – Correto 4 – Aplicação em 26/11/2024



Fonte: autoria própria