

A relação entre conceitos teóricos em eletrodinâmica e atividades experimentais: Um estudo sobre a formação cidadã dos alunos

 <https://doi.org/10.56238/sevned2024.010-003>

Wilson Campos Oliveira

Doutor em Ciências da Educação pela Universidade de La Integración de Las Américas (UNIDA/UNIT-PY); Mestre em Ensino de Física pelo IFAM; Licenciatura Plena em Física pela Universidade do Sul de Minas - UNISUL. Atualmente é professor na Secretaria de estado

da educação no Amazonas (SEDUC-AM). Experiências como professor ensino médio e fundamental na SEDUC AM e na rede provada;

Juan Alberto Beranger

Doutor

RESUMO

Este artigo investiga a relação entre conceitos teóricos em eletrodinâmica e atividades experimentais, com foco na formação cidadã dos alunos. A eletrodinâmica, ramo da física que estuda o movimento de cargas elétricas em circuitos, muitas vezes é considerada abstrata e distante da realidade cotidiana. O ensino de ciências, em particular da eletrodinâmica, muitas vezes enfrenta o desafio de tornar os conceitos teóricos acessíveis e relevantes para os alunos, além de promover uma formação cidadã que os prepare para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo. Nesse contexto, surge a pergunta central: como a integração de atividades experimentais no ensino de eletrodinâmica influencia a compreensão dos alunos sobre os conceitos teóricos, sua capacidade de aplicar esses conceitos em situações do cotidiano e seu desenvolvimento como cidadãos críticos e responsáveis? O objetivo geral consiste em: analisar de que forma os alunos relacionam os conceitos teóricos às atividades experimentais e às circunstâncias cotidianas colaborando para sua formação cidadã e, de modo específico: investigar a realização das atividades experimentais em eletrodinâmica; avaliar a aplicação dos alunos e, analisar o impacto da integração. A metodologia adotada neste estudo foi baseada na aplicação de dados e utilizou um método qualitativo. Foram empregadas UD (Unidades Didáticas), que consistem em uma série de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas, realizadas para atingir os objetivos propostos. As atividades incluíram a leitura oral do texto de divulgação, discussões em grupo e testes de conhecimento. Os resultados revelam que os alunos precisam de mais interlocução para conseguirem se desenvolver com mais intimidade ao conhecimento da Física e como conclusão se tem os alunos interagindo com os sistemas. Oportuniza-se as atividades cuja realização evidenciava os procedimentos de investigação e o modo como se desenvolve a ciência, contextualizadas socioeconômico-culturalmente, de maneira que fosse proporcionar-se aos alunos a apropriação dos procedimentos dos quais eles fizeram uso para criar as inúmeras teorias físicas, no intuito de compreenderem da mesma maneira como se dá o fazer ciência.

Palavras-chave: Conceitos Teóricos, Unidade Didática, Eletrodinâmica, Formação cidadã.



1 INTRODUÇÃO

Ao explorar como os alunos relacionam os conceitos teóricos de eletrodinâmica com atividades experimentais e situações cotidianas, e como essa integração contribui para sua formação cidadã. E, ao realizar observações em sala de aula e entrevistas com os alunos, os professores a utilizam para investigar como eles aplicam os conceitos aprendidos em situações do dia a dia, como o funcionamento de aparelhos elétricos, questões ambientais e tecnológicas.

Segundo Santos (2023), o ensino de ciências, em particular da eletrodinâmica, tem sido alvo de crescente interesse de educadores e pesquisadores devido à sua importância na formação acadêmica e cidadã dos alunos.

A eletrodinâmica, ramo da física que estuda o movimento das cargas elétricas em circuitos, apresenta desafios particulares para os educadores, uma vez que muitos conceitos teóricos dessa área são complexos e abstratos, tornando-se distantes da realidade cotidiana dos alunos.

De acordo com Lima & Heidemann (2023), a integração de atividades experimentais no ensino de eletrodinâmica tem sido amplamente explorada como uma estratégia para aproximar os conceitos teóricos da prática, promovendo uma compreensão mais profunda e significativa dos princípios científicos.

A realização de atividades experimentais contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais nos alunos, incluindo o pensamento crítico, a resolução de problemas e a tomada de decisões éticas.

Além dos benefícios acadêmicos, é importante considerar o papel das atividades experimentais na formação cidadã dos alunos. A formação cidadã envolve não apenas o desenvolvimento de conhecimentos técnicos, mas também a promoção de valores éticos, responsabilidade social e consciência ambiental.

O ensino de ciências, em particular da eletrodinâmica, muitas vezes enfrenta o desafio de tornar os conceitos teóricos acessíveis e relevantes para os alunos, além de promover uma formação cidadã que os prepare para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo. Nesse contexto, surge a questão: de que forma os alunos relacionam os conceitos teóricos em eletrodinâmica às atividades experimentais e às circunstâncias cotidianas, contribuindo para sua formação cidadã?

A Pergunta central é: como a integração de atividades experimentais no ensino de eletrodinâmica influencia a compreensão dos alunos sobre os conceitos teóricos, sua capacidade de aplicar esses conceitos em situações do cotidiano e seu desenvolvimento como cidadãos críticos e responsáveis?

O objetivo geral é: analisar de que forma os alunos relacionam os conceitos teóricos às atividades experimentais e às circunstâncias cotidianas colaborando para sua formação cidadã. E os objetivos específicos consiste em: investigar como a realização de atividades experimentais em

eletrodinâmica influencia a compreensão dos alunos sobre os conceitos teóricos, analisando se a experimentação prática facilita a internalização dos princípios científicos; avaliar de que maneira os alunos aplicam os conceitos aprendidos em atividades experimentais em situações cotidianas, examinando se conseguem estabelecer conexões entre a teoria estudada em sala de aula e a prática do dia a dia e, analisar o impacto da integração de atividades experimentais no desenvolvimento da formação cidadã dos alunos, verificando se a reflexão sobre questões éticas, ambientais e sociais relacionadas à eletrodinâmica contribui para sua conscientização e engajamento como cidadãos responsáveis.

A justificativa reside na necessidade de compreender melhor como a relação entre conceitos teóricos em eletrodinâmica e atividades experimentais pode contribuir para a formação cidadã dos alunos. Ao investigar essa relação, se pode identificar estratégias e práticas de ensino que promovam não apenas a compreensão dos princípios científicos, mas também o desenvolvimento de valores como responsabilidade, respeito, colaboração e consciência ambiental.

É relevante investigar de que forma os alunos relacionam os conceitos teóricos em eletrodinâmica às atividades experimentais e às circunstâncias cotidianas, e como essa integração pode contribuir para sua formação cidadã.

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa para investigar a relação entre conceitos teóricos em eletrodinâmica e atividades experimentais, com foco na formação cidadã dos alunos. A pesquisa foi realizada em uma escola de ensino médio, envolvendo alunos do último ano.

A estrutura do artigo é composta de introdução que destaca os pontos de equivalência aos comandos instrutivos do estudo, seguido da fundamentação teórica, após a metodologia com a descrição das etapas do estudo, na sequência os resultados e discussões, considerações finais e referências.

2 CONCEITOS TEÓRICOS EM ELETRODINÂMICA E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

A relação conceitual em eletrodinâmica e atividades experimentais busca estabelecer a conexão entre os conceitos teóricos estudados nessa área da física e as práticas experimentais realizadas em sala de aula.

Knyppe (2021), destaca que através das atividades experimentais, os alunos têm a oportunidade de vivenciar na prática os princípios da eletrodinâmica, permitindo uma compreensão mais completa e profunda dos conceitos abordados.

As atividades experimentais também auxiliam no desenvolvimento de habilidades práticas, como a manipulação de equipamentos e a realização de medições, contribuindo para uma formação cidadã mais ampla e proporcionando aos alunos uma experiência mais próxima da realidade.



De acordo com Pereira (2022) e Da Silva & Lira (2022), essa relação entre os conceitos teóricos e as atividades experimentais visa enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais significativo e promovendo o desenvolvimento integral dos estudantes.

A aprendizagem dos alunos e as dificuldades encontradas no ensino de eletrodinâmica são fatores que merecem destaque. Para isso, de acordo com Siqueira (2022), é necessário explorar diversas perspectivas teóricas e práticas, com o objetivo de compreender os processos de aprendizagem dos estudantes nessa área da Física.

Ao discutir as principais dificuldades enfrentadas pelos alunos, como a falta de familiaridade com os conceitos teóricos, dificuldades na resolução de problemas e a baixa motivação para o estudo da disciplina.

Silva (2023), destaca que ao investigar as concepções prévias dos alunos sobre eletrodinâmica, para identificar possíveis obstáculos no processo de aprendizagem, conduz a reflexões fundamentais para subsidiar a construção de estratégias pedagógicas mais eficientes e adequadas às necessidades dos estudantes

A formação cidadã no contexto educacional demanda uma reflexão acerca das expectativas do ensino. Nesse sentido, Pereira (2022), enfatiza que é fundamental considerar a importância de desenvolver nos alunos habilidades e competências que os tornem cidadãos ativos e críticos.

Através do ensino de conceitos teóricos em eletrodinâmica e atividades experimentais, é possível promover a formação cidadã dos estudantes, proporcionando-lhes conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para compreender e atuar na sociedade.

Segundo Máximo (2022), espera-se que o ensino de Física também contribua para a formação de valores, como ética, responsabilidade social e sustentabilidade, preparando os alunos para enfrentar desafios presentes e futuros.

A relação entre a formação cidadã e as expectativas do ensino se revela fundamental para a construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

De Carvalho et al (2022), destaca que a Física desempenha um papel fundamental na criação e modelagem de novas metodologias para o acesso à eletrodinâmica.

Por intermédio da aplicação dos conceitos teóricos da disciplina, é possível desenvolver abordagens inovadoras que permitem uma compreensão mais profunda e significativa dos fenômenos elétricos e magnéticos.

Segundo Batista (2023), essas metodologias podem envolver a utilização de recursos tecnológicos, como simulações computacionais e experimentos virtuais, que proporcionam aos alunos a oportunidade de explorar e interagir com os conceitos de forma prática e visualmente estimulante.

A modelagem física permite a construção de representações simplificadas dos fenômenos e a elaboração de hipóteses e previsões, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento científico dos alunos.

Essas novas abordagens não apenas facilitam a compreensão dos conceitos em eletrodinâmica, mas também promovem a participação ativa dos estudantes e estimulam o pensamento crítico e criativo.

A inovação e a educação inclusiva têm sido temas cada vez mais relevantes no ensino de Física. A inovação busca utilizar novas abordagens pedagógicas, recursos tecnológicos e metodologias que possam despertar o interesse e a participação de todos os alunos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e prazerosa.

Picanço et al (2021), cita que a inclusão é um princípio fundamental, uma vez que visa garantir a participação de todos os alunos, incluindo aqueles com deficiências ou dificuldades de aprendizagem.

Ao considerar a inovação e a educação inclusiva em Física, é necessário pensar em estratégias que possibilitem a adaptação dos conteúdos e atividades, tornando-os acessíveis a todos os estudantes.

Batista & Ustra (2021), destaca que a criação de um ambiente acolhedor e inclusivo é crucial para que os alunos se sintam valorizados e motivados a participar ativamente das aulas de Física, contribuindo para a sua formação cidadã.

2.1 O ESTUDO DA ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO

Na educação básica das escolas públicas e privadas, o ensino de conteúdos de física, como a eletrodinâmica, apresenta muitas deficiências, por exemplo: o número de cursos disponíveis é pequeno, a formação e a remuneração dos professores são baixas e a irrefutável falta de recursos. Claro que esta situação costuma promover o desenvolvimento da educação sem motivação e está longe das recomendações do PCN:

[...] O estudo da eletricidade deverá centrar-se em conceitos e modelos da Eletrodinâmica e do eletromagnetismo, possibilitando, por exemplo, compreender por que aparelhos que servem para aquecer consomem mais energia do que aqueles utilizados para comunicação, dimensionar e executar pequenos projetos residenciais, ou ainda, distinguir um gerador de um motor. Será também indispensável compreender de onde vem a energia elétrica que utilizamos e como ela se propaga no espaço (BRASIL, 2002, p. 24).

Levando em consideração que uma parcela significativa dos discursos atuais sobre o ensino de ciências esteja voltada para os seguintes temas: ensino centrado no aluno, encurtamento da teoria e da prática, uso de recursos técnicos no campo da educação, ensino problemático, natureza interdisciplinar etc.

Segundo Moreira (2013), parte da sala de aula é baseada em métodos tradicionalistas, ou seja, baseada na utilização de livros didáticos.

Portanto, ao ensinar o conteúdo de eletrodinâmica, porque o número de aulas de física é pequeno, nem sempre isso é possível, então é basicamente o professor que ensina o conteúdo verbalmente e classifica os exercícios no livro didático, isso faz com que o ensino seja desmotivado, enfadonho e pouco utilizado, esse fator é determinante na desmotivação do aluno com a física.

2.2 O ESTUDO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS MEDIANTE AS GRANDEZAS FÍSICAS DA ELETRODINÂMICA

O campo da física responsável pelo estudo de cargas elétricas em movimento é a eletrodinâmica. Portanto, para realizar tais pesquisas, é necessário compreender os conceitos básicos da eletrostática, pois a eletrodinâmica é construída em torno deles.

O amplo campo da pesquisa eletrodinâmica cobre quase todos os fenômenos elétricos que as pessoas vivenciam todos os dias. Portanto, optou-se por realizar este trabalho através da compreensão e manipulação de quatro grandezas: corrente, diferença de potencial, resistência e lei de Ohm.

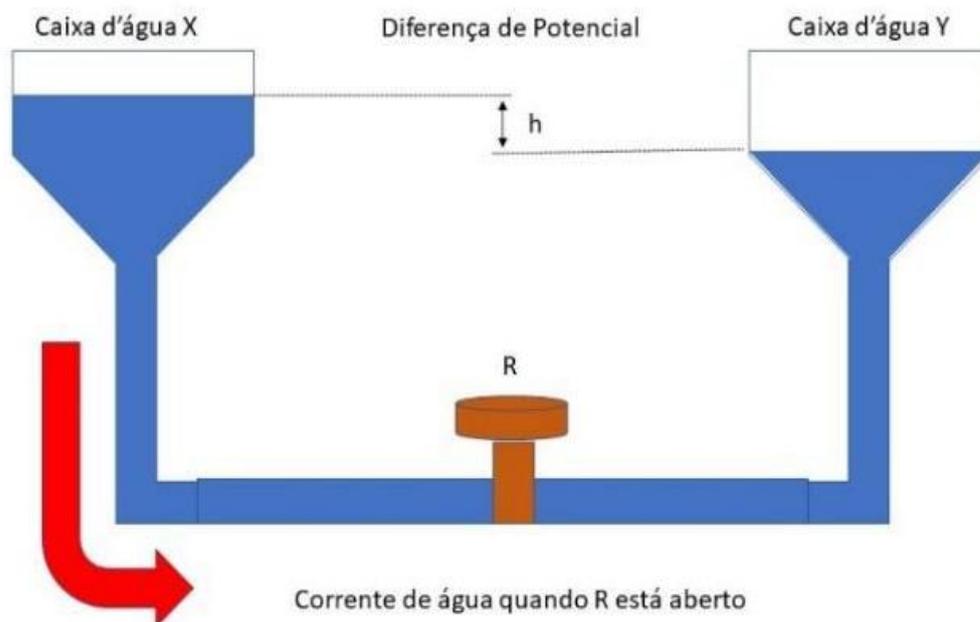
O motivo desta escolha está na orientação teórica em que se baseia o comportamento, pois o conteúdo selecionado permite uma diversidade de atividades que não proporcionam apenas a aprendizagem pela socialização do conhecimento, como debates sobre situações problemáticas, no ambiente escolar e no comportamento de alunos do ensino médio.

2.2.1 Corrente Elétrica

A corrente elétrica deve ser entendida como o fluxo ordenado dos portadores de carga, além disso, para que esse fluxo ocorra, deve haver uma diferença de potencial entre os terminais da rede. No entanto, nem todo fluxo de carga elétrica produzirá corrente. Por exemplo, elétrons livres ou elétrons condutores dentro de um condutor de metal movem-se aleatoriamente e continuamente em várias direções. Porém, quando você olha de perto, pode ver que não há movimento ordenado da carga na direção definida, ou seja, ao estudar a área lateral dentro do condutor, você verá que seu número é aproximadamente o mesmo. Os elétrons que atravessam o plano em uma determinada direção e na direção oposta não podem estabelecer um movimento ordenado de cargas.

Uma forma de entender melhor a corrente é analisar a seguinte analogia: Conforme a Figura 1, projete um sistema hidráulico composto por duas caixas d'água "X" e "Y" interligadas por tubulações, com um registro "R", pode-se abrir ou fechar a ligação entre as caixas d'água. Observa-se que na caixa d'água, há uma diferença entre o nível da água "h", ou seja, há uma diferença na energia potencial gravitacional entre as caixas d'água, se o registro "R" for aberto neste momento, então o fluxo de água da caixa d'água "X" para "Y" será estabelecido, e o fluxo de água será estabelecido até que o nível da água seja igual, ou seja, até que o potencial gravitacional não seja mais diferente (HEWITT, 2015).

Figura 1- Sistema hidráulico composto por duas caixas d'água e conectados entre si por uma tubulação.

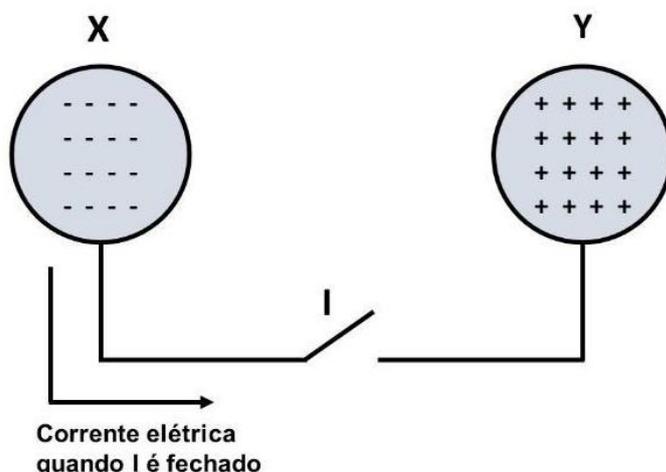


Fonte: Oliveira (2020).

A Figura 2 mostra um sistema que consiste em duas esferas X e Y. Estas são carregadas. X é carregado positivamente e Y é carregado negativamente. Portanto, há uma diferença de potencial entre as bolas.

O fio conecta as duas esferas através de uma chave I, permitindo que as conexões sejam estabelecidas e desfeitas. Quando a chave I é fechada, ou seja, quando uma conexão é estabelecida entre as esferas, as partículas carregadas, que neste caso são elétrons, fluem imediatamente da esfera X para a esfera Y, estabelecendo assim a estabilidade da corrente à potencial (HEWITT, 2015).

Figura 2 - Sistema composto por duas esferas carregadas e conectados entre si por um fio condutor.



Fonte: (2020)

Ao analisar os sistemas das Figuras 1 e 2, pode-se apontar que existem algumas semelhanças entre os dois, de modo que o conceito de corrente pode ser verificado. O movimento das moléculas de água movidas pela diferença de potencial gravitacional forma um fluxo de água, e o movimento das partículas carregadas movidas pela diferença de potencial forma uma corrente elétrica.

Nos condutores de metal, as partículas que se movem ao redor da carga são elétrons porque estão fixas dentro do átomo, o próton, e junto com o nêutron estabelecem o núcleo. Nesse contexto, denomina-se aqueles de elétrons de condução ou de elétrons livres, uma vez que, nos fluidos condutores, as cargas são carregadas por íons.

Embora se utilize essa analogia, faz-se necessário ressaltar a importância de que, nesse caso, os estudantes precisam estar atentos para a diferença entre esses exemplos, para evitar que se cometa erros conceituais.

Na pesquisa elétrica inicial, especulou-se que as partículas positivas se moviam de um potencial maior para um potencial menor para formar uma corrente elétrica. No entanto, agora se sabe que se refere ao movimento de partículas negativas de um potencial menor para um potencial maior. No entanto, tradicionalmente, a primeira ideia relacionada à direção atual continua a ser utilizada, pois segundo Halliday, Hestnick e Walker (2016, p. 139),

Podemos usar essa convenção porque, na maioria das situações, supor que portadores de carga positivos estão se movendo em um sentido tem exatamente o mesmo efeito que supor que portadores de carga negativos estão se movendo no sentido oposto. (Nos casos em que isso não é verdade, abandonamos a convenção e descrevemos o movimento do modo como realmente acontece) (HALLIDAY; HESNICK; WALKER, 2016, p. 216).

Porém, em alguns casos, se bem compreendidos, o processo precisa ser descrito da maneira que realmente acontece (HALLIDAY; HESNICK; WALKER, 2016). Por exemplo, analisa-se o comportamento de certos componentes semicondutores.

A corrente (i) pode ser definida como a carga (dq) que se move na parte reta do condutor, cuja carga (dq) passa por essa parte no intervalo de tempo (dt) (HALLIDAY, HESNICK e WALKER, 2016).

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

O Sistema Internacional de Unidades (SI) define como unidade de corrente o Coloumb (C) por segundos (s), denominado ampère (A). O amperímetro é a ferramenta utilizada para realizar a medida de corrente.

$$1A = \frac{C}{s} \quad (2)$$

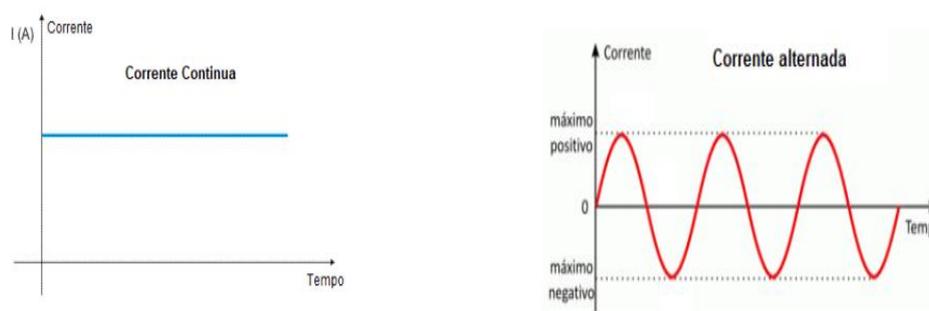
Em materiais condutores, o movimento real dos elétrons livres é arbitrário. No entanto, quando uma diferença de potencial é aplicada a esses materiais, será notado que os elétrons tendem a se mover em direção ao seu próprio tecido e se mover em direção ao potencial máximo.

Além disso, pode-se observar que ao passar pelo corpo do material, a corrente produz alguns efeitos que podem ser observados nele ou ao seu redor. Portanto, os principais efeitos são:

- a) Efeitos químicos, que são causados principalmente por reações químicas causadas por correntes;
- b) Efeitos magnéticos, que são gerados pelo campo magnético gerado pela corrente que passa pelos condutores;
- c) Efeitos fisiológicos, comumente conhecidos como Choque elétrico; d) Efeito térmico, nomeadamente efeito Joule, geralmente visto / atuado em duchas elétricas.

Além disso, a corrente pode ser classificada como corrente contínua (DC) ou corrente alternada (AC). O primeiro é o movimento que move a carga em uma única direção. Em segundo lugar, o elétron primeiro se move em uma determinada direção e, em seguida, se move na direção oposta, alternando para a esquerda e para a direita em torno da posição definida, conforme mostrado na Figura 3 (HEWITT, 2015).

Figura 3 - Gráficos das correntes CC e CA em função do tempo.



Fonte: Oliveira (2020)

Segundo Hewitt (2015, p. 436), “o principal uso da corrente elétrica, seja ela CC ou CA, é transferir energia de um lugar para outro com rapidez, flexibilidade e de forma conveniente”.

2.2.2 Densidade de Corrente

Baseado no estudo de Halliday e Hestnick (1996), quando se tem interesse em estudar a corrente i em um condutor de forma mais específica, ou seja, ao estudar o fluxo de carga pela parte reta do condutor em qualquer ponto do circuito, é necessário utilizar a densidade da corrente J que é usada para descrever esse fluxo; e se a carga for positiva, ela tem a mesma direção e a mesma direção que a velocidade da carga que constitui a corrente; se a carga for negativa, a direção é oposta.

Para cada componente da parte reta, o módulo J da densidade da corrente é igual à corrente dividida pela área do componente. A corrente fluindo através do componente de área pode ser escrita como: $J \cdot dA$; onde dA é o vetor de área do componente, perpendicular ao componente. Portanto, a corrente total que flui através da superfície é

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (3)$$

Caso a corrente seja uniforme em toda superfície e paralela a $d\vec{A}$, então \vec{J} será da mesma maneira uniforme e paralela a $d\vec{A}$. Assim sendo, a equação anterior se tornará

$$i = \int J dA = J \int dA = JA, \quad (4)$$

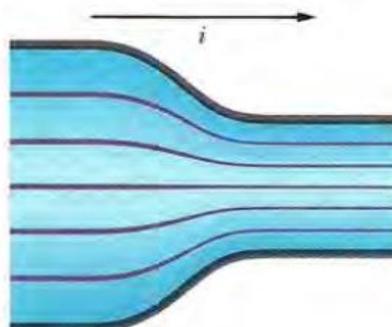
Por isso,

$$J = \frac{i}{A} \quad (5)$$

Onde A é a área total da superfície de condução. Com base nas equações anteriores, a unidade de densidade de corrente no SI é o ampère por metro quadrado (A/m^2).

Como se sabe, os campos elétricos podem ser representados por linhas de campo, pois quanto maior sua concentração, maior será a intensidade do campo elétrico. A Figura 4 mostra que a densidade de corrente também pode ser representada por linhas comumente chamadas de linhas de corrente.

Figura 4 - Representação da densidade de corrente.



Fonte: Halliday e Hesnick (1996).

A corrente da esquerda para a direita na Figura 4 faz a transição do condutor mais largo à esquerda para o condutor mais côncavo à direita. Uma vez que a carga permanece no canal, a quantidade de carga e corrente não pode ser alterada. Nesse caso, o que muda é a densidade de corrente, que é

maior nos condutores cônicos. Além disso, o espaçamento das linhas de corrente é inversamente proporcional à densidade de corrente.

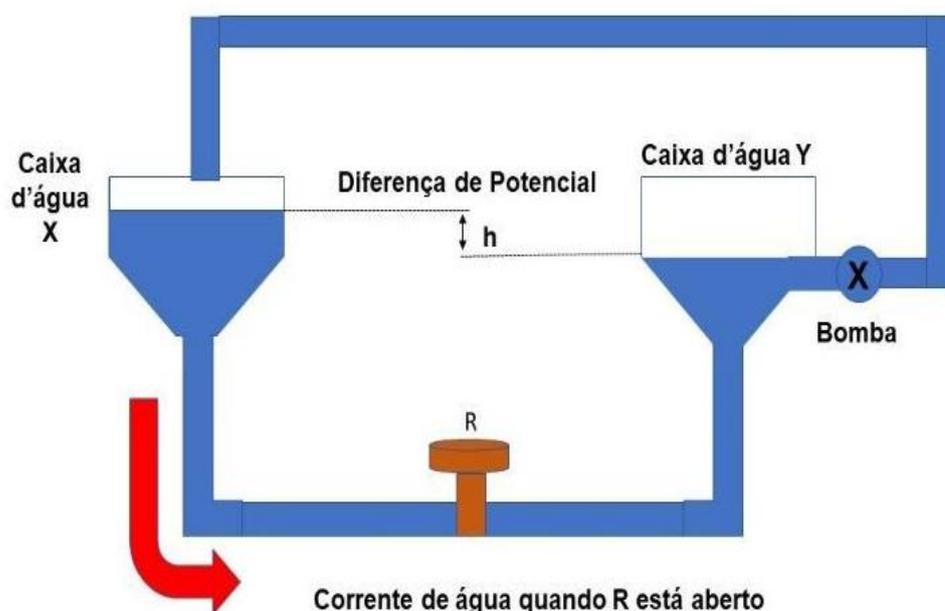
2.2.3 Diferença de Potencial

A diferença de potencial, também comumente chamada de tensão, é a diferença de energia potencial por unidade de carga. O Sistema Internacional de Unidades (SI) define volts como uma unidade de medida para diferenças de potencial, o que é um respeito a Alessandro Volta, o criador do termo tensão, para descrever a mesma magnitude. Um voltímetro é uma ferramenta usada para medir a tensão.

Ao analisar novamente o sistema hidráulico da Figura 2.1, pode-se determinar que a caixa d'água permanecerá no mesmo nível em pouco tempo, ou seja, não haverá mais diferença de potencial gravitacional entre elas. Porém, se houver uma bomba que drena a água do tanque Y e a despeja no X, conforme Figura 4, ao medir com precisão a quantidade de água que entra no tanque Y, a diferença de potencial e a água será mantida e sua existência continuará.

Nesse caso, a função da bomba se tornará uma fonte potencial, pois aumenta a energia potencial gravitacional da água enquanto mantém o sistema funcionando.

Figura 5 - Sistema hidráulico utilizando uma bomba para manutenção do desnível entre as caixas d'água e da corrente nas tubulações.

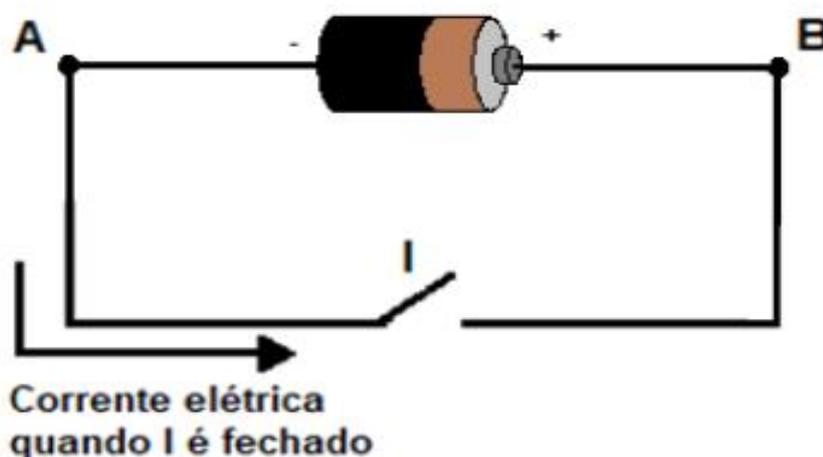


Fonte: Oliveira (2020)

De acordo com o sistema hidráulico analisado no passado, ele precisa de um dispositivo, ou seja, uma bomba, que pode aumentar a energia potencial gravitacional da água, ou seja, pode gerar

uma diferença de potencial gravitacional para manter a corrente hidráulica do sistema fluindo no sistema conforme mostrado na Figura 6. Um dispositivo adequado, uma bateria que pode gerar uma diferença de potencial, é necessário para manter o fluxo de corrente.

Figura 6 - Sistema elétrico utilizando uma pilha para produzir uma diferença de potencial e, conseqüentemente, corrente elétrica no condutor



Fonte: Oliveira (2020)

O equipamento utilizado para gerar a diferença de potencial costuma ser denominado gerador de tensão, fonte de tensão ou mesmo fonte de voltagem. Por exemplo, existem pilhas, geradores eletromagnéticos e vários tipos de baterias. A tarefa de tais ferramentas é afastar as cargas negativas das cargas positivas (HEWITT, 2015).

Assim como a corrente, a tensão também pode ser dividida em contínua e alternada. Um sinal gerado por uma fonte de sinal que não muda sua polaridade com o tempo é chamado de sinal contínuo, e um sinal de sinal gerado por uma fonte de sinal cuja polaridade é constantemente invertida é chamado de sinal alternado.

Conforme mostrado na Figura 6, um sistema que fornece um caminho para o fluxo de corrente é chamado de circuito. Porém, na Figura 6, esse circuito não está representado corretamente porque ainda requer outro tamanho de interferência, chamado de resistência, que será analisado na próxima seção.

2.2.4 Resistência Elétrica

Quando uma diferença de potencial igual é aplicada às extremidades de duas barras do mesmo tamanho, resultados muito diferentes são obtidos, uma barra é condutora e a outra é isolante. Portanto, pode-se dizer que a resistência é o aspecto que estabelece essa diferença de resultados. Sendo assim, para medir a resistência entre dois pontos do condutor, é necessário aplicar uma diferença de potencial

entre esses dois pontos e medir a corrente i resultante. De acordo com Halliday e Resnick (2016), a resistência R é

$$R = \frac{V}{i} \quad (6)$$

Conforme a equação (6), a unidade de resistência no SI é o volt por ampère. A incidência desse arranjo é tão comum que o ohm (Ω), que é uma unidade especial, acaba sendo utilizada para representá-la. Dessa forma,

$$\begin{aligned} 1 \text{ ohm} &= 1\Omega = 1 \text{ volt por ampère} \\ &= 1 \text{ V/A.} \end{aligned} \quad (7)$$

Nomeia-se de resistor um condutor cuja incumbência em um circuito é inserir uma resistência. Nos diagramas dos circuitos elétricos, representa-se um resistor com o símbolo  ou . Quando se escreve a equação (6) na forma

$$i = \frac{V}{R} \quad (8)$$

nota-se que de fato o nome “resistência” é uma ótima escolha. A corrente será, para uma determinada diferença de potencial, na medida em que for maior a resistência. A resistência de um condutor depende da maneira como é aplicada a diferença de potencial.

Segundo Halliday e Resnick (2016), é necessário usar sempre prismas em vez de equipamentos para focar mais nos materiais. Portanto, o foco não está na diferença de potencial V entre as duas extremidades de um determinado resistor, mas no campo elétrico E , que é um campo vetorial composto por distribuições de vetores, uma em cada ponto da área ao redor do campo elétrico.

Logo, trabalha-se com a densidade de corrente \vec{J} no lugar de lidar com a corrente i no resistor, no ponto em análise. Em lugar de versar da resistência R de um dispositivo, versa-se da **resistividade** ρ de um material, pois é uma medida da oposição de um material ao fluxo de corrente elétrica:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (9)$$

Com base na equação (8), ao se combinar as unidades E e J , obtém-se o ohm-metro ($\Omega \cdot \text{m}$), para unidade de ρ :

$$\frac{\text{unidade de } (E)}{\text{unidade de } (J)} = \frac{V/m}{A/m^2} = \frac{V}{A} = \Omega \cdot m \quad (10)$$

Ademais, pode-se escrever a equação (8) de maneira vetorial:

$$\vec{E} = \rho \vec{J}. \quad (11)$$

As equações (9) e (11) só são válidas para materiais isotrópicos, isto é, materiais que possuem propriedades que são idênticas em todos os sentidos.

Da mesma maneira, pode-se versar da *condutividade* σ de um material, que é o inverso da resistividade:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (12)$$

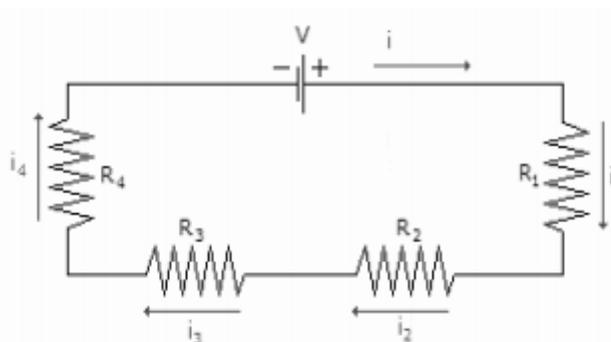
No SI a unidade de *condutividade* é o ohm-metro correspondente, $(\Omega \cdot m)^{-1}$. Em alguns momentos, tal unidade é denominada de mho por metro. Fazendo uso da definição de σ (12), a equação (11) pode ser escrita na forma:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}. \quad (11)$$

2.2.4.1 Associação de resistores em série

Forma-se uma ligação em série quando estão associados dois ou mais resistores nos quais a corrente elétrica seja a mesma no momento em que está se deslocar por esses.

Figura 7 - Representação esquemática de um circuito ligado em série.



Fonte: Oliveira (2020)

Na imagem 7, os resistores R1, R2, R3 e R4 estão conectados em série. Como não há acúmulo de carga em nenhum ponto do material condutor, sob a ação de uma corrente constante, se a carga ΔQ

passar por R1 dentro de um determinado período de tempo, não há outra direção a seguir, exceto mover-se continuamente por R2 no intervalo de tempo acima, então continuamente por R3 e assim por diante. Nesse caso, o resistor conduzirá a referida corrente i .

Desde que seja trocado por um resistor, que tenha uma resistência equivalente R_{eq} , a análise do circuito com resistores em série pode ser simplificada, ao carregar a mesma corrente i , isso resultará em uma queda de tensão semelhante.

Somando todas as quedas de tensão de cada resistor, a queda de tensão absoluta pode ser obtida da seguinte maneira:

$$V = i.R_1 + i.R_2 + i.R_3 + i.R_4 = i.(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \quad (12)$$

$$V = i.R_{eq}$$

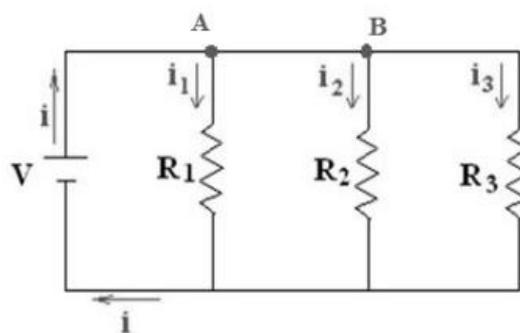
Portanto, pode-se concluir que a resistência equivalente deve ser exatamente igual à soma dos valores das resistências de cada resistor para a construção de um circuito com resistores em série.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (13)$$

2.2.4.2 Associação de resistores em paralelo

Liga-se em paralelo dois ou mais resistores no momento em que provocam similar queda de potencial.

Figura 8 - Representação esquemática de um circuito ligado em paralelo.



Fonte: Oliveira (2020)

Na imagem 8, pode-se ver que os resistores em ambas as extremidades são conectados por fios de resistência desprezíveis. É importante notar que ao atingir o ponto A, a corrente que sai da fonte de tensão será interrompida, e ao atingir o ponto B, a corrente irá quebrar novamente. Portanto, pode-se concluir que toda a corrente do circuito derivada da fonte de tensão é a soma de todas as correntes individuais, todos os resistores com conexões paralelas.

$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3 \quad (14)$$

Uma vez que uma extremidade do resistor paralelo está conectada ao terminal (+) da fonte de tensão através de uma linha de resistência desprezível, e a outra extremidade está conectada ao terminal (-) da mesma fonte de tensão através da mesma sequência de linhas, pode-se concluir que cada resistor apresentará uma queda de tensão de mesmo valor e semelhante à queda de tensão da fonte de alimentação.

Dado que:

$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3 \quad (15)$$

Dispomos

$$i_{total} = \frac{V}{R_{eq}}; i_1 = \frac{V}{R_1}; i_2 = \frac{V}{R_2}; i_3 = \frac{V}{R_3} \quad (16)$$

Trocando teremos:

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad (17)$$

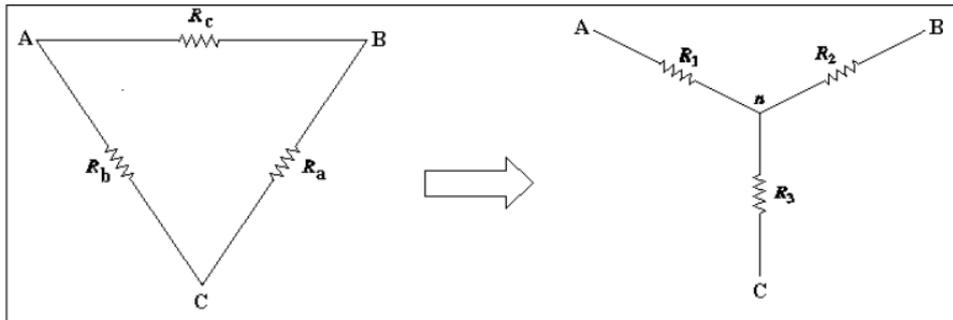
Dessa forma, em cada resistor as quedas de tensão são iguais, permanecendo, desse modo, a expressão para se calcular o valor da resistência equivalente de resistores associados em série da seguinte maneira:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (18)$$

2.2.4.3 Associação triângulo-estrela (ΔY) e estrela-triângulo ($Y\Delta$)

A figura 9, abaixo, ilustra a transformação triângulo-estrela (ΔY):

Figura 09 - Representação esquemática da transformação triângulo-estrela (ΔY)



Fonte: Oliveira (2020)

Para que seja estabelecida a relação entre os resistores, é possível começar pondo em equação as resistências equivalentes a seguir:

$$R_{AB} = \frac{(R_a + R_b)R_c}{R_a + R_b + R_c} = R_1 + R_2 \quad (19)$$

$$R_{BC} = \frac{(R_b + R_c)R_a}{R_a + R_b + R_c} = R_2 + R_3 \quad (20)$$

$$R_{AC} = \frac{(R_a + R_c)R_b}{R_a + R_b + R_c} = R_1 + R_3 \quad (21)$$

Ao resolver o sistema de equações que seguem de 1 a 3, consegue-se:

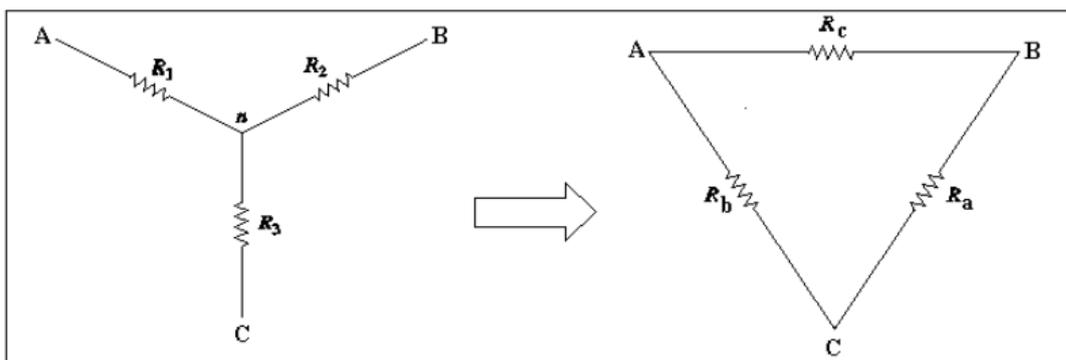
$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad (22)$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad (23)$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c} \quad (24)$$

A figura 10, abaixo, demonstra como fazer a transformação oposta, isto é, a transformação estrela-triângulo ($Y\Delta$):

Figura 10 - Representação esquemática da transformação estrela-triângulo ($Y\Delta$)



Fonte: Oliveira (2020)

Para se pôr em equação a função, inicia-se da mesma maneira, isto é, como na transformação anterior (ΔY), obtendo-se como resultado estas equações:

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_1} \quad (25)$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_2} \quad (26)$$

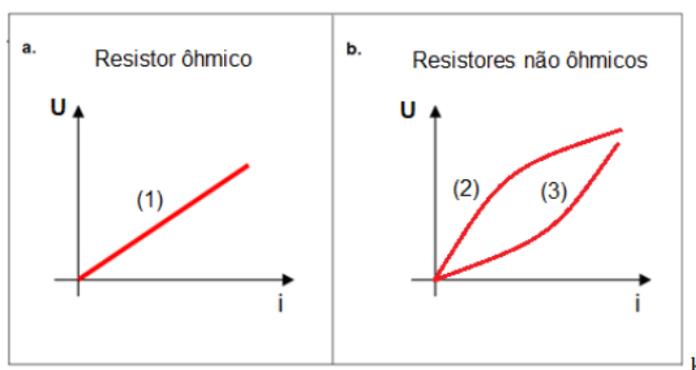
$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_3} \quad (27)$$

2.2.5 Lei de Ohm

Segundo Halliday e Resnick (2016), a lei de Ohm pode ser conceituada como “a afirmação de que a corrente através de um dispositivo é sempre proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo”. No entanto, hoje essa posição é correta apenas em certas circunstâncias, mas por razões históricas, ainda é chamada de "lei".

A imagem 6 mostra dois diagramas. Na Figura 6.a, observa-se o diagrama de diferença de potencial elétrico do resistor em relação à corrente de acordo com a lei de Ohm; na Figura 6.b, a este respeito, para os dois resistores que não obedecem à lei de Ohm, nota-se o mesmo de antes. O gráfico é uma linha de resistência ôhmica, ou seja, a resistência permanece a mesma independentemente dos valores de corrente e tensão.

Figura 11 - a. Gráfico U x i para um resistor ôhmico; b. Gráficos U x i para dois resistores não ôhmicos.



Fonte: Oliveira (2020)

Ainda de acordo com Halliday e Resnick (2016), “Se a resistência de um dispositivo não depende do valor absoluto ou da polaridade da diferença de potencial aplicada, ele deve obedecer à lei de Ohm”. Portanto, um mal-entendido muito repetido deve ser evitado de que $V = iR$ é uma expressão matemática da lei de Ohm. Nesse caso, além de ser aplicado a qualquer dispositivo com permissão para conduzir corrente (inclusive dispositivos que não estão sujeitos à lei de Ohm), você também tem uma equação para determinar o conceito de resistência.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi conduzida com base na formulação e implementação de Unidades Didáticas (UD). Segundo Zabala (1998), UD são "uma série de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas realizadas para atingir determinados objetivos educacionais". O estudo teve como objetivo explorar a relação entre conceitos teóricos em eletrodinâmica e atividades experimentais, com ênfase na formação cidadã dos alunos.

Para isso, foram estruturadas unidades didáticas com base nos ensinamentos teóricos de Vigotsky sobre a zona de desenvolvimento proximal e nos princípios educacionais de Davidov para o desenvolvimento cognitivo e moral dos alunos. As atividades foram implementadas em uma escola particular de Manaus, Amazonas, utilizando o material didático do sistema integrado de ensino adotado pela instituição.

O estudo envolveu uma turma da segunda série do ensino médio, composta por 23 alunos, que participaram voluntariamente. As aulas foram realizadas no contraturno da escola, com duração de cinquenta minutos cada. Os alunos foram divididos em cinco grupos para a realização das atividades, sendo que cada grupo permaneceu junto até o término das UD. Todos os alunos tiveram acesso ao equipamento experimental utilizado nas atividades.

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, que considera os dados apresentados e a compreensão dos fenômenos em análise. O campo experimental ocorreu entre dezembro de 2019 e dezembro de 2020. Para avaliar se os objetivos da pesquisa foram alcançados, as atividades realizadas pelos alunos durante o uso das UD foram analisadas, utilizando como fonte de dados as atividades coletadas pelos professores e os diários de campo registrados pelos pesquisadores.

A análise dos dados foi realizada utilizando o método de análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin (1997). Esse método permitiu uma análise qualitativa do significado atribuído pelos alunos a cada atividade realizada nas UD, enfatizando as ideias dos alunos e possibilitando a averiguação das hipóteses estabelecidas para a pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas aulas experimentais aqui destaca-se a aula de experimento de circuito misto. **Experimentos circuito misto.** Esta aula se organizou com a realização, em equipes, da segunda atividade de experimentação, focada nos circuitos elétricos em paralelo. Não apenas nesta parte da experiência como nas outras, utilizou-se atividades experimentais que estão categorizadas como laboratórios com grau de liberdade II, segundo Carvalho (2010).

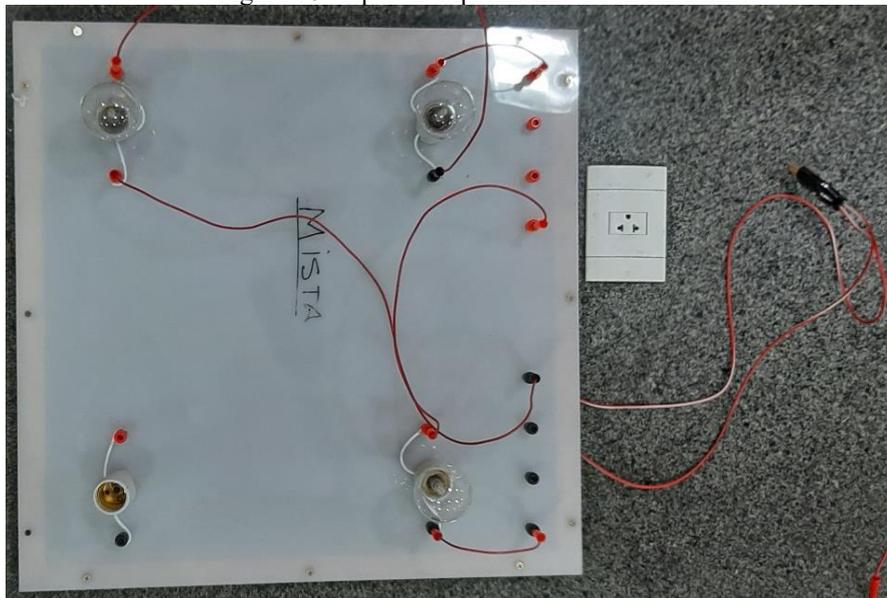
Para esta aula, foram estabelecidos estes objetivos:

1. Identificar se os estudantes conseguem reconhecer na atividade experimental os conteúdos trabalhados nas aulas anteriores.

2. Verificar se os estudantes conseguem relacionar o conteúdo trabalhado com situações do dia a dia.
3. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório;
4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.

Para alcançar esses objetivos, executou-se um experimento no passar de um tempo de 50 minutos, sendo que tal atividade realizou-se em cinco equipes de no máximo cinco alunos de um total de vinte e dois alunos que participaram dessa aula. Durante esta aula foi utilizado um aparato experimental que consistia em uma placa de acrílico de 50x50cm, com quatro lâmpadas incandescentes de 40W e duas de 60W, quatro bocais banana, cabo de 10mm, fita isolante, um alicate de cortar fio, chave de fenda e parafusos.

Figura 16 - Aparato experimental de circuito misto



Fonte: Oliveira (2020)

Usou-se um roteiro de investigação contendo seis questões como guia para a efetivação do experimento, que estão descritas e analisadas em seguida.

Durante a aula, notificou-se os alunos de que não poderiam consultar quaisquer materiais que não os de orientação do professor, de maneira que a conferência das respostas concernentes aos objetivos 1 e 2 não fosse dificultada.

Em seguida, estão apresentadas tabelas com as respostas dos estudantes ao roteiro investigativo desta aula experimental. Na tabela 1, consta a resposta para a pergunta 1.

Tabela 1 - Respostas para o item (a) Utilize os materiais sobre a bancada para montar um circuito elétrico com duas lâmpadas de 40W em série associada a uma terceira de 40W em paralelo.

E1	Criou o circuito corretamente.
E2	Criou o circuito corretamente.
E3	Criou o circuito corretamente.
E4	Criou o circuito corretamente.
E5	Criou o circuito parcialmente correto.

Fonte: Oliveira (2020)

A obtenção dos resultados desta questão fora registrada no diário de campo do professor, diante de uma questão exploratória com o foco de analisar a independência das equipes na montagem do experimento. Logo, notou-se de que apenas a equipe E5 apresentou dificuldades para montar o aparato experimental, sendo necessário o auxílio do professor.

No mais, ficou claro que as equipes se familiarizaram com aulas experimentais, absorvendo o modo como a corrente elétrica se comporta no circuito, bem como a diferença de potencial sobre as lâmpadas. A tabela 2 traz as respostas para o item b.

Tabela 2 - Respostas para o item (b) Antes de começarmos o experimento, você acha que as lâmpadas demonstrarão o mesmo brilho? Tente justificar.

E1	Não. As lâmpadas em série terão brilho menos intenso que a lâmpada em paralelo.
E2	Não. A lâmpada em paralelo vai ter maior brilho que as lâmpadas em série.
E3	Não. O brilho da lâmpada em paralelo será maior porque terá maior corrente elétrica.
E4	Não. As lâmpadas associadas em série terão maior resistência, logo menor corrente elétrica. Por isso as lâmpadas em série terão menor brilho que a lâmpada em paralelo.
E5	Não. As lâmpadas em série brilharão menos.

Fonte: Oliveira (2020)

As equipes, sem exceção, previram de modo correto a intensidade do brilho das lâmpadas. No entanto, percebeu-se que ocorreram mínimas variações conceituais entre as equipes, para justificar suas respostas. A equipe E3 se baseou no conceito de corrente elétrica para explicar o brilho maior da lâmpada em paralelo. De outro lado, a equipe E4 utilizou-se do conceito de associação de resistores e da lei de Ohm. Já a equipe E5 não utilizou nenhuma forma de conceito para explicar sua resposta, o que demonstra que essa equipe não se apropriou adequadamente dos conceitos trabalhados nas aulas anteriores. A tabela 3 traz as respostas para o item d.

Tabela 3 - Respostas para o item (d) Fazendo uso do conceito de potência elétrica, descreva em detalhes o que você observa ao ligarmos o circuito montado sobre a bancada.

E1	As lâmpadas em série não estão dissipando 40W.
E2	As lâmpadas associadas em série têm brilho menor que a em paralelo. Logo, as lâmpadas em série não estão dissipando 40W e a lâmpada em paralelo sim.
E3	As lâmpadas em série apresentam menor brilho.
E4	Embora todas as lâmpadas sejam de 40W, a lâmpada em paralelo está dissipando uma potência elétrica de 40W, enquanto as lâmpadas em série um valor menor de 40W.
E5	A potência nas lâmpadas em série é menor.

Fonte: Oliveira (2020)

As equipes, sem exceção, descreveram detalhadamente o que observaram. Nota-se que, a equipe E3 não fez uso do conceito de potência elétrica para justificar sua observação, isso mostra que a equipe não associou o brilho das lâmpadas à potência dissipadas por elas. Nota-se que a equipe E5 associou o brilho das lâmpadas ao conceito de potência elétrica, já que usa o termo potência para descrever o brilho entre as lâmpadas do circuito. A tabela 4 traz as respostas para o item e.

Tabela 4 - Respostas para o item (e) Qual a tensão e a corrente elétrica na lâmpada ligada em paralelo? E nas lâmpadas em série? Desenvolva o cálculo.

E1	Paralelo: Tensão = 120V. Corrente = 0,33A. Série: 60V cada lâmpada e a corrente em ambas de 0,16A.
E2	A tensão na lâmpada em paralelo é 120V e sua corrente é de 0,33A. A tensão nas lâmpadas em série é de 60V em cada, tendo a mesma corrente de 0,16A.
E3	A tensão na associação em paralelo é 120V. E na associação em série como são lâmpadas idênticas 60V para cada. A corrente elétrica na lâmpada em paralelo é 0,33A e na associação em série essa corrente é a metade 0,16A.
E4	Na lâmpada ligada em paralelo a tensão é de 120V e a corrente elétrica é de 0,33A. Na associação em série a tensão elétrica é 60V em cada lâmpada, e a corrente elétrica é de aproximadamente 0,16A.
E5	A lâmpada em paralelo tem tensão de 120V e as lâmpadas em série tem 60V. A corrente da lâmpada em paralelo é 0,33A e na série um valor menor.

Fonte: Oliveira (2020)

Ao verificar as justificativas das equipes, nota-se que as equipes E1, E2, E3 e E4 obtiveram os valores certos do que foi solicitado na questão. No entanto, observa-se que a E5 não apresentou o valor da corrente elétrica na associação em série, além disso, ressalva-se que ao apresentar o valor da tensão elétrica (60V) na mesma associação, a equipe deixou de justificar que esse valor seria o de cada lâmpada, o que poderia conduzir a erros posteriores, como por exemplo, calcular a corrente elétrica com valores errados. A tabela 5, traz as respostas para o item f.

Tabela 5 - Respostas para o item (f) Utilizando o mesmo circuito da questão anterior, o que você acha que acontecerá com a lâmpada em paralelo, que é de 40W, se associarmos uma terceira lâmpada, que também é de 40W, na associação em série? E o que você acha que acontecerá com as outras lâmpadas, de 40W cada, ligadas em série?

E1	A lâmpada em paralelo continua com o mesmo brilho. Vão ter brilho menor que antes.
E2	Continuará dissipando a mesma potência. As outras lâmpadas em série passam a dissipar uma potência menor ainda.
E3	Paralelo continua com o mesmo brilho que antes. Série muda o brilho, fica menor.
E4	Se associarmos uma terceira lâmpada em série não vai interferir no brilho da lâmpada em paralelo. Mas na associação em série aumentará a resistência e consequentemente diminuirá a corrente, fazendo com que o brilho diminua.
E5	Essa lâmpada vai ficar com o mesmo brilho de antes. As outras lâmpadas vão perder brilho.

Fonte: Oliveira (2020)

Nota-se que todas as equipes acertaram a questão. No entanto, percebe-se que a equipe E2 se apropriou do conceito de potência elétrica para justificar a intensidade do brilho das lâmpadas. Sendo assim, observou-se que a E4 utilizou o conceito de associação de resistores em série e a lei de Ohm para justificar a diferença de brilho (potência dissipada) das lâmpadas no circuito. A tabela 6 traz as respostas para o item g.

Tabela 6 - Respostas para o item (g) Em que situação do cotidiano encontramos a associação mista?

E1	Aparelhos eletrônicos.
E2	Celular, vídeo game, televisão.
E3	Aparelhos eletrônicos.
E4	Aparelhos eletrônicos.
E5	Celulares.

Fonte: Oliveira (2020)

As equipes, sem exceção, relacionaram o experimento com situações do dia a dia. No entanto, foi possível notar que os exemplos dados pelas equipes foram os mesmos fornecidos pelo professor nas aulas do curso regular.

De acordo com Guimarães (2023), o estudo de circuitos mistos em eletrodinâmica representa uma integração fundamental entre componentes elétricos e eletrônicos, proporcionando uma compreensão abrangente do funcionamento e interação de elementos como resistores, capacitores e indutores.

A análise de circuitos mistos na eletrodinâmica é crucial para a integração entre dispositivos elétricos e eletrônicos, oferecendo uma compreensão completa do comportamento e da interconexão de elementos como resistores, capacitores e indutores.

Segundo Schettino (2016), os circuitos mistos são essenciais para a análise de sistemas elétricos complexos, onde componentes de corrente contínua e alternada coexistem, permitindo a aplicação de princípios teóricos da eletrodinâmica em situações do mundo real.

Os circuitos mistos desempenham um papel fundamental na avaliação de sistemas elétricos de alta complexidade, nos quais componentes de corrente contínua e alternada estão presentes simultaneamente. Isso viabiliza a aplicação prática dos princípios teóricos da eletrodinâmica em cenários do mundo real. O quadro 1 destaca as categorias de acordo com as análises das respostas.

Quadro 4 - Categorias elaboradas de acordo com a análise das respostas das equipes aos itens do roteiro investigativo do primeiro experimento.

	E1	E2	E3	E4	E5
Criaram o circuito correto ou parcialmente correto.	x	x	x	x	x
Fizeram previsões corretas e apresentaram justificativas adequadas.	x	x	x	x	x
Apresentaram apropriação do conceito de potência elétrica	x	x		x	x
Encontraram os valores corretos.	x	x	x	x	
Previram correta ou parcialmente o que aconteceria.	x	x	x	x	x
Relacionaram o experimento com algum evento do cotidiano.	x	x	x	x	x

Fonte: Oliveira (2020)



A verificação das categorias apresentadas no Quadro 1 mostram que os objetivos da aula foram alcançados. Os estudantes demonstraram independência na organização do aparato experimental, embora a equipe E5 tenha apresentado dificuldade nessa atividade. Além disso, percebeu-se que as equipes fizeram previsões corretas dos problemas contidos no processo de investigação.

Notou-se que os alunos apresentaram apropriação do conceito de potência elétrica, com exceção da equipe E3, que mostrou dificuldades em associar o brilho das lâmpadas com a potência, o que por sua vez conduziu a uma resposta errada para a questão.

As equipes, sem exceção, compreenderam das malhas do circuito misto, assim como apropriação dos conceitos de corrente elétrica e tensão elétrica, para justificar os valores desta e daquela. Dessa forma, é possível notar que os alunos apresentaram melhor desempenho ao realizar previsões no desenvolvimento do experimento dessa aula.

5 CONCLUSÃO

O estudo sobre a relação entre conceitos teóricos em eletrodinâmica e atividades experimentais revelou importantes contribuições para a formação cidadã dos alunos. Ao integrar teoria e prática, foi possível proporcionar uma compreensão mais profunda dos princípios científicos, ao mesmo tempo em que promoveu o desenvolvimento de valores éticos, sociais e ambientais.

Durante a implementação das unidades didáticas, os alunos demonstraram um alto nível de engajamento e participação nas atividades experimentais, evidenciando uma compreensão mais ampla dos conceitos teóricos quando aplicados na prática. A reflexão sobre questões éticas e sociais relacionadas aos experimentos estimulou o pensamento crítico e a tomada de decisões responsáveis.

Através da análise dos dados coletados, foi possível observar que os objetivos educacionais propostos foram alcançados, com os alunos demonstrando não apenas um maior domínio dos conteúdos de eletrodinâmica, mas também uma maior consciência sobre o impacto de suas ações.

A investigação realizada sobre a influência das atividades experimentais em eletrodinâmica na compreensão dos alunos sobre os conceitos teóricos revelou resultados significativos. A experimentação prática mostrou-se fundamental para facilitar a internalização dos princípios científicos, proporcionando aos alunos uma compreensão mais profunda e concreta dos conceitos abordados em sala de aula. Através das atividades experimentais, os alunos puderam vivenciar na prática os fenômenos estudados, o que contribuiu para uma aprendizagem mais efetiva e significativa.

A análise da maneira como os alunos aplicam os conceitos aprendidos em atividades experimentais em situações cotidianas revelou a capacidade dos alunos de estabelecer conexões entre a teoria estudada em sala de aula e a prática do dia a dia. Os alunos demonstraram habilidades de transferência de conhecimento, aplicando os princípios aprendidos em contextos reais e reconhecendo a importância da eletrodinâmica em suas vidas diárias.



O estudo também evidenciou o impacto positivo da integração de atividades experimentais no desenvolvimento da formação cidadã dos alunos. A reflexão sobre questões éticas, ambientais e sociais relacionadas à eletrodinâmica contribuiu para a conscientização e engajamento dos alunos como cidadãos responsáveis.

Ao promover a discussão sobre temas relevantes, como o uso sustentável da energia e os impactos ambientais da eletricidade, as atividades experimentais incentivaram os alunos a refletirem sobre seu papel na sociedade e a adotar comportamentos mais éticos e responsáveis.

Assim, fica evidente que a integração de atividades experimentais no ensino de eletrodinâmica não apenas aprimora a compreensão dos conceitos teóricos, mas também contribui para o desenvolvimento de cidadãos conscientes, críticos e comprometidos com o bem-estar coletivo.



REFERÊNCIAS

BARDIN, L., *Análise de conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1997.

BATISTA, H. F. F., & USTRA, S. R. Inclusão no ensino de Física: caracterizando desafios a partir de uma análise de artigos da SciELO. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista-ENCITEC*, 11(2), 53-68. 2021.

BATISTA, S. K. M. O impacto da empresa júnior da escola de ciências e tecnologia na formação empreendedora dos estudantes acadêmicos da escola de ciências e tecnologia. 2023.

BRASIL, *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: DF, 2002.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (coord) *Ensino de Física*. São Paulo: Cengage Learning. 2010.

DA SILVA, E. P. & LIRA, M. A. T. A Utilização Da Plataforma Arduino Como Recurso Didático No Ensino De Eletrodinâmica. *Revista do Professor de Física*. 2022.

DE CARVALHO LOURENÇO, C., MACHADO, M. M. C. J. M., & JUNIOR, C. Inovação na educação em engenharia por meio do desenvolvimento de competências e habilidades referenciado nos modelos de educação 4.0 e 5.0. *Latin American Journal of Business Management*, 13(1). 2022.

GUIMARÃES, J. C. 5.5 Sequência Didática 05: Controlando O Brilho Do Led E A Rotação Do Motor Utilizando-Se De Um Potenciômetro E Um Ldr. *Centro De Ciências Exatas-Departamento De Física Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física Polo 28*, p. 63, 2023.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física. Eletromagnetismo*. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

KNYPPE, G. S. *Atividades experimentais de física utilizando circuitos elétricos*. 2021.

LIMA, N. W.; HEIDEMANN, L. A. Diferentes níveis de hipóteses científicas: uma proposta para discutir fatores epistêmicos e sociais das Ciências na formação de professores de Física a partir de fontes históricas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 45, p. e20220330, 2023.

MÁXIMO, E. L. *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa no ensino de Eletrodinâmica na Educação Básica*. 2022.

MOREIRA, A. R. M. *Considerações sobre o método global de alfabetização*. 2013. HEWITT, Paul G. *Física Conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015.

OLIVEIRA, W.C. *Desenvolvimento Pedagógico Da Eletrodinâmica Por Intermédio De Circuitos Customizáveis*. Tese Acadêmica de Doutorado. Universidad de la Integración de las Américas, paraguay, 2020.

PEREIRA, J. C. P. *Proposta didática de atividades práticas de eletrodinâmica utilizando o simulador PHET colorado*. 2022.

PICANÇO, L. T., ANDRADE NETO, A. S. D., & GELLER, M. O Ensino de Física para Surdos: o estado da arte da pesquisa em educação. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 27, e0123. 2021.



SANTOS, J. M. O" Despertar" Para Ciência: Um Relato De Experiência Sobre A Importância De Atividades Lúdicas E Experimentação No Ensino De Física. Atos de Currículo e Experiências Exitosas na Educação Básica: narrativas docentes no contexto do Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS, p. 149, 2023.

SCHETTINO, H. J. Análise de limitador de corrente supercondutor resistivo para inserção de geradores ao sistema de transmissão. *Ph. D. dissertation*. 2016.

SILVA, F. M. F. O conceito de antimatéria e uma análise da sua utilização em aulas de física do ensino médio. 2023.

SIQUEIRA, K. S. Uma proposta de sequência didática para o ensino da física de materiais semicondutores. 2022.

ZABALA, A. A prática educativa. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.