



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DÉBORA DE OLIVEIRA GLANZMANN

PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE
POTÊNCIA ELÉTRICA EM APARELHOS RESISTIVOS

Juiz de Fora

2024

DÉBORA DE OLIVEIRA GLANZMANN

**PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE
POTÊNCIA ELÉTRICA EM APARELHOS RESISTIVOS**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Dr. Alysson Miranda de Freitas

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

de Oliveira Glanzmann, Débora .
PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O
ENSINO DE POTÊNCIA ELÉTRICA EM APARELHOS RESISTIVOS
/ Débora de Oliveira Glanzmann. -- 2024.
111 p.

Orientador: Alysson Miranda de Freitas
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de
Pós-Graduação em Física, 2024.

1. Ensino de Física. 2. Potência elétrica. 3. Circuitos resistivos. 4.
Atividades experimentais para o ensino de Física. I. Miranda de
Freitas, Alysson, orient. II. Título.

Débora de Oliveira Glanzmann

PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE POTÊNCIA ELÉTRICA EM APARELHOS RESISTIVOS

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 14 de agosto de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alysson Miranda de Freitas - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Wagner Tadeu Jardim

Instituto Federal Sudeste - MG

Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle

Universidade Federal de Juiz de Fora



Documento assinado eletronicamente por **Alysson Miranda de Freitas, Professor(a)**, em 26/08/2024, às 15:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wagner Tadeu Jardim, Usuário Externo**, em 26/08/2024, às 20:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Luiz Matheus Valle, Professor(a)**, em 28/08/2024, às 10:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Uffj (www2.uffj.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1913492** e o código CRC **68276A65**.

Dedico este trabalho ao meu filho Gabriel, como forma de lembrá-lo que a educação é o maior patrimônio a ser alcançado.

AGRADECIMENTOS

A realização de um mestrado em meio às demandas de uma extensa carga de trabalho junto às demais obrigações de mãe, companheira e filha, tornaram o processo ainda mais desafiador. Entretanto, na caminhada, a motivação, o apoio e o encorajamento recebidos foram de extrema valia.

Agradeço a todos os professores participantes do MNPEF polo 24, em especial ao meu orientador Alysson, pelo suporte acadêmico, parceria e incentivo, que foram essenciais, em todos os instantes dessa jornada.

As amizades construídas ao longo desse mestrado serão laços duradouros. Deixo também meus agradecimentos a todos os colegas da turma de 2022, que fizeram com que nossos encontros semanais fossem mais leves e divertidos.

À minha família devo o amparo, o estímulo e o carinho, presentes em todos os momentos. Agradeço pela confiança e encorajamento sempre presentes. Essa conquista é de vocês também.

Aos alunos envolvidos deixo meus sinceros agradecimentos, foram essenciais na realização desse trabalho.

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

RESUMO

O objetivo central deste trabalho é apresentar uma sequência didática (SD) que aborde a potência elétrica de circuitos resistivos de uma forma inovadora, incentivando a criticidade e a capacidade argumentativa dos estudantes. Esse tema foi escolhido, uma vez que a maioria dos materiais didáticos ao abordarem tal conteúdo, o apresentam de forma rasa, com pouca ou nenhuma sugestão de atividades práticas, priorizando a memorização de fórmulas, em detrimento de uma real compreensão dos conceitos físicos envolvidos. Sendo assim, a fim de promover uma participação ativa e engajada dos estudantes, a SD foi estruturada com base na metodologia POE, que é fundamentada na previsão, na observação e na explicação de determinados fenômenos. Para isso, foram utilizadas três atividades experimentais, sendo duas delas inéditas, um simulador computacional e uma sequência de questões investigativas. Os experimentos mostraram-se atraentes na captação da atenção dos estudantes, que se manifestaram dispostos a participar e interagir ao longo das aulas. As respostas dadas por eles, ao longo da aplicação da SD, foram analisadas e agrupadas de acordo com as semelhanças estruturais apresentadas. Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que o presente trabalho se apresenta como uma ferramenta eficaz na construção do conhecimento científico e na resignificação de concepções equivocadas, apresentadas pelos estudantes, sobre circuitos resistivos.

Palavras-chave: Ensino de Física. Ensino por investigação. Metodologia POE. Potência elétrica. Circuitos resistivos.

ABSTRACT

The central objective of this work is to present an inquiry-based teaching sequence that addresses the electrical power of resistive circuits in an innovative way, encouraging students' critical thinking and argumentative skills. This topic was chosen because most educational materials addressing such content do so superficially, with little or no suggestion of practical activities, prioritizing the memorization of formulas over a real understanding of the involved physical concepts. Therefore, in order to promote active and engaged participation from students, the inquiry-based teaching sequence was structured based on the POE methodology, which is grounded in the prediction, observation, and explanation of certain phenomena. For this purpose, three experimental activities were used, two of which were original, along with a computer simulator and a sequence of investigative questions. The experiments proved to be attractive in capturing students' attention, as they showed willingness to participate and interact throughout the classes. The responses given by them during the application of the inquiry-based teaching sequence were analyzed and grouped according to the presented structural similarities. Based on the results obtained, it was possible to conclude that this work serves as an effective tool in constructing scientific knowledge and redefining misconceptions presented by students about resistive circuits.

Keywords: Physics Education. Inquiry-Based Teaching. POE Methodology. Electrical Power. Resistive Circuits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração dos elétrons livres em um fio condutor.	20
Figura 2 - Fio condutor ligado a uma fonte de tensão.	22
Figura 3 - Gráfico da relação entre corrente e tensão: (a) condutor ôhmico e (b) não ôhmico.	24
Figura 4 - Resistividade do cobre em função da temperatura.	25
Figura 5 - Variação da resistividade em função da temperatura absoluta.	26
Figura 6 - Condutor com seção reta uniforme.	27
Figura 7 - Resistor sensor LDR.	28
Figura 8 - Resistor de fio.	29
Figura 9 - Resistor de filme de carbono.	29
Figura 10 - Resistor de carbono e suas faixas de cores.	30
Figura 11 - Circuito elétrico com bateria e reostato.	31
Figura 12 - Circuito com LED e potenciômetro.	32
Figura 13 - Circuito com um componente não especificado.	32
Figura 14 – (a) Grafite ligado à fonte de tensão. (b) Grafite incandescente.	44
Figura 15 - Interface do simulador: Circuito - resistor - bateria.	45
Figura 16 - Experimento com resistores.	45
Figura 17 - Gráfico temperatura em função do tempo: (a) resistor de menor comprimento. (b) resistor de maior comprimento.	46
Figura 18 - Experimento com lâmpada dimerizável.	46
Figura 19 - Experimento com grafite: (a) grafite inteiro. (b) uma parte do grafite.	47
Figura 20 - Grafite ligado a uma fonte de tensão.	54
Figura 21 - Distribuição por grupos das respostas da questão 1.	55
Figura 22 - Resposta de um aluno do grupo 1.	55
Figura 23 - Resposta de um aluno do grupo 2.	56
Figura 24 - Resposta de um aluno do grupo 3.	56
Figura 25 - Distribuição por grupos das respostas da questão 3.	57
Figura 26 - Resposta à questão 3 por aluno do grupo 1.	57
Figura 27 - Resposta à questão 3 por aluno do grupo 2.	58
Figura 28 – Resposta à questão 3 por aluno do grupo 3.	58
Figura 29 - Distribuição por grupos das respostas da questão 4.	59
Figura 30 - Resposta à questão 4 por aluno do grupo 1.	60
Figura 31 - Resposta à questão 4 por outro aluno do grupo 1.	60

Figura 32 - Resposta à questão 4 por aluno do grupo 2.	61
Figura 33 - Resposta à questão 4 por aluno do grupo 3.	61
Figura 34 - Planilha preenchida por um aluno.	62
Figura 35 - Estratégias elaboradas por um aluno.	62
Figura 36 - Experimento dos resistores de chuveiro.	63
Figura 37 - Gráficos do experimento dos resistores de chuveiro sendo apresentados.	63
Figura 38 – Distribuição por grupos das respostas da questão 1A.	64
Figura 39 – Distribuição por grupos das respostas da questão 1B.	65
Figura 40 – Resposta de um aluno do grupo 1 para a questão 1B.	65
Figura 41 – Resposta de um aluno do grupo 2 para a questão 1B.	66
Figura 42 - Modelo explicativo reformulado de um aluno.	66
Figura 43 – Estudantes manipulando a lâmpada dimerizável.	67
Figura 44 – Tabela preenchida por um dos grupos.	67
Figura 45 - Resposta de um grupo de alunos para a questão 1.	68
Figura 46 - Distribuição por grupos das respostas da questão 1.	69
Figura 47 - Resposta de um aluno do grupo 1 para a questão 1.	69
Figura 48 - Resposta de um aluno do grupo 2 para a questão 1.	69
Figura 49 - Distribuição por grupos das respostas da questão 3B.	70
Figura 50 - Distribuição por grupos das respostas da questão 4.	71
Figura 51 - Resposta da questão 4 elaborada por um aluno do grupo 1.	72
Figura 52 - Resposta da questão 4 elaborada por outro aluno do grupo 1.	72
Figura 53 - Resposta da questão 4 elaborada por um aluno do grupo 2.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores da resistividade e do coeficiente de temperatura a 20°C.....	26
Tabela 2 - Código de cores para resistores.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estrutura da SD.	47
----------------------------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. CONCEITOS DE ELETRICIDADE ABORDADOS	20
2.1. Circuitos resistivos	20
2.2. Corrente elétrica	20
2.2.1. Intensidade da corrente elétrica	21
2.2.2. Densidade da corrente elétrica	21
2.3. Resistência elétrica e lei de Ohm	22
2.3.2. Condutividade elétrica	27
2.3.3. Resistores	28
2.4. Potência elétrica	32
2.5. Efeito Joule.....	33
2.6. Energia elétrica.....	34
3. REFERENCIAIS METODOLÓGICOS	36
4. O PRODUTO EDUCACIONAL.....	44
4.1. Os experimentos didáticos propostos.....	44
4.2. A sequência didática	47
4.2.1. Descrição da aula 1	48
Momento 1: atividade experimental do grafite inteiro ligado à fonte de tensão ..	48
Momento 2: experimento com simulador computacional	48
Momento 3: proposta de atividade de pesquisa extra classe	49
4.2.2. Descrição da aula 2	49
4.2.3. Descrição da aula 3	50
4.2.4. Descrição da aula 4	51
Momento 1: retomada do experimento do grafite	51
Momento 2: retomada do experimento dos resistores de chuveiro	52
Momento 3: entrega da atividade de pesquisa extra classe	52
5. APLICAÇÃO DO PRODUTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	53

5.1. Contexto e parâmetros para avaliação da aplicação da sequência didática	53
5.2. Atividades aplicadas na primeira aula.....	54
5.2.1. Primeira atividade: experimento do grafite	54
5.2.2. Segunda atividade: pesquisa extra classe.....	62
5.3. Atividades aplicadas na segunda aula	63
5.3.1. Primeira atividade: experimento com resistores de chuveiro	63
5.4. Atividades aplicadas na terceira aula	67
5.5. Atividades aplicadas na quarta aula	68
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE A – MANUAL DO PRODUTO EDUCACIONAL	79

1. INTRODUÇÃO

O ensino de física requer disposição para o enfrentamento de alguns desafios, principalmente na educação pública, visto que o sistema educacional brasileiro tem enfrentado dificuldades crônicas de financiamento, resultando na falta de recursos para infraestrutura e materiais didáticos adequados, entre outros embaraços.

Além disso, para muitos estudantes, a física é vista como uma disciplina difícil e abstrata, levando à falta de interesse em estudá-la. A carência de conexão entre os conceitos físicos e sua aplicação prática no cotidiano também contribui para essa desmotivação. Ademais, muitas vezes, as aulas são baseadas em métodos tradicionais de ensino, sendo puramente expositivas, com pouca ou nenhuma atividade prática, podendo tornar o aprendizado menos atrativo e eficaz, especialmente para os estudantes mais visualmente orientados.

Superar esses desafios requer, entre outras medidas, o desenvolvimento de metodologias de ensino mais eficazes e maior integração entre teoria e prática dos conteúdos abordados, o que é proposto pelo novo ensino médio e evidenciado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na qual destaca-se que o ensino de física deve se adaptar às mudanças no currículo e nas abordagens pedagógicas, visando proporcionar uma educação mais contextualizada e significativa, buscando relacionar os conceitos físicos com situações do cotidiano, problemas reais e desafios atuais, a fim de tornar o aprendizado mais relevante e significativo. De acordo com a BNCC, dentre outras competências essenciais a serem desenvolvidas, o estudante deve ser capaz de:

“...construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.” (BRASIL, 2018)

Por isso, torna-se importante não apenas transmitir conhecimento teórico, mas também proporcionar aos estudantes experiências práticas que os ajudem a compreender e aplicar esse conhecimento na vida real, integrando teoria e prática.

Dos vários conteúdos abordados na física, destacamos aqueles relacionados à potência elétrica de circuitos resistivos, uma vez que a abstração desse conceito e sua aplicação prática, muitas vezes, representam barreiras para a compreensão dos estudantes. Embora esse assunto esteja presente no currículo do ensino de física na educação básica, não encontramos em nossa

pesquisa bibliográfica, realizada nos livros textos e periódicos, experimentos que abordassem essa temática, sendo apresentada apenas de forma teórica e sucinta. Dessa forma, surgiu a motivação de explorar tal assunto, em turmas do ensino médio, através de uma metodologia ativa composta por experimentos, simulação e questões investigativas.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma sequência didática para o ensino de potência elétrica, incentivando o senso crítico e a capacidade de argumentação, proporcionando assim uma participação ativa dos estudantes em seu processo de ensino-aprendizagem e contribuindo para uma aprendizagem de física desapegada de memorização de equações.

Os objetivos específicos incluem: contribuir para a compreensão do efeito Joule, desenvolver atividades experimentais para o ensino de potência elétrica em circuitos resistivos, promover uma compreensão tanto qualitativa quanto quantitativa da relação entre potência elétrica dissipada, resistência do resistor e corrente elétrica que o percorre, e distinguir os conceitos de potência e energia elétrica.

Desse modo, foi desenvolvido um experimento com dois resistores de chuveiro ligados a uma fonte de tensão, no qual em um dos resistores a corrente elétrica percorria toda sua extensão, e em outro, apenas parte de seu comprimento. A temperatura da água foi monitorada pelo sensor de temperatura DS18B20 conectado à plataforma arduino. Os estudantes foram solicitados a fazer previsões sobre em qual situação a água iria se aquecer mais rapidamente. A fim de fornecer subsídios aos estudantes, para a melhor compreensão do conceito de potência elétrica envolvido no experimento com os resistores de chuveiro, foram desenvolvidas outras atividades experimentais, como a prática do grafite ligado a uma fonte de tensão, em que se observa sua incandescência produzida pelo efeito Joule, e a prática da lâmpada dimerizável, na qual é possível determinar sua potência elétrica através das medidas de tensão e corrente sobre a lâmpada. Com o objetivo de reificar os conceitos mais abstratos sobre o aquecimento produzido pelo efeito Joule, utilizou-se também uma atividade de simulação computacional com o simulador Circuito Resistor-Bateria da plataforma PHET Colorado.

Será proposta, nessa dissertação, uma abordagem para o ensino de potência elétrica em circuitos resistivos utilizando uma metodologia construtivista, cujo objetivo é tornar o processo de aprendizagem mais cativante, expressivo e acessível aos estudantes. Nesse contexto, foi escolhida a metodologia POE (predizer – observar – explicar) por tratar-se de uma abordagem pedagógica que destaca a aprendizagem ativa e a realização de experimentos, e, por ser flexível, pode ser adaptada a diferentes contextos educacionais e temas de estudo, pois envolve os estudantes em atividades práticas, desafiando-os a pensarem criticamente, encorajando-os a construir seu próprio conhecimento através da investigação científica.

Ao longo da sequência didática desenvolvida, as previsões dos estudantes serviram como ponto de partida para a investigação, sendo fundamentais para estimular a curiosidade e o engajamento com o tema, incentivando-os a refletirem sobre o que já sabiam e a gerarem hipóteses sobre o que esperavam observar durante os experimentos.

Na fase da observação, os experimentos foram apreciados ou realizados de forma ativa pelos estudantes, que colheram dados e medidas ou observaram os fenômenos propostos. Com isso, foi proporcionada uma investigação prática, permitindo que os educandos adquirissem experiência direta com o objeto de estudo, desenvolvendo habilidades de observação e análise.

No momento da explicação, os estudantes interpretaram e analisaram os fenômenos observados durante a fase anterior e compararam com suas previsões iniciais, formulando explicações científicas para os resultados obtidos. Nessa etapa foram estimulados a desenvolverem argumentos baseados em evidências, e a comunicarem suas conclusões de maneira objetiva, refinando o entendimento sobre o fenômeno em estudo.

As respostas dadas pelos estudantes ao longo da realização das atividades experimentais, juntamente com o engajamento e a participação percebidos, forneceram indícios que houve melhora significativa sobre a compreensão dos conceitos físicos abordados. Inicialmente, muitos estudantes apresentaram concepções errôneas baseadas no senso comum, mas após a execução da sequência didática verificou-se um aumento substancial na porcentagem de respostas corretas. Em particular, o uso do simulador elevou as explicações corretas no experimento do grafite, enquanto as atividades de analogia ponte corrigiram equívocos e aprimoraram a compreensão sobre os resistores de chuva.

Portanto, verifica-se que este trabalho apresentou resultados satisfatórios e relevantes para a melhoria do ensino de potência elétrica, mostrando-se capaz de tornar o ensino desse conteúdo mais dinâmico, interessante e interativo, despertando nos estudantes o interesse e a participação ativa no processo de aprendizagem. Esperamos que este recurso seja acessível e de fácil aplicação para todos os professores que desejarem utilizá-lo.

Estruturamos essa dissertação da seguinte forma:

No capítulo 2 apresentaremos os conceitos de eletricidade que foram basilares na elaboração deste trabalho.

No capítulo 3 será abordado o referencial metodológico utilizado na construção da SD.

No capítulo 4 serão descritas as etapas da elaboração dos experimentos, assim como as questões investigativas utilizadas.

No capítulo 5 a aplicação da SD será descrita e os dados obtidos analisados.

No capítulo 6 apresentaremos as conclusões referentes à aplicação e ao desenvolvimento deste trabalho.

2. CONCEITOS DE ELETRICIDADE ABORDADOS

2.1. Circuitos resistivos

O mundo moderno é cercado pela utilização de dispositivos elétricos e eletrônicos, e, em tais equipamentos, encontram-se muitos elementos como indutores, capacitores e resistores elétricos. Cada qual com sua funcionalidade.

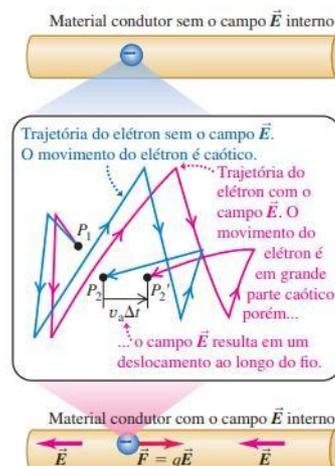
Nesse contexto, os circuitos resistivos são, portanto, configurações elétricas que incorporam resistores como componentes principais. Os resistores, dispositivos passivos que limitam o fluxo de corrente elétrica, desempenham um papel crucial na regulação e no controle das características elétricas dos circuitos, assim como na tensão elétrica em seus componentes. Essa categoria de circuito é essencial para uma variedade de aplicações, desde a eletrônica básica até sistemas elétricos mais complexos.

Cabe destacar que certos tipos de resistores são projetados para converter energia elétrica em energia térmica, fornecendo aquecimento controlado em uma variedade de contextos. Essa característica é comumente usada em várias aplicações, como em aquecedores, ferros, fornos elétricos, secadores de cabelo e ferros de solda, entre outros dispositivos.

2.2. Corrente elétrica

Em um fio condutor metálico, seus elétrons livres encontram-se em um movimento desordenado, como ilustrado na figura 1. Entretanto, se as extremidades do fio forem ligadas aos terminais de uma bateria, estabelecer-se-á um campo elétrico \vec{E} ao longo do fio. Conseqüentemente, os elétrons livres ficarão sujeitos à ação de uma força elétrica e entrarão em um movimento ordenado, deslocando-se em um mesmo sentido.

Figura 1 - Ilustração dos elétrons livres em um fio condutor.



Fonte: (YOUNG, 2015).

Esse fluxo de elétrons ao longo do condutor é denominado de corrente elétrica, que representaremos por i .

2.2.1. Intensidade da corrente elétrica

Vamos considerar um condutor de comprimento L e área de seção transversal A . A intensidade da corrente elétrica, contínua, i , que flui através deste condutor, pode ser definida como a quantidade de carga elétrica Δq que passa por essa área A em um intervalo de tempo Δt . (DAVID HALLIDAY, 2016). Logo

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (1)$$

A unidade de tal grandeza, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (S.I.) é o ampère¹ (A) definido como

$$1A = \frac{1C}{1s},$$

em que, em uma corrente de 1A, a seção transversal do fio é atravessada por 1C de carga em 1s, ou seja, $6,2 \cdot 10^{18}$ elétrons a cada segundo (NUSSENZVEIG, 2015).

Se a taxa de variação do fluxo de carga não for constante com o tempo, então

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (2)$$

Logo, a carga que passa pelo condutor em um intervalo de 0 a t pode ser expressa por

$$q = \int_0^t dq = \int_0^t i \cdot dt. \quad (3)$$

Comumente, em um condutor, podem existir diferentes tipos de carga que se movem, como elétrons ou íons, e nesse caso a corrente total será a soma das correntes resultantes dos diversos tipos de cargas.

2.2.2. Densidade da corrente elétrica

A corrente elétrica é uma característica macroscópica de um condutor. Entretanto, microscopicamente, relaciona-se a ela a densidade de corrente, representada por J , que descreve o fluxo de cargas através de uma unidade de área em um ponto qualquer do condutor.

¹ O nome é em homenagem ao físico francês André Marie Ampère (1775 – 1836) que realizou significativas contribuições para o eletromagnetismo no século XIX.

Para cada elemento de área dA , da seção reta do condutor, o módulo da corrente elétrica que o atravessa é dado por $J \cdot dA$. Dessa forma, o módulo da corrente elétrica total que atravessa a superfície do condutor pode ser expresso por (DAVID HALLIDAY, 2016)

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}. \quad (4)$$

Se em um condutor de área da seção transversal A a corrente elétrica estiver distribuída uniformemente, o módulo da densidade de corrente para todos os pontos dessa seção será dado por

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

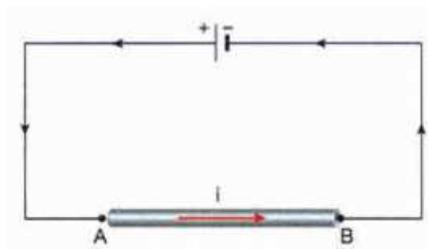
A unidade de densidade de corrente elétrica no sistema internacional é definida como ampère por metro ao quadrado.

Cabe destacar que a densidade de corrente é um vetor que descreve o sentido em que as cargas elétricas fluem em determinado ponto. Já a corrente elétrica descreve como tais cargas fluem através do condutor (YOUNG, 2015).

2.3. Resistência elétrica e lei de Ohm

Seja um condutor cujos extremos AB estejam ligados a uma bateria (figura 2). Devido à diferença de potencial estabelecida, uma corrente elétrica o percorrerá. Entretanto, uma vez que o condutor é constituído por átomos e moléculas, haverá colisões entre tais partículas e os elétrons ou íons que constituem a corrente, surgindo, portanto, uma oposição à passagem da corrente elétrica. Essa oposição é definida como resistência elétrica, que representaremos por R .

Figura 2 - Fio condutor ligado a uma fonte de tensão.



Fonte: (BEATRIZ ALVARENGA, 2006).

O físico alemão Georg Simon Ohm², na primeira metade do século XIX, analisou experimentalmente a relação entre a diferença de potencial V aplicada aos extremos de um condutor e a respectiva corrente elétrica i que o percorria, verificando uma relação de proporcionalidade entre tais grandezas (V e i). Essa razão, denominada de lei de Ohm, define a resistência elétrica do condutor como (YOUNG, 2015)

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

Sendo V (volt) e A (ampère) as unidades respectivas de diferença de potencial e corrente elétrica, a unidade da resistência elétrica será o Ω (ohm) em homenagem a George Ohm. Assim

$$\frac{1V}{1A} = 1\Omega.$$

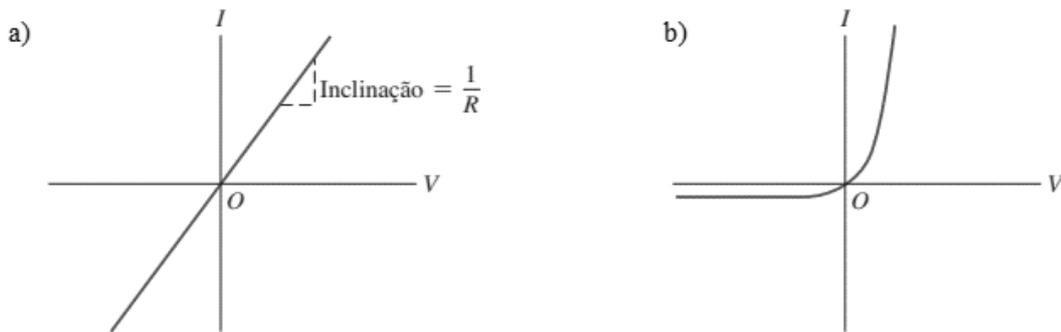
Para alguns condutores, à medida que se altera a tensão V aplicada aos seus extremos, a corrente elétrica i percorrida é tal que a relação V/i mantém-se constante, ou seja, a resistência elétrica não varia, isto é

$$\frac{V_1}{i_1} = \frac{V_2}{i_2} = \frac{V_3}{i_3} \dots = \frac{V_n}{i_n} = R. \quad (7)$$

Portanto, sendo a resistência elétrica constante, tal condutor será considerado ôhmico, uma vez que a corrente i é proporcional à tensão V , conforme figura 3a. Caso contrário, não existindo a proporcionalidade entre V e i , o condutor será considerado não ôhmico (figura 3b), que é o que ocorre com os diodos semicondutores, por exemplo.

² George Simon Ohm (1787 – 1854) nasceu na Bavária. Em 1827 publicou o resultado de seu trabalho “O circuito galvânico examinado matematicamente” em que apresentava a lei sobre a resistência dos condutores, que mais tarde foi denominada lei de Ohm. Seus estudos foram uma importante colaboração para a teoria dos circuitos elétricos, tendo sido, posteriormente, agraciado com uma medalha da Real Sociedade de Londres. (BEATRIZ ALVARENGA, 2006, p.117)

Figura 3 - Gráfico da relação entre corrente e tensão: (a) condutor ôhmico e (b) não ôhmico.



Fonte: (YOUNG, 2015).

Embora seja chamada de “lei”, podendo induzir que todos os condutores, obrigatoriamente, devam obedecê-la, cabe destacar que apenas alguns condutores mantêm sua resistência constante para diferentes valores de tensão e corrente. Sendo assim, é importante destacar que a resistência elétrica de um condutor, ôhmico ou não, será sempre a relação entre a tensão aplicada e a respectiva corrente elétrica, ou seja, $V = R \cdot i$.

Em síntese, todos os materiais homogêneos, sejam eles condutores como o cobre ou semicondutores como o silício, puro ou dopado com impurezas, obedecem à lei de Ohm dentro de uma faixa de valores do campo elétrico aplicado. Para valores elevados do campo elétrico, porém, sempre são observados desvios em relação a essa lei (DAVID HALLIDAY, 2016).

2.3.1. Resistividade elétrica

Cada material oferece, de forma particular, certa dificuldade à passagem de corrente elétrica. A esse comportamento atribui-se a grandeza resistividade elétrica, que representaremos por ρ .

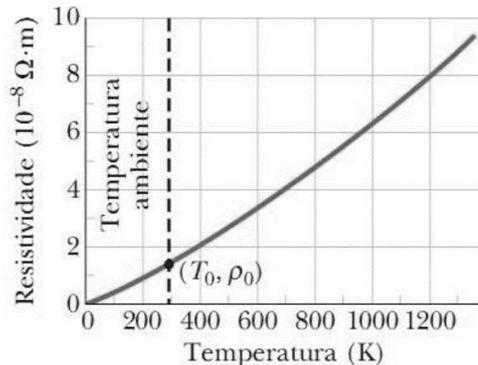
Em um condutor, a densidade de corrente \vec{J} depende do campo elétrico \vec{E} e das propriedades do material. Em geral, essa relação é complexa. Todavia, para certos materiais como os metais, podemos considerar que \vec{J} é diretamente proporcional ao \vec{E} (campo elétrico). Portanto, a razão entre os módulos de J e E permanece constante. Com isso, a resistividade de um material metálico condutor pode ser definida como, (YOUNG, 2015)

$$\rho = \frac{E}{J}. \quad (7)$$

A unidade no SI é definida como $\Omega \cdot m$.

Normalmente, os materiais ao serem aquecidos aumentam o nível de agitação das partículas que os constituem e com isso intensifica-se a oposição oferecida à passagem de corrente elétrica (figura 4).

Figura 4 - Resistividade do cobre em função da temperatura.



Fonte: (DAVID HALLIDAY, 2016).

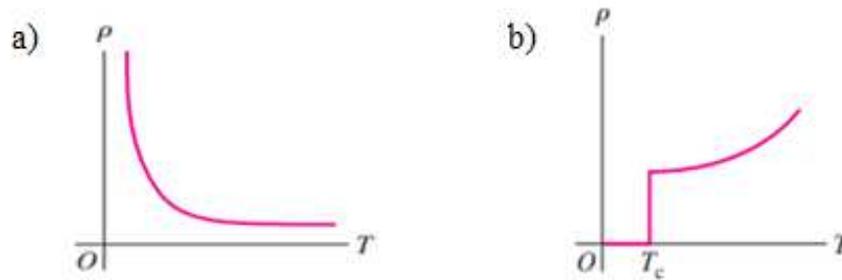
Logo, de forma geral, a resistividade de um condutor metálico aumenta com o aquecimento, aproximadamente de acordo com a equação (8) (DAVID HALLIDAY, 2016)

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T), \quad (8)$$

em que ρ é a resistividade do material a uma temperatura final T após o aquecimento, e ρ_0 é a resistividade do material a uma certa temperatura inicial T_0 . A constante α é chamada de coeficiente de temperatura da resistividade e, geralmente, é positiva para metais. Contudo, para materiais não metálicos, como o grafite, a resistividade diminui à medida que a temperatura aumenta, uma vez que, com o aquecimento, mais elétrons se desprendem dos átomos adquirindo maior mobilidade, o que resulta em um coeficiente de resistividade negativo ($\alpha_{\text{grafite}} = -5 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$). O mesmo tipo de comportamento ocorre para materiais semicondutores (figura 5a) (NUSSENZVEIG, 2015; YOUNG, 2015).

Nos materiais semicondutores, a resistividade ρ diminui à medida que a temperatura T aumenta (figura 5a). Já, nos materiais que experimentam o fenômeno da supercondutividade (incluindo metais, ligas metálicas e óxidos), à proporção que a temperatura diminui, a resistividade cai, no início, lentamente, como em qualquer metal (figura 5b). Porém, para uma certa temperatura crítica T_c , ocorre uma transição de fase, e a resistividade diminui bruscamente (YOUNG, 2015).

Figura 5 - Variação da resistividade em função da temperatura absoluta.



Fonte: (YOUNG, 2015).

A resistividade varia por muitas ordens de grandeza conforme a natureza do material (tabela 1), sendo casos extremos os bons condutores, como o cobre, e isolantes como o quartzo, cujas resistividades diferem por fatores $> 10^{20}$ (NUSSENZVEIG, 2015).

Tabela 1 - Valores da resistividade e do coeficiente de temperatura a 20°C.

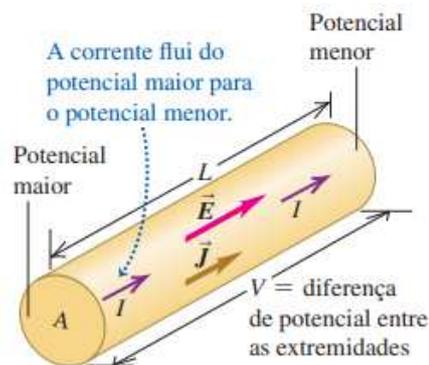
	Material	ρ ($\Omega \cdot m$)	α ($^{\circ}C^{-1}$)
Metais	Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Prata	$1,6 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Ferro	10×10^{-8}	$\sim 5 \text{ a } 6 \times 10^{-3}$
	Chumbo	22×10^{-8}	$\sim 4 \times 10^{-3}$
Semicondutores	Silício puro	$\sim 3 \times 10^{-3}$	$\sim - 7 \times 10^{-2}$
	Germânio	~ 10	$\sim - 5 \times 10^{-2}$
Isolantes	Vidro	$\sim 10 \text{ a } 10^{14}$	
	Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$	
	Papel	$\sim 10^{12} \text{ a } 10^{16}$	
	Borracha dura	$\sim 10^{16}$	

Fonte: (NUSSENZVEIG, 2015).

Como já mencionado, a resistência elétrica (R) é uma propriedade de um componente elétrico, enquanto a resistividade (ρ) é uma característica inerente ao material. Contudo, mesmo sendo grandezas distintas, é possível relacioná-las.

Para isso, consideremos, novamente, um fio condutor de comprimento L e área da seção reta A uniforme (figura 6). Em seus extremos uma diferença de potencial V é estabelecida. Adotando que a área da seção reta, A , e o módulo da densidade de corrente, J , sejam uniformes, o módulo do campo elétrico será constante ao longo do comprimento do condutor (YOUNG, 2015).

Figura 6 - Condutor com seção reta uniforme.



Fonte: (YOUNG, 2015).

Como, ao longo do condutor, o módulo de \vec{E} é constante, teremos que (YOUNG, 2015)

$$E = \frac{V}{L}. \quad (9)$$

Substituindo as equações (5) e (9) na equação (7), encontramos.

$$\rho = \frac{V \cdot A}{i \cdot L}. \quad (10)$$

Substituindo a equação (6) na equação (10), temos

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}. \quad (11)$$

Essa equação (11) demonstra a relação entre o valor da resistência elétrica e as dimensões do condutor. Para condutores feitos de mesmo material e idênticas áreas de seções transversais, quanto maior o comprimento, maior será a resistência elétrica. Já para condutores de comprimentos iguais, quanto maior a área, menor será a resistência elétrica.

2.3.2. Condutividade elétrica

Assim como os materiais possuem a resistividade elétrica, podemos considerar o inverso dessa grandeza, ou seja, a condutividade elétrica σ , definida por (DAVID HALLIDAY, 2016)

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

cuja unidade no S.I. é $(\Omega \cdot m)^{-1}$.

A condutividade elétrica é, portanto, uma propriedade dos materiais, que descreve sua capacidade de conduzir corrente elétrica. Ela é influenciada pela presença e mobilidade de portadores de carga elétrica, como elétrons ou íons.

Materiais condutores, como os metais, têm uma alta condutividade, permitindo que a corrente elétrica flua facilmente, enquanto materiais isolantes, como a borracha, têm uma baixa condutividade, o que significa que dificultam a passagem da corrente elétrica.

2.3.3. Resistores

Em um circuito elétrico estão presentes vários dispositivos, como fios, baterias e resistores, cada um exercendo uma função específica. Nesse cenário, os resistores são elementos cuja função, entre outras, é limitar ou controlar a corrente que flui através do circuito e transformar energia elétrica em energia térmica. Tais dispositivos são amplamente utilizados em eletrônica para diversos propósitos, como dividir tensão, limitar corrente, ajustar níveis de sinal e também proteger componentes sensíveis.

Atualmente existem vários tipos de resistores como os LDR (light dependent resistor - resistor dependente de luz), os de fio, os de carbono, os de filme metálico, entre outros.

Os resistores LDR, também conhecidos como fotorresistores ou células fotocondutoras (figura 7) são dispositivos que têm a resistência elétrica alterada pela intensidade da luz incidente. Eles são sensíveis à luz e, portanto, podem ser utilizados em diversos circuitos para detectar ou medir a presença de luz.

Figura 7 - Resistor sensor LDR.



Fonte: Disponível em: <<https://eletronicaparatodos.com/como-ligar-um-led-utilizando-sensor-ldr-fotorresistor-com-arduino>>. Acesso em 30 de dez de 2023.

Os resistores de fio consistem, basicamente, em um pedaço de fio, composto por ligas metálicas, enrolado sobre um suporte isolante, na forma de espiral (figura 8). São bastante utilizados em chuveiros, aquecedores e ferros elétricos, dentre outros equipamentos. Em geral, esses tipos de resistores possuem baixos valores de resistências e, portanto, dissipam altas quantidades de energia.

Figura 8 - Resistor de fio.



Fonte: Disponível em: <<https://engenharia360.com/como-funciona-a-resistencia-de-chuveiro>>. Acesso em 30 de dez de 2023.

Já os resistores de filme de carbono ou carvão (figura 9), baseiam-se em um suporte isolante coberto de fina camada de carvão com dois terminais metálicos. Trata-se de um cilindro de porcelana revestido por uma película de carbono. A determinação do valor de resistência ocorre por meio da criação de um sulco (corte), que transforma a película em uma fita helicoidal. O valor da resistência pode variar de acordo com a espessura do filme e a largura da fita formada.

Figura 9 - Resistor de filme de carbono.



Fonte: Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/resistores-fixos>>. Acesso em 30 de dez de 2023.

Em resistores de filme metálico, a estrutura assemelha-se à dos resistores de filme de carbono, exceto pelo uso de uma liga metálica (níquel-cromo) na formação da película. Isso resulta em valores de resistência mais precisos e também apresentam uma dissipação de calor aprimorada, permitindo potências superiores aos resistores de filme de carbono.

A seguir algumas características e conceitos associados aos resistores:

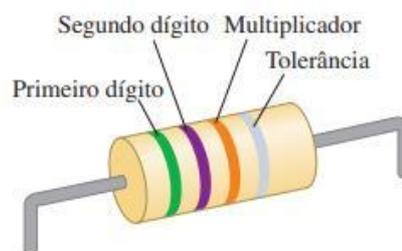
a) *Símbolo*: Ao longo deste trabalho usaremos o símbolo $\text{---}\text{W}\text{---}$ para identificar os resistores presentes nos circuitos elétricos.

b) *Valor da Resistência*: é medido em ohms (Ω).

Os resistores podem ter valores que variam de frações de ohms a muitos megaohms.

Os resistores de carbono têm o valor nominal de sua resistência indicado pelas faixas de cores no seu corpo, assim como a tolerância permitida. Para isso, usa-se um código padrão de três ou quatro faixas coloridas próximo de uma das extremidades (figura 10), seguindo a convenção indicada na tabela 2. As duas primeiras faixas (começando com a faixa mais próxima de uma das extremidades) indicam dígitos, e a terceira faixa mostra o fator de multiplicação em potência de 10. A quarta faixa, quando existe, indica a tolerância no erro percentual do valor da resistência; quando não há nenhuma faixa, a tolerância é de $\pm 20\%$; para uma faixa prateada, é de $\pm 10\%$ e, para uma faixa dourada, é de $\pm 5\%$.

Figura 10 - Resistor de carbono e suas faixas de cores.



Fonte: (YOUNG, 2015).

Tabela 2 - Código de cores para resistores.

Cor	Valor do dígito	Valor do Multiplicador
Preta	0	1
Marrom	1	10
Vermelha	2	10^2
Laranja	3	10^3
Amarela	4	10^4
Verde	5	10^5
Azul	6	10^6
Violeta	7	10^7
Cinza	8	10^8
Branca	9	10^9

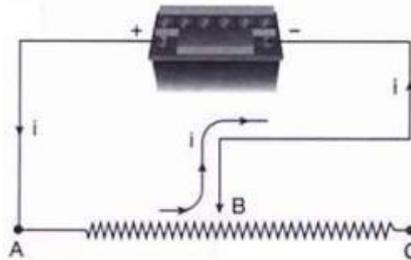
Fonte: (YOUNG, 2015).

c) *Resistores fixos e variáveis*: os fixos têm um valor de resistência constante. Já, os variáveis, também chamados de potenciômetros ou reostatos, permitem que a resistência seja ajustada dentro de um intervalo específico.

Reostatos são dispositivos usados para controlar a corrente elétrica em um circuito, permitindo ajustar a quantidade de resistência que estará presente em um determinado trecho. É frequentemente usado em situações em que a corrente precisa ser ajustada, como em dispositivos de aquecimento. A resistência varia de maneira linear ou não linear, dependendo do design específico. Por estarem relacionados ao controle de corrente, os reostatos, podem dissipar mais energia, gerando calor.

Na figura 11 é representado um tipo comum de reostato, constituído por um fio AC de resistência considerável e um cursor B que pode ser deslocado ao longo do fio, estabelecendo contato em qualquer ponto entre A e C . Com isso, é possível aumentar ou diminuir a intensidade da corrente elétrica no circuito (BEATRIZ ALVARENGA, 2006).

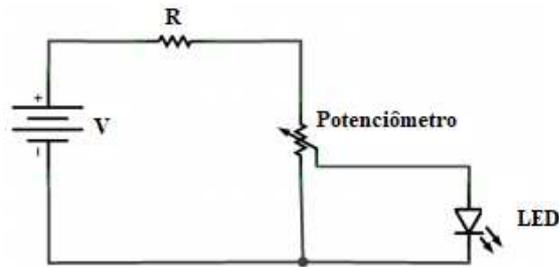
Figura 11 - Circuito elétrico com bateria e reostato.



Fonte: (BEATRIZ ALVARENGA, 2006).

Os potenciômetros apresentam como função principal a divisão de tensão em um circuito, permitindo ajustá-la ao longo de um caminho, sendo útil em diversas aplicações, como no controle de volume ou brilho de lâmpadas (figura 12). Um potenciômetro é uma resistência elétrica de alta precisão, variável e com três terminais acessíveis, sendo um terminal central (o cursor) e dois terminais externos. Ao girar o eixo do potenciômetro, a resistência entre o terminal central e um dos terminais externos aumenta enquanto a resistência entre o terminal central e o outro terminal externo diminui, ou vice-versa, dependendo do tipo de potenciômetro utilizado. O movimento do cursor modifica a divisão da tensão no circuito, permitindo ajustar a voltagem.

Figura 12 - Circuito com LED e potenciômetro.



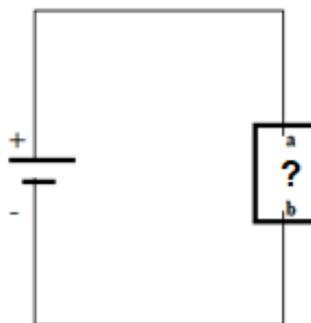
Fonte: Do autor (2024).

2.4. Potência elétrica

No dia a dia são utilizados diversos aparelhos cujo funcionamento ocorre por meio de circuitos elétricos em que há conversão de energia. No funcionamento de um ventilador, por exemplo, a energia elétrica é convertida em energia mecânica, movendo as hélices; em uma lâmpada ocorre transformação da energia elétrica em energia luminosa. Já no secador de cabelos a energia elétrica transforma-se em energia térmica. Ou seja, de forma geral, os aparelhos elétricos são dispositivos que convertem energia elétrica em outras modalidades de energia.

Consideremos um circuito composto por uma bateria ligada por fios de resistência desprezível a um componente não especificado, que pode ser um resistor ou qualquer outro dispositivo elétrico (figura 13). Como a bateria fornece uma diferença de potencial V constante, uma corrente constante i atravessa o circuito.

Figura 13 - Circuito com um componente não especificado.



Fonte: (DAVID HALLIDAY, 2016).

Em um intervalo de tempo dt , a quantidade de carga dq que atravessa o circuito é igual a $i \cdot dt$. Ao completar o circuito, a carga dq tem seu potencial diminuído. Logo, sua energia potencial elétrica (E_{pel}) é reduzida de um valor (DAVID HALLIDAY, 2016)

$$dE_{pel} = V \cdot dq. \quad (13)$$

Substituindo a equação (2) na equação (14), temos que

$$dE_{pel} = V \cdot i \cdot dt. \quad (14)$$

De acordo com a lei de conservação de energia, a redução da energia potencial elétrica no percurso de a a b (no interior do componente elétrico) deve ser acompanhada por uma conversão de energia elétrica para outra forma de energia qualquer.

A potência associada a essa conversão é a taxa de transferência de energia dE_{pel} em um intervalo de tempo, dt , que de acordo com a equação (15) pode ser expressa da forma

$$P = \frac{dE_{pel}}{dt} = \frac{V \cdot i \cdot dt}{dt},$$

resultando em

$$P = i \cdot V, \quad (15)$$

em que, P é a taxa com a qual a energia é transferida da bateria para o componente.

No SI, a unidade de potência elétrica é o watt (W).

A equação (15) se aplica a qualquer dispositivo em um circuito. Em se tratando de um resistor, em que $V = R \cdot i$, tal equação pode ser reescrita como

$$P = Ri^2, \quad (16)$$

ou, então, da seguinte forma

$$P = \frac{V^2}{R}. \quad (17)$$

2.5. Efeito Joule

Se, na figura 13, o componente ligado entre os pontos a e b fosse um motor acoplado, a energia elétrica se transformaria no trabalho realizado para fazê-lo girar. Se o componente fosse uma bateria recarregável, a energia elétrica transformar-se-ia na energia química armazenada

na bateria. Entretanto, sendo o componente um resistor, a energia elétrica será convertida em energia térmica o que tende a provocar um aumento de temperatura no resistor (DAVID HALLIDAY, 2016).

Essa conversão de energia elétrica em calor é conhecida como *efeito Joule* e foi descoberta por James Prescott Joule, físico britânico, no decurso de suas experiências sobre o equivalente mecânico da caloria (NUSSENZVEIG, 2015).

A energia térmica gerada pelo efeito Joule é resultado das colisões entre os elétrons que compõem a corrente elétrica e os átomos do condutor. À medida que os elétrons se movem através do condutor, eles enfrentam resistência ao seu fluxo devido às interações com os átomos, o que gera calor. Esse aquecimento pode ser observado, em diversas situações do cotidiano, como por exemplo, no funcionamento de chuveiros e ferros elétricos; além de ser verificado em fios e condutores ao serem percorridos por corrente.

As expressões (16) e (17) referem-se, portanto, à taxa de dissipação de energia elétrica devido à resistência, ou seja, trata-se da dissipação resistiva. Conhecer esse fenômeno é fundamental, inclusive, na prevenção de acidentes de natureza elétrica.

2.6. Energia elétrica

Outra grandeza relacionada aos aparelhos elétricos é a energia elétrica consumida durante o funcionamento. Como a potência elétrica P está relacionada com a energia E consumida pelo aparelho em um intervalo de tempo Δt , podemos considerar que (RAMALHO JÚNIOR, 2007)

$$P = \frac{E}{\Delta t}. \quad (18)$$

Logo

$$E = P \cdot \Delta t. \quad (19)$$

A unidade de energia elétrica, de acordo com o S.I., é o joule (J). Entretanto, comercialmente, utiliza-se o quilowatt-hora (kWh), em que 1kwh equivale a 3.600.000 J.

Portando, foram apresentados os conceitos de eletricidade abordados ao longo da sequência didática desenvolvida neste trabalho. Os conceitos físicos são dotados de pouca complexidade matemática. Ainda assim, mesmo que o estudante saiba utilizar as equações, isso não implica que o mesmo tenha, de fato, compreendido os fenômenos físicos envolvidos.

Atualmente, existem experimentos e simulações para o ensino de eletricidade. Entretanto, ao realizarmos uma revisão bibliográfica em livros comumente utilizados no ensino médio, foram encontradas poucas sugestões de experimentos envolvendo potência elétrica circuitos resistivos. A maioria das atividades experimentais apresentadas ou propostas referiam-se à associação de resistores, apenas. Também, em nossa revisão bibliográfica, foram encontrados poucos trabalhos referentes à potência elétrica em aparelhos resistivos, nos periódicos especializados em ensino de física.

Portanto, ao longo deste trabalho, espera-se que sejam preenchidas lacunas no que diz respeito ao ensino de potência elétrica. Para isso, será explanada uma sequência didática baseada em uma metodologia investigativa de ensino, a metodologia POE. Nesse processo, utilizaremos experimentos e simulações com o intuito de promover melhoria no ensino deste conteúdo.

3. REFERENCIAIS METODOLÓGICOS

O ensino de física no Brasil é uma área em constante evolução e vem ganhando espaço nos ambientes acadêmicos. A preocupação com novas abordagens de ensino, além de ser pauta de diversas discussões é contemplada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento normativo que estabelece os conhecimentos, competências e habilidades essenciais que todos os estudantes da educação básica devem desenvolver ao longo de sua formação, visando que aprendam a observar, coletar dados, formular hipóteses, realizar experimentos e analisar resultados. Essas habilidades são valiosas em muitos aspectos da vida e em outras disciplinas.

O ensino das ciências da natureza, conforme orientada a BNCC, está presente em todos os níveis educacionais, desde o ensino fundamental até o ensino médio e é crucial para que os estudantes desenvolvam criticidade, pensamento científico, compreensão dos princípios fundamentais da natureza, entre outras habilidades. No ensino fundamental, muitos estudantes são introduzidos aos conceitos básicos da física. No ensino médio, os conceitos são aprimorados e outros mais complexos são apresentados; além, é claro da preparação para concursos e vestibulares.

“(…) a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área.” (BASE NACIONAL CURRICULAR COMUM, 2018)

Entretanto, existem inúmeros desafios para tornar esses conceitos acessíveis e interessantes para os estudantes. Entre tantos, cabe destacar, a falta de recursos adequados para a valorização dos profissionais da educação, salas de aula sem estrutura e abarrotadas de estudantes, assim como a escassez de materiais e equipamentos disponíveis, como computadores, televisores e apetrechos para atividades experimentais. Além disso, é válido salientar que o número de aulas destinadas à disciplina de física vem diminuindo

consideravelmente, chegando em alguns casos críticos, com o advento do novo ensino médio, a não ter nenhuma aula para algumas séries do ensino médio³.

“A carga horária semanal de física que chegou a 6 horas-aula por semana, hoje é de 2 ou menos. Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os estudantes para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar física. (...) Os conteúdos curriculares não vão além da Mecânica Clássica e são abordados da maneira mais tradicional possível, totalmente centrada no professor (...) O resultado desse ensino é que os estudantes, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a Física.” (MOREIRA, 2018).

Nessa conjuntura, o ensino de física sofre impactos diretos, somando-se a isso a dificuldade apresentada, por muitos estudantes, na interpretação dos conceitos apresentados, assim como a reduzida habilidade matemática que demonstram. Além disso, muitas vezes, as aulas de física baseiam-se na resolução de grande número de questões, fazendo com que o estudante se torne um exímio repetidor de fórmulas. Dessa maneira, o ensino converte-se em uma aprendizagem memorística, amparada na memorização das fórmulas e resoluções de questões, sem que seja compreendido, de fato, os fenômenos físicos envolvidos e sua relação com conhecimentos previamente adquiridos; inexistindo, portanto, uma compreensão profunda e integrada do conteúdo. Nesse caso, o conhecimento científico é reduzido a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas (BORGES, 2002).

Além disso, há ainda enraizado o modelo tradicional de ensino em que, basicamente, o professor, personagem principal, transmite a ideia, essencialmente, falando aos estudantes aquilo que presume que os mesmos devam saber. Esse modelo narrativo de ensino prioriza o professor como único detentor do conhecimento, e o estudante, comporta-se como mero expectador, recebendo passivamente as informações, com pouco ou nenhum questionamento.

³ Resolução, SEEDUC/RJ, nº 6035 de 28 de janeiro de 2022.

“A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão. Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante. Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los.” (FREIRE, 2023).

Tal situação se contrapõe à aprendizagem que deveria ser significativa, isto é, integrada de maneira significadora e substancial ao conhecimento prévio do estudante, buscando pela compreensão do significado dos conceitos. Ao promover a compreensão profunda e a aplicação prática do conhecimento, a aprendizagem significativa busca criar uma base sólida para o desenvolvimento contínuo e questionador do aprendizado ao longo da vida.

Como alternativa a isso, desde o século passado, muitos pesquisadores e estudiosos têm buscado encontrar novas formas e estratégias sistemáticas a fim de que o estudante ocupe lugar de destaque no processo de construção do conhecimento, tornando-se protagonista do seu desenvolvimento da aprendizagem. Dessa maneira, várias teorias e metodologias de ensino surgiram como possível solução a esse desafio. Metodologias essas que se encarregam de analisar e propor alternativas para a aprendizagem que envolvam uma construção ativa do conhecimento por parte do estudante, para que não apenas receba informações, mas participe ativamente do processo, tornando a experiência de aprender mais relevante e aplicável à sua vida.

Nesse enquadramento, em vez de ser o detentor exclusivo do conhecimento, o professor, atua como um facilitador do aprendizado. Ele orienta, fornece recursos, define direções e apoia o desenvolvimento das atividades; e, também incentiva a participação ativa dos estudantes, criando oportunidades para discussões, colaboração e engajamento direto com o conteúdo, buscando promover a autonomia dos educandos.

Contudo, na atualidade, com tantos atrativos que disputam a atenção dos jovens, como os smartphones, o professor tem enfrentado outro grande desafio em sala de aula: atrair e manter a atenção dos estudantes. Para isso, especialistas indicam vários recursos; no caso do ensino de

física, especificamente, algumas estratégias mostram-se interessantes para cativar a participação, como a realização de atividades práticas, de experimentos e simulações, já que além de despertar a curiosidade faz com que a aula saia do modelo tradicional, que é basicamente expositiva. Ademais, os estudantes têm oportunidade de verificar, na prática, a ocorrência de determinados fenômenos estudados.

Todavia, sabe-se que muitas escolas são desprovidas de espaços para a realização de experimentos e de aulas práticas. Apesar disso, ainda assim, a prática experimental pode ser incluída por meio de demonstrações na própria sala de aula ou representações com simulações em computador. O importante, além da manipulação e do manuseio de objetos, é o envolvimento com a busca de respostas e soluções para as questões colocadas. É incorreto associar atividades práticas à exigência de um ambiente equipado com dispositivos especiais para a condução de experimentos, pois tais atividades podem ser implementadas em qualquer sala de aula, dispensando a utilização de instrumentos ou equipamentos sofisticados. (BORGES, 2002).

“Nesse sentido, podemos pensar que o núcleo dos métodos ativos (...) não envolve necessariamente atividades típicas de laboratório escolar. (...) Essas atividades apresentam, muitas vezes, vantagens claras sobre o laboratório usual, uma vez que não requerem a simples manipulação, às vezes repetitiva e irrefletida, de objetos concretos, mas de ideias e de representações, com o propósito de comunicar outras ideias e percepções. (BORGES, 2002)

É fato, que o ensino de ciências, no que se inclui o ensino de física, tradicionalmente, concentra-se na memorização de dados, frequentemente considerados como verdades inquestionáveis previamente descobertas pelos cientistas. Como o foco principal recai sobre os resultados já estabelecidos da ciência e no desenvolvimento de habilidades puramente práticas, em que, muitas vezes, é necessário contextualizar o vocabulário formal, a linguagem matemática e outras formas simbólicas, essa abordagem torna mais desafiante para os estudantes compreenderem o papel que diferentes formas de linguagem desempenham na construção dos conceitos científicos. É por isso a necessidade de que sejam aprimoradas condições a fim de que o cotidiano seja problematizado em sala de aula, de modo que a curiosidade natural dos estudantes seja fomentada, de tal forma que surja o incentivo a fazerem perguntas e a explorarem tópicos de maneira mais profunda.

Para isso, uma alternativa que tem se mostrado eficaz é a inserção dos processos investigativos em vez dos conteúdos acabados, nas aulas de física. Os estudantes envolvidos

em atividades de investigação tendem a reter e compreender melhor os conceitos, uma vez que a aprendizagem está ancorada em experiências práticas e na resolução de problemas reais. (CARVALHO, 2022).

Portanto, essa metodologia de ensino, por investigação, pode ser definida como o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sala de aula para os estudantes:

(...) pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido e escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas. (CARVALHO, 2018)

Assim sendo, essa abordagem pedagógica coloca os estudantes no centro do processo de aprendizagem, incentivando a curiosidade, o pensamento crítico e a descoberta ativa do conhecimento, uma vez que são desafiados a formular perguntas e a buscar respostas participando ativamente da resolução de problemas. Com isso, um ambiente educacional dinâmico e envolvente pode ser estimulado. O processo do ensino investigativo transcende a mera transmissão de informações, já que incentiva a construção do conhecimento de maneira contextualizada e aplicada, nutrindo o desenvolvimento de habilidades fundamentais, como o raciocínio crítico e a autonomia intelectual.

Para o sucesso dessa sistemática, a seleção e a elaboração de problemas devem ser compatíveis, pertinentes e significativas para o estudante, e precisam viabilizar a introdução de novos conhecimentos, incluindo conceitos, modelos, leis e teorias da física, que são elementos essenciais para a sua resolução.

"Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído". (BACHELARD, 1977, p. 148, apud DELIZOICOV, 2001)

Os problemas, portanto, não surgem de forma espontânea, sendo necessário que os professores apresentem uma abordagem distinta às situações comuns vivenciadas, corriqueiramente, por seus estudantes.

Nesse contexto, estudos têm mostrado como satisfatório o trabalho desenvolvido em conjunto com a metodologia POE, que se refere a "Predizer, Observar e Explicar". Tal metodologia tem suas raízes na abordagem construtivista da educação, e, por ser uma metodologia ativa, visa o envolvimento dos estudantes em um processo cíclico de aprendizagem. Frequentemente é utilizada no ensino de ciências, especialmente em disciplinas como a física, para promover a compreensão de fenômenos físicos e conceitos científicos.

Originalmente, a metodologia foi proposta por Nedelsky (1961) para o ensino e avaliação no laboratório de física, sendo aprimorada posteriormente por White e Gunstone (1992), dois pesquisadores australianos construtivistas, para avaliar o processo de aprendizagem dos estudantes. Embora tenha sido formulada para ser um sistema de avaliação, essa abordagem, tem demonstrado ser valiosa também como uma ferramenta pedagógica que engaja os envolvidos de forma ativa e participativa. (D.G.G. SASAKI, 2015, D.G.G. SASAKI, 2017).

A metodologia POE requer que o professor, em sala de aula, apresente a demonstração de um experimento qualitativo, vídeo ou simulação, conforme destaca Sasaki (2017). Basicamente, é estruturada em três etapas, que por meio da criação de situações-problema permite que o estudante retome suas concepções e apresente alternativas de solução.

Na primeira etapa é feita a previsão, em que os estudantes são desafiados a fazer previsões ou antecipações sobre o que acontecerá em uma situação específica. Estimula-se a ativação de conhecimentos prévios e a formulação de hipóteses.

“Predizer é entendido como a formulação de hipóteses, o que não significa, como se costuma pensar, que estas sejam livres de pressupostos teóricos; ao contrário, são hipóteses muitas vezes construídas a partir das discussões anteriores, ou mesmo decorrentes das concepções alternativas dos estudantes.” (ROSA e PINHO-ALVES, 2008).

Em seguida, é realizada a observação, em que é apresentado pelo professor ou realizado diretamente pelos estudantes algum experimento ou atividade prática ou simulação, para que seja observado o fenômeno em questão. A ênfase está na coleta de dados, observação cuidadosa e registro de informações relevantes.

“Observar está voltado a questões de retomada de experiências vividas, seja ela uma reflexão individual, ou compartilhada com os demais colegas. Nas atividades experimentais, a capacidade de observação dos eventos é uma habilidade fundamental, pois o autocontrole diante do objeto de observação

apresenta-se como indispensável na aprendizagem.” (ROSA e PINHO-ALVES, 2008).

Por fim, na etapa da explicação, com base nas previsões iniciais e nas observações realizadas, os estudantes são incentivados a construir explicações para os resultados obtidos. Essa etapa visa desenvolver o pensamento crítico, a análise de dados e a síntese de conceitos.

“Explicar refere-se à retomada das hipóteses iniciais e o confronto com novos conhecimentos. Saber explicitar ideias e formas de pensamento é fundamental para a construção do conhecimento. (...). O fato de ter que explicar aos outros o seu pensamento e os mecanismos pelos quais chegou à determinada conclusão ou hipótese, obriga a tomada de consciência de si mesmo e da sua verbalização. Esse confronto de ideias, a sua permanente análise, possibilita aos estudantes o controle e a regulação dos seus processos cognitivos.” (ROSA e PINHO-ALVES, 2008)

Ao se utilizar a metodologia POE é esperado que surjam discordâncias entre o que foi previsto pelo estudante e o que foi observado, isto é, que o que foi verificado no experimento ou na simulação seja diferente do que fora pronunciado; com isso surge um conflito cognitivo (D.G.G. SASAKI, 2017). Tal conflito apresenta um potencial significativo para elevar o interesse, a atenção e a curiosidade dos estudantes, permitindo que suas concepções prévias, muitas vezes enraizadas no senso comum, sejam reconsideradas.

O conflito cognitivo ocorre quando o indivíduo se encontra diante de uma situação e reconhece que seus esquemas não são adequados para resolver o problema, levando a uma sensação de desconforto ou desequilíbrio cognitivo. Esse desequilíbrio é um impulsionador para a mudança e a adaptação cognitiva e está intrinsecamente ligado ao processo pelo qual os indivíduos buscam um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação para construir e ajustar suas estruturas mentais, representando o mecanismo fundamental na construção do conhecimento (PIAGET., 1976).

Na prática, ao longo das aulas em que a metodologia POE é utilizada, não é esperado que os estudantes alterem de forma abrupta suas concepções prévias. É desejável que reformulem seus conceitos baseados nos novos modelos apresentados, de tal forma que outras relações possam ser estabelecidas. Por isso, a escolha dos conflitos cognitivos deve levar em consideração que os estudantes mantenham a disposição em acreditar na capacidade que têm em usar seus modelos explicativos para a compreensão dos fenômenos, caso contrário, poderão sentir-se desmotivados (R. WHITE, 1992).

Na metodologia investigativa, conforme cita Ana Maria Pessoa de Carvalho (2022) a construção do problema é de grande importância. E, nesse contexto, o papel do professor é apresentar uma situação problema capaz de provocar um conflito cognitivo, e também, mediar junto ao estudante a construção de seu conhecimento na etapa da explicação.

Além disso, como instrumento facilitador do processo e essencial para o êxito da metodologia, devem ser apresentadas, pelo professor, analogias ou experimentos “ponte”, relacionados ao assunto em questão. Tais analogias são comparações por meio de outro experimento, simulação ou demonstração prática que busquem estabelecer semelhanças entre novos conceitos e os já conhecidos, facilitando a compreensão e a transferência de conhecimento. Funcionam como ferramentas para conectar ou "construir pontes" entre conceitos mais familiares e conceitos científicos mais complexos.

“Intercalar uma situação de conflito cognitivo (experimento discrepante) seguida por outra correlacionada, mas de resultado previsível que sirva de analogia ponte (experimento ponte). Essa abordagem múltipla permite que os estudantes possam desenvolver um modelo consistente para justificar os dados anômalos do experimento discrepante, usando os conceitos âncoras que vêm naturalmente à tona no experimento ponte.” (D.G.G. SASAKI, 2017)

Assim, o presente trabalho tem como propósito apresentar uma abordagem utilizando a metodologia POE em conjunto com experimentos e simulações como analogias-ponte, a ser aplicada no ensino de potência elétrica em aparelhos resistivos. Esse tema, na maioria das vezes, é apresentado predominantemente de forma expositiva nos modelos do ensino tradicional.

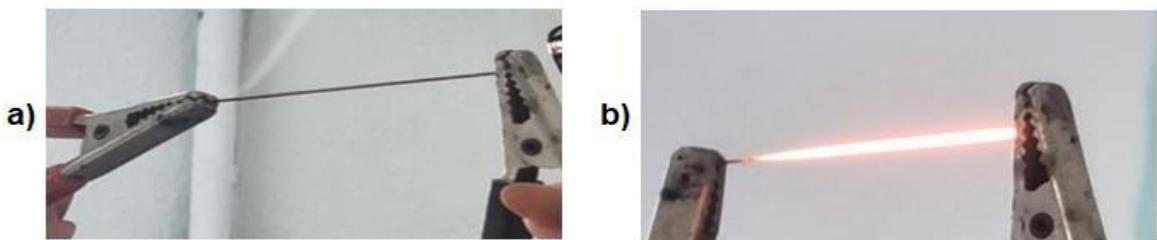
4. O PRODUTO EDUCACIONAL

4.1. Os experimentos didáticos propostos

O produto educacional é composto por quatro experimentos e uma simulação, cujos detalhes de construção e montagem encontram-se no apêndice A. Neste capítulo, será apresentada a sequência didática elaborada e aplicada aos estudantes.

O primeiro experimento consiste em um grafite 2B, de espessura 0,7 mm, e uma fonte de tensão (figura 14a). Os estudantes serão questionados a preverem o que é esperado que aconteça quando as extremidades do grafite forem ligadas aos polos da fonte. Tal atividade possui o intuito de analisar os conhecimentos prévios a respeito do efeito Joule. Espera-se que os estudantes acertem, ou seja, que prevejam que o grafite aquecerá e tornar-se-á incandescente (figura 14b), permitindo que se sintam motivados a participarem.

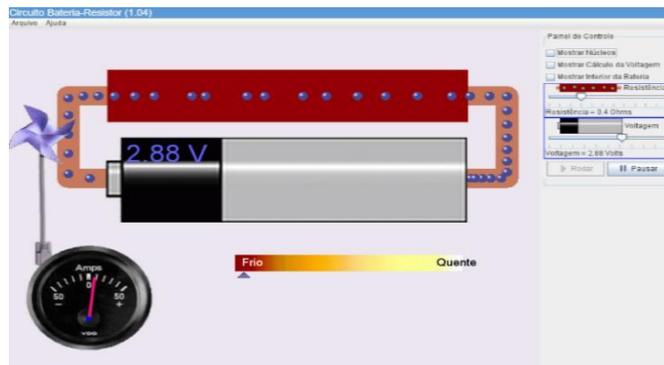
Figura 14 – (a) Grafite ligado à fonte de tensão. (b) Grafite incandescente.



Fonte: Do autor (2024).

A segunda atividade é um experimento virtual da plataforma PHET Colorado, composto por um circuito com resistor e bateria (figura 15). Nele, os estudantes poderão interagir modificando a tensão e a resistência elétrica de um fio condutor ligado à uma fonte de tensão. Nesse simulador, à medida que tais grandezas são modificadas, a corrente elétrica também sofre alterações, o que pode ser verificado pelo ponteiro de um amperímetro. Ademais, a temperatura do fio também se altera, sendo percebido por uma escala que vai do “frio” ao “quente”. Com isso, será possível averiguar que a redução da resistência elétrica para uma mesma tensão resulta em aumento da corrente elétrica e da temperatura. A utilização do simulador desempenhará um papel crucial ao proporcionar uma visualização do efeito Joule, algo alcançável apenas por meio de simulações como essa.

Figura 15 - Interface do simulador: Circuito - resistor - bateria.



Fonte: disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/battery-resistor-circuit. Acesso em 25/01/2024.

Já o terceiro experimento é constituído por dois resistores de chuveiro idênticos ligados à mesma fonte de tensão e submersos em quantidades iguais de água (figura 16). Entretanto, o resistor 1 está ligado à fonte pelo seu pino central e por uma de suas extremidades, de tal forma que apenas uma parte de seu comprimento é percorrido por corrente elétrica. Porém, o resistor 2 apresenta suas extremidades conectadas à fonte de tensão, sendo completamente percorrido pela corrente.

Figura 16 - Experimento com resistores.



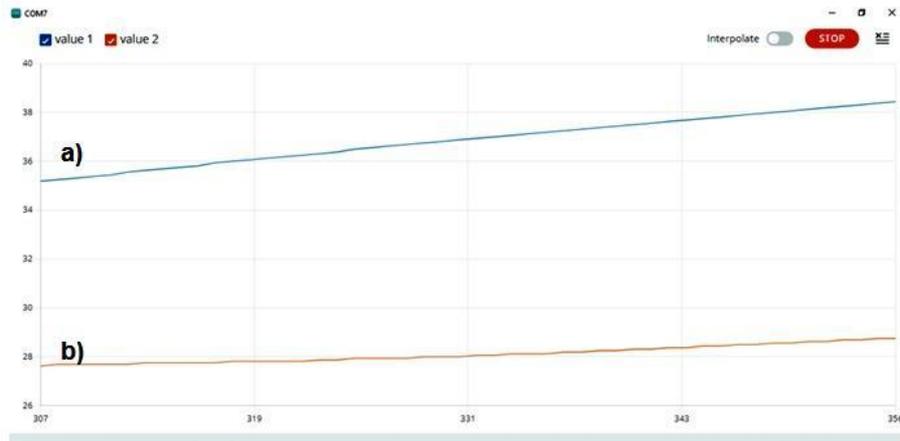
Fonte: Do autor (2024).

A temperatura da água, em ambos os casos, é monitorada por um sensor conectado à plataforma Arduino, que registra os valores instantaneamente, construindo o gráfico da temperatura em função do tempo e mostrando a curva de aquecimento da água (figura 17).

Os estudantes serão, então, questionados a preverem em qual das duas situações a água aquecerá mais rapidamente, quando os resistores forem ligados. O objetivo desse experimento será promover um conflito cognitivo, objetivo central da metodologia empregada, sendo

esperado que boa parte dos estudantes acreditem que o resistor de maior comprimento aquecerá mais a água. Entretanto, o resultado será discrepante, já que o resistor de menor comprimento aquecerá a água mais rapidamente (figura 17a).

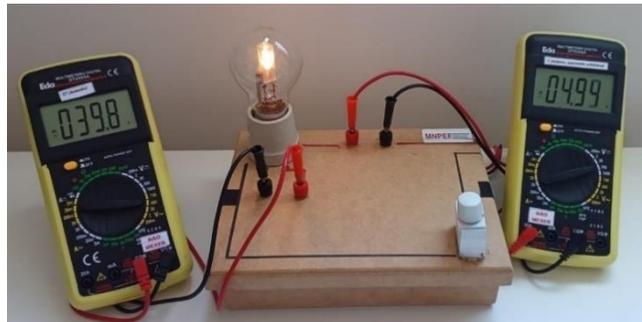
Figura 17 - Gráfico temperatura em função do tempo: (a) resistor de menor comprimento. (b) resistor de maior comprimento.



Fonte: Do autor (2024).

Na sequência, o outro aparato experimental é composto por uma lâmpada cujo brilho controla-se por um dimmer rotativo (figura 18). A potência elétrica dissipada pela lâmpada pode ser obtida com o auxílio de um amperímetro e de um voltímetro. Esse experimento será utilizado como uma analogia ponte, visando auxiliar os estudantes a compreenderem de forma mais clara o que ocorre no experimento com os resistores. Espera-se que seja verificada a relação entre potência elétrica e a respectiva corrente, ou seja, que quanto maior o brilho da lâmpada, maior a corrente percorrida e, conseqüentemente, maior a potência dissipada.

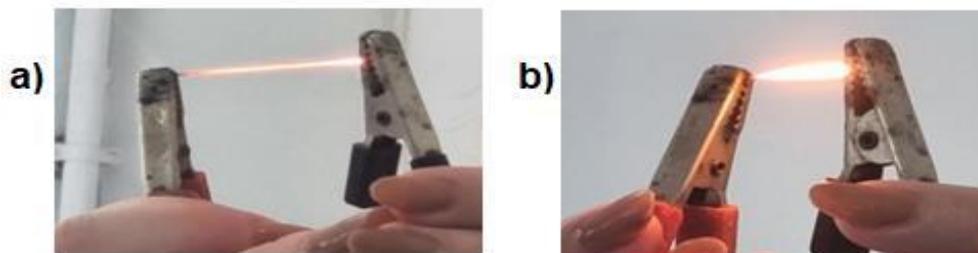
Figura 18 - Experimento com lâmpada dimerizável.



Fonte: Do autor (2024).

Finalizando, o experimento com os grafites será novamente utilizado. Desta vez, comparar-se-á a incandescência emitida por dois grafites: um inteiro e outro cortado, aproximadamente à metade, quando ligados à mesma fonte de tensão (figura 19). Essa atividade permitirá a verificação visual que o grafite de menor comprimento emite maior brilho, servindo, portanto, como uma analogia ponte, a fim de que os estudantes reflitam e reconsiderem suas interpretações e explicações sobre o que ocorre com o experimento dos resistores.

Figura 19 - Experimento com grafite: (a) grafite inteiro. (b) uma parte do grafite.



Fonte: Do autor (2024).

4.2. A sequência didática

A sequência didática (SD) foi elaborada para ser trabalhada em 4 aulas de, no mínimo, 45 minutos de duração, em turmas do ensino médio, e encontra-se detalhada no quadro 1. É essencial que os estudantes já tenham conhecimento prévio sobre potência elétrica, a fim de que possuam argumentos para elaboração de suas hipóteses e explicações.

Quadro 1 - Estrutura da SD.

Aula 1	Atividade experimental 1: grafite ligado a uma fonte de tensão. Simulador da plataforma virtual Phet Colorado. Proposta de atividade de pesquisa extraclasse.
Aula 2	Atividade experimental 2: experimento com resistores de chuveiro.
Aula 3	Atividade experimental 3: experimento com lâmpada dimerizável.
Aula 4	Atividade experimental 4: dois grafites ligados a uma fonte de tensão. Retomada da atividade experimental 2. Entrega da atividade de pesquisa extraclasse.

Fonte: Do autor (2024).

Como a elaboração do trabalho foi baseada na metodologia POE, cada experimento subdivide-se em três partes: previsão, observação e explicação. A seguir apresentaremos as aulas com seus respectivos momentos e objetivos.

4.2.1. Descrição da aula 1

Para melhor organização, dividimos essa aula em 3 momentos, assim discriminados:

Momento 1: atividade experimental do grafite inteiro ligado à fonte de tensão

Inicialmente, com o objetivo de verificar o conhecimento prévio sobre o efeito Joule, os estudantes analisarão o experimento do grafite, realizando, primeiro, uma previsão:

Questão 1. Considere a seguinte situação: os extremos do grafite serão ligados a uma fonte de tensão. O que você prevê que acontecerá? Por quê?

O experimento será realizado e, em seguida, os estudantes serão solicitados a descreverem suas observações:

Questão 2. A) Faça suas anotações. Descreva detalhadamente o que aconteceu com o grafite.

B) Aconteceu o que você previu?

C) O que ocorreu de diferente da sua previsão?

Será solicitado que expliquem o fenômeno observado, ou seja, a incandescência do grafite.

Questão 3. Baseado em seus conhecimentos, formule uma hipótese, fundamentada cientificamente, com o que ocorreu com o grafite.

Deseja-se que os estudantes acertem a previsão solicitada na atividade, ou que, pelo menos, julguem que o grafite aquecerá ao ser percorrido por uma corrente elétrica. O objetivo deste experimento juntamente com a simulação computacional é verificar e solidificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito do efeito Joule.

Momento 2: experimento com simulador computacional

Nesse momento será apresentado o simulador circuito – resistor – bateria disponível no site phet colorado pelo link: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/battery-resistor-circuit/latest/battery-resistor-circuit.html?simulation=battery-resistor-circuit&locale=pt_BR. Os estudantes poderão interagir e sugerir alterações nos valores da tensão e da resistência elétrica.

Essa atividade simulativa terá o papel de uma analogia ponte, já que permitirá ao estudante compreender que o efeito Joule é resultado de interações a nível atômico, que a variação da resistência elétrica interfere na intensidade da corrente elétrica e que uma corrente elétrica mais intensa, por sua vez, produz um maior aquecimento no material. Após a utilização do simulador, será solicitada uma nova explicação sobre o que foi observado com o grafite:

Questão 4. Após a utilização do simulador (resistor – bateria) formule novamente uma hipótese, cientificamente fundamentada, sobre o que ocorreu com o grafite ao ser ligado a uma fonte de tensão.

Momento 3: proposta de atividade de pesquisa extra classe

Será entregue aos estudantes um questionário, disponível no apêndice A, para ser preenchido a respeito dos principais eletrodomésticos residenciais, suas respectivas potências elétricas, o tempo estimado de utilização assim como os cálculos do consumo de energia elétrica mensal. Também serão solicitados a analisarem, dentre os equipamentos listados, os que apresentam maior consumo de energia, devendo elaborar estratégias para a redução do consumo de energia elétrica.

4.2.2. Descrição da aula 2

Para conquistar a atenção e a participação dos estudantes, essa aula será iniciada com o questionamento sobre dispositivos elétricos que têm sua temperatura alterada pelo usuário:

“No dia a dia muitas vezes precisamos alterar a temperatura de alguns dispositivos elétricos. Quais equipamentos permitem essa seleção de temperatura?”

A fim de contextualizar o assunto serão levados equipamentos como chuveiro elétrico, em que seja possível ver o resistor, ferro elétrico e secador de cabelos.

Outro questionamento será feito para promover uma discussão sobre circuitos de resistências elétricas variáveis:

“Como é feita essa alteração da temperatura? Qual o princípio físico envolvido?”

Seguindo as discussões, será apresentado o experimento com os dois resistores de chuveiro. A funcionalidade de cada componente do experimento será explicada, com detalhes. O objetivo desse aparato experimental é produzir um conflito cognitivo por meio da discrepância entre o esperado e o que, de fato, ocorrerá, uma vez que, acredita-se que os estudantes, baseados no senso comum, possuem a convicção de que quanto maior for a resistência elétrica, maior será o aquecimento provocado; sendo que, experimentalmente, o

contrário será verificado. Por isso, de acordo com a metodologia adotada, antes que o circuito seja ligado, realizar-se-á a previsão.

Questão 1.A) Faça uma previsão sobre o que acontecerá, em cada caso, quando ligarmos os circuitos.

B) Após 2 minutos de funcionamento, em qual dos dois recipientes a água terá aquecido mais? Justifique sua resposta.”

Após a execução do experimento serão apresentadas as questões relacionadas à etapa da observação, na qual as previsões elaboradas pelo estudante serão postas em conflito com os resultados do experimento.

Questão 2.A) Descreva sucintamente o que você observou durante a realização do experimento.

B) Suas previsões feitas na questão 1, de fato, aconteceram durante a execução do experimento?

C) Relate as possíveis discordâncias ocorridas entre suas previsões e o que você observou durante a realização do experimento.

Uma vez observada a execução do experimento e anotados os principais resultados e discrepâncias em relação às previsões realizadas, avançaremos para a etapa da explicação, em que os estudantes serão solicitados a formularem uma explicação para o ocorrido no experimento.

Questão 3. Reflita sobre as discordâncias entre suas previsões e os fatos observados no experimento e pense em possíveis equívocos que possam existir no modelo de explicação que você utilizou na questão 1 para justificar suas previsões. Reformule seu modelo explicativo para justificar os fatos observados no experimento.

4.2.3. Descrição da aula 3

Nesta aula será apresentado o experimento da lâmpada dimerizável. Os estudantes serão divididos em pequenos grupos, de três integrantes, para que todos consigam realizar pelo menos uma medida. Cada grupo receberá um questionário:

“Neste experimento o dimmer deverá ser regulado e o brilho da lâmpada observado em três intensidades distintas: brilho mais fraco; brilho moderado e brilho mais intenso. Para cada situação, utilizando o multímetro, nas funções: voltímetro e amperímetro, meça a respectiva tensão e corrente elétrica. Em seguida efetue os cálculos para a potência dissipada.”

Questão 1. O que você observou sobre a relação entre o brilho da lâmpada e a respectiva potência dissipada por ela?

Essa atividade irá se comportar como uma analogia ponte, visto que, auxiliará os estudantes a conectarem e reorganizarem alguns conceitos sobre potência e corrente elétrica. Espera-se que após a realização do experimento com a lâmpada dimerizável os estudantes percebam que quanto maior o brilho, maior a corrente elétrica e, conseqüentemente, maior a potência dissipada.

4.2.4. Descrição da aula 4

Momento 1: retomada do experimento do grafite

A aula será iniciada retomando-se o experimento com o grafite e a fonte de tensão. Entretanto, dessa vez, serão utilizados dois grafites: um inteiro e outro cortado, aproximadamente ao meio. Agora, comparando comprimentos diferentes de um mesmo material, os estudantes poderão perceber, visualmente, a diferença entre a incandescência gerada nos dois grafites.

Na etapa da previsão os estudantes serão estimulados a preverem qual grafite, o inteiro ou o ao meio, emitirá um brilho mais intenso ao ser ligado a uma fonte de tensão.

Questão 1. Vamos realizar novamente o experimento do grafite. Desta vez, utilizaremos dois grafites: um maior e outro menor. Os polos dos grafites serão ligados, individualmente, a uma mesma fonte de tensão. Faça uma previsão sobre em qual situação o grafite irá emitir maior brilho. Justifique sua resposta

Após a execução do experimento, na etapa da observação, os estudantes poderão comprovar suas previsões com os resultados do experimento, respondendo às seguintes questões:

Questão 2. Descreva o que foi observado. Qual grafite emitiu maior brilho?

Na etapa da explicação, os estudantes serão convidados a formularem uma justificativa sobre o fenômeno percebido no experimento.

Questão 3.A) Elabore uma explicação que justifique o que foi observado no experimento.

B) Em qual situação você considera que o grafite tenha dissipado maior potência elétrica?

Esse experimento visará estabelecer uma conexão entre o comprimento do condutor, sua resistência elétrica e a potência dissipada, comportando-se como uma analogia ponte, já

que possibilitará a integração dos conceitos e o suporte para que o estudante reestruture seu entendimento sobre potência elétrica de circuitos resistivos.

Momento 2: retomada do experimento dos resistores de chuveiro

Após a realização das atividades anteriores, o experimento com os resistores de chuveiro será retomado. Nesse momento, os estudantes terão a oportunidade de reformular suas explicações a respeito do que foi observado. Após a realização dessa atividade é esperado que os estudantes tenham se apropriado dos conhecimentos apresentados ao longo da sequência didática e, com o auxílio dos experimentos de analogia ponte, sejam capazes de formular uma explicação cientificamente aceita para a potência elétrica dissipada por ambos resistores.

Questão 4. De acordo com o conhecimento adquirido ao longo da sequência didática, reformule uma explicação científica que justifique os fatos observados no experimento dos resistores de chuveiro.

Momento 3: entrega da atividade de pesquisa extra classe

Nesse momento, a atividade de pesquisa extra classe será recolhida. Para que todos estejam mais envolvidos nas interações, a turma será organizada em círculo. A professora levantará uma discussão sobre a potência elétrica dos eletrodomésticos pesquisados, e, se foi verificada surpresa no valor encontrado de algum equipamento. Para finalizar, os estudantes apresentarão as estratégias elaboradas para a redução do consumo de energia.

5. APLICAÇÃO DO PRODUTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. Contexto e parâmetros para avaliação da aplicação da sequência didática

A aplicação do produto educacional ocorreu em um colégio estadual localizado na cidade de Juiz de Fora. O público alvo foi uma turma do 3º ano do ensino médio, em que a professora era regente, com 25 estudantes e 3 aulas semanais de Física. O colégio possui um espaço destinado a laboratório, entretanto, por não acomodar adequadamente todos os estudantes de uma vez, optou-se em realizar as etapas da sequência didática (SD) na própria sala de aula. Esse colégio, embora público, apresenta certas particularidades, como a adoção de um sistema de ensino próprio em que todo o conteúdo de física é estudado no 1º e 2º anos do ensino médio e a abordagem de conteúdos no 3º ano ocorre no formato revisional. A aplicação do produto educacional ocorreu em meados do mês de outubro, período em que já tinham sido revisados os conteúdos de eletricidade.

Outra característica que merece destaque é que os estudantes participantes, em sua maioria, tinham como objetivo a aprovação em uma universidade federal ou em concursos militares, e para isso, realizavam cursinhos preparatórios. Sendo assim, antes da aplicação do produto, surgiu certo receio de que o produto educacional não despertaria interesse e engajamento dos mesmos, uma vez que não se apresentava com o formato tradicional de abordagem de conteúdo, isto é, com resolução de questões. Entretanto, ao longo da aplicação, constatou-se a participação e o empenho dos envolvidos, inclusive alguns estudantes que, geralmente, eram pouco participativos, mostraram-se interessados e comprometidos.

Um dos desafios verificados foi a dificuldade que os estudantes apresentaram ao escrever suas respostas, demonstrando vocabulário científico reduzido e simplificado. Por isso, ao longo da SD foram estimulados a elaborarem respostas mais completas e a utilizarem termos, palavras e expressões de cunho científico.

Ao longo da aplicação foi solicitado aos estudantes que guardassem seus aparelhos celulares, a fim de que não os utilizassem para consultar e responder alguma das questões. Também foram orientados que não haveria resposta certa ou errada, pois o importante era que relatassem suas ideias, concepções e entendimentos pessoais. Ainda assim, nas primeiras questões, muitos mostraram-se apreensivos caso não respondessem corretamente, sendo necessário orientá-los novamente que as atividades não possuíam valor quantitativo ou avaliativo, sendo sugerido, portanto, que não identificassem suas respostas. Percebemos, com isso, o quanto os métodos tradicionais de ensino fazem com que os estudantes, muitas vezes, se apeguem à ideia de aprender para reproduzir a resposta, ou seja, para acertar uma questão.

As respostas dos estudantes foram analisadas e categorizadas de acordo com suas semelhanças estruturais. Para isso, levou-se em consideração as hipóteses e explicações elaboradas por eles para cada etapa desenvolvida. Nessa análise, as respostas foram agrupadas em blocos de acordo com suas compatibilidades.

Outro critério de avaliação utilizado foi o desenvolvimento conceitual dos estudantes ao longo da SD, que foi observado analisando-se a evolução de sua escrita científica.

5.2. Atividades aplicadas na primeira aula

5.2.1. Primeira atividade: experimento do grafite

A primeira atividade (figura 20) tinha por objetivo a verificação dos conhecimentos prévios a respeito do efeito Joule.

Figura 20 - Grafite ligado a uma fonte de tensão.



Fonte: Do autor (2024).

Questão 1. *Considere a seguinte situação: os extremos do grafite serão ligados a uma fonte de tensão. O que você prevê que acontecerá? Por quê?*

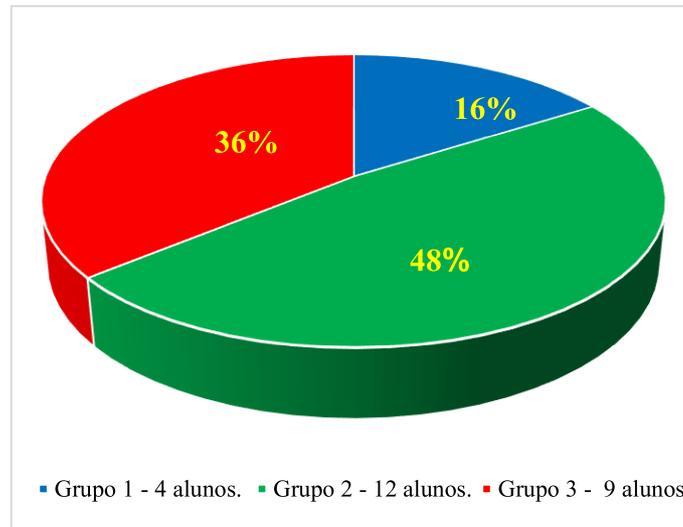
As respostas a essa questão estão distribuídas percentualmente na figura 21 e foram considerados os seguintes grupos de respostas:

Grupo 1 – estudantes que apresentaram respostas corretas.

Grupo 2 – estudantes que apresentaram respostas parcialmente corretas.

Grupo 3 – estudantes que apresentaram respostas baseadas em concepções errôneas.

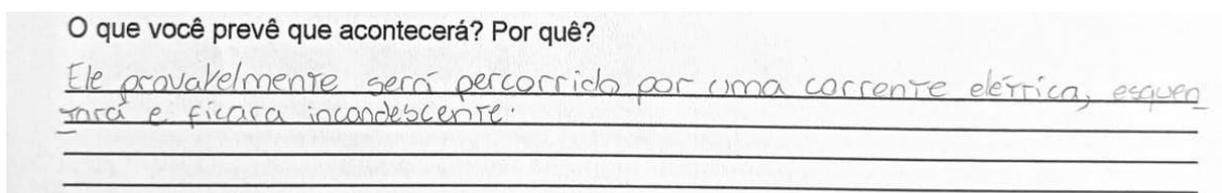
Figura 21 - Distribuição por grupos das respostas da questão 1.



Fonte: Do autor (2024).

Consideramos como respostas corretas aquelas em que a incandescência do grafite foi apontada; selecionamos uma para representar o padrão respondido pelo grupo 1 (figura 22) em que o estudante responde que “*ele (o grafite) provavelmente será percorrido por uma corrente elétrica, esquentará e ficará incandescente*”.

Figura 22 - Resposta de um aluno do grupo 1.

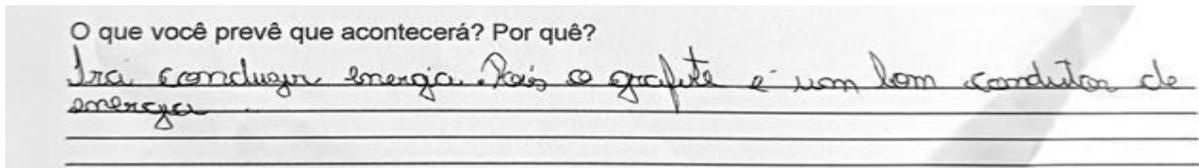


Fonte: Do autor (2024).

Cabe destacar que nenhuma das repostas do grupo 1 destacou explicitamente o termo efeito Joule. Entretanto, verifica-se que esse grupo possuía conhecimento prévio sobre um dos efeitos da corrente elétrica: o aquecimento.

Foram agrupadas como respostas parcialmente corretas aquelas que destacaram que o grafite, por ser um bom condutor, permitiria que a corrente elétrica passasse por ele (figura 23). Percebe-se que tais estudantes, por compreenderem que o grafite é um material condutor, deduzem que haverá passagem de corrente elétrica ao ser ligado a uma fonte de tensão. Todavia, não apresentaram conhecimento prévio de que ocorreria o aquecimento ou a incandescência.

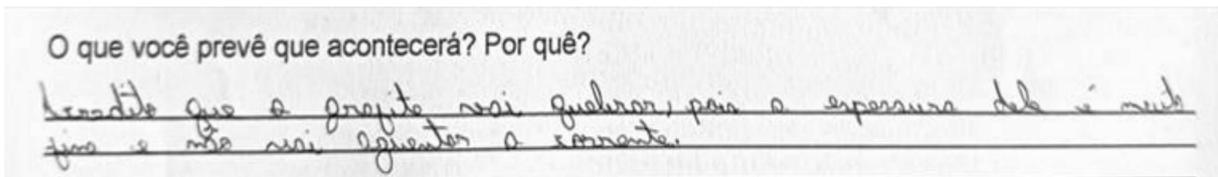
Figura 23 - Resposta de um aluno do grupo 2.



Fonte: Do autor (2024).

Já, outros estudantes, não apresentaram conhecimento prévio a respeito da condução de corrente elétrica pelo grafite, tampouco que ocorreria aquecimento. Atribuíram hipóteses baseadas em conceitos equivocados como, por exemplo, que o grafite quebraria por não aguentar a corrente (figura 24): *“acredito que o grafite vai quebrar, pois a espessura dele é muito fina e não vai aguentar a corrente.”*

Figura 24 - Resposta de um aluno do grupo 3.



Fonte: Do autor (2024).

Durante a realização do experimento grande parte dos estudantes mostrou-se surpresa pela incandescência gerada, contribuindo para maior participação e curiosidade. Na sequência, como forma de incentivá-los à elaboração de suposições, foi apresentada a segunda questão investigativa em que deveriam formular uma hipótese que justificasse o que haviam observado.

Questão 3. *Baseado em seus conhecimentos, formule uma hipótese, fundamentada cientificamente, com o que ocorreu com o grafite.*

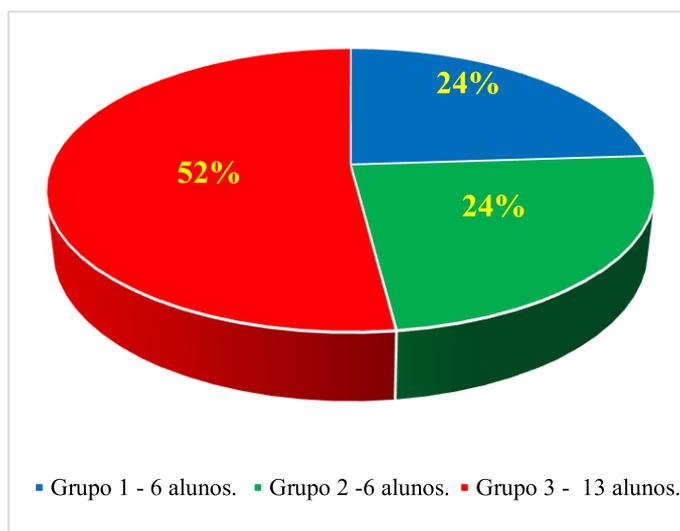
Verificou-se uma discreta alteração no formato de algumas respostas, que passaram a conter frases um pouco maiores e com detalhamento nas explicações. As respostas a essa questão foram agrupadas de acordo com suas semelhanças, em três grupos, cujos percentuais de acertos encontram-se na figura 25.

Grupo 1 – estudantes que apresentaram hipóteses corretas.

Grupo 2 – estudantes que apresentaram hipóteses parcialmente corretas.

Grupo 3 – estudantes que apresentaram hipóteses baseadas em concepções errôneas.

Figura 25 - Distribuição por grupos das respostas da questão 3.



Fonte: Do autor (2024).

Percebe-se que, dos 25 estudantes, 13 não apresentaram suposição correta ou parcialmente correta sobre o que acontecera com o grafite. Embora já tivesse estudado sobre os efeitos da corrente elétrica, a maioria não estabeleceu conexão com o que fora apresentado.

No primeiro grupo foram alocadas as respostas nas quais houve a percepção de que o aquecimento ocorreu devido à passagem de corrente elétrica, como verifica-se na resposta da figura 26: *“o grafite, ao receber uma corrente elétrica sofreu o efeito Joule, ou seja, sobreaqueceu devido à energia elétrica. Juntamente com o aquecimento tivemos o efeito luminoso e o químico da queima.”*

Figura 26 - Resposta à questão 3 por aluno do grupo 1.

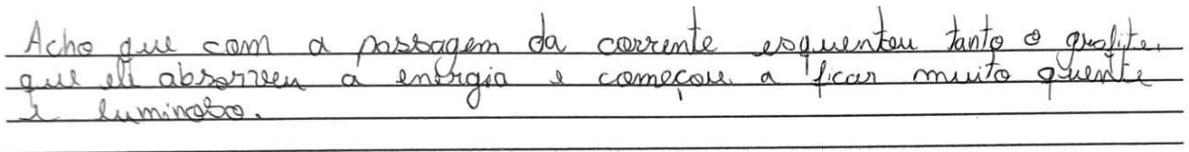
O grafite, ao receber uma corrente elétrica sofreu o efeito Joule, ou seja, sobreaqueceu devido à energia elétrica. Juntamente com o aquecimento tivemos o efeito luminoso e o químico da queima.

Fonte: Do autor (2024).

Alguns estudantes, após o experimento, relacionaram a incandescência do grafite ao efeito Joule, ou seja, lembraram-se do que já havia sido estudado. Todavia, não houve nenhuma justificativa que abordasse de forma detalhada que o aquecimento ocorreu devido às colisões entre os átomos do material e os elétrons da corrente elétrica.

Outros estudantes formularam a hipótese de forma parcialmente correta, uma vez que citaram a passagem de corrente ou consideraram que o grafite absorveu energia e por isso aqueceu (figura 27), “acho que com a passagem de corrente esquentou tanto o grafite que ele absorveu a energia e começou a ficar muito quente e luminoso”. Nota-se que houve reconhecimento que a corrente elétrica provoca aquecimento, porém a compreensão real do fenômeno ainda é deficiente.

Figura 27 - Resposta à questão 3 por aluno do grupo 2.

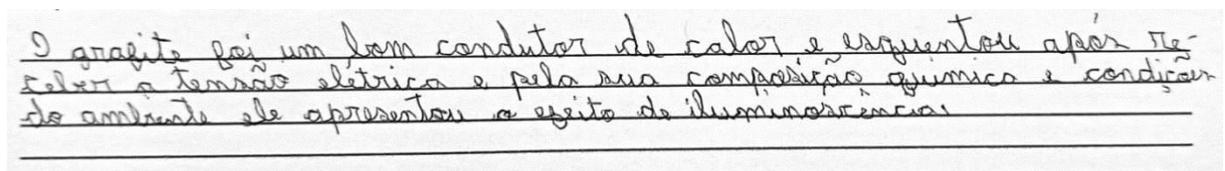


Acho que com a passagem da corrente esquentou tanto o grafite que ele absorveu a energia e começou a ficar muito quente e luminoso.

Fonte: Do autor (2024).

Além disso, para outro grupo, a hipótese baseou-se em concepções errôneas, como o uso de conceitos físicos equivocados ou incorretos, por isso foram alocadas no grupo 3. A resposta ilustrada na figura 28 destaca que: “o grafite foi um bom condutor de calor e esquentou após receber a tensão e pela sua composição química e condições do ambiente ele apresentou o efeito da luminescência.” Tanto nessa resposta, quanto nas demais desse grupo, verifica-se que há a identificação de vários elementos presentes no fenômeno analisado, como tensão elétrica e condução de calor, porém, devido à falta de coerência, consideramos que esses conceitos ainda não foram, de fato, compreendidos.

Figura 28 – Resposta à questão 3 por aluno do grupo 3.



O grafite foi um bom condutor de calor e esquentou após receber a tensão elétrica e pela sua composição química e condições do ambiente ele apresentou o efeito de luminescência.

Fonte: Do autor (2024).

Dando sequência à SD, foi apresentado o simulador da plataforma phet colorado, circuito – bateria – resistor, no qual os estudantes puderam sugerir alterações em algumas variáveis, como resistência e tensão. Essa atividade serviu como analogia ponte, a fim de auxiliá-los a conectar o que foi observado com o grafite com os conceitos explicativos relevantes. Logo após, foi entregue a terceira questão.

Questão 4. *Após a utilização do simulador formule novamente uma hipótese, cientificamente fundamentada, sobre o que ocorreu com o grafite ao ser ligado em uma fonte de tensão.*

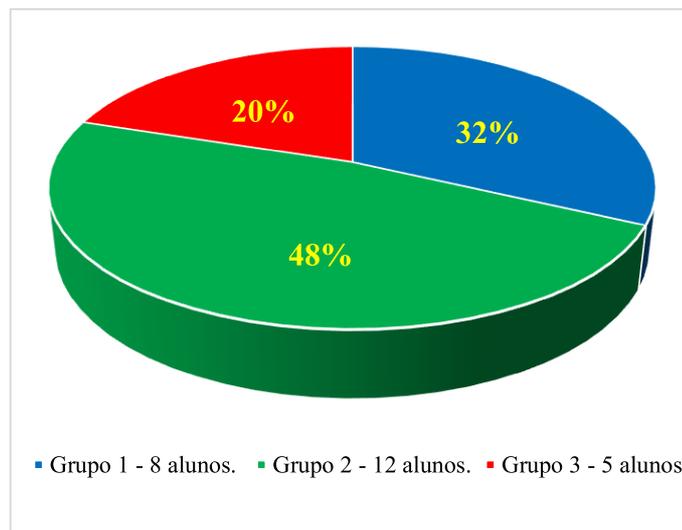
O objetivo dessa questão é verificar se houve alteração na compreensão do fenômeno da incandescência do grafite. Percebe-se, nas respostas, um avanço na elaboração das hipóteses com perceptível aumento na utilização de termos físicos como tensão e resistência elétrica. Alguns estudantes conseguiram relacionar a simulação apresentada com o que aconteceu com o grafite. As respostas foram catalogadas em grupos, de acordo com suas características em comum, e os percentuais de acerto são representados na figura 29.

Grupo 1 – estudantes que apresentaram hipóteses corretas.

Grupo 2 – estudantes que apresentaram hipóteses parcialmente corretas.

Grupo 3 – estudantes que apresentaram hipóteses baseadas em concepções errôneas.

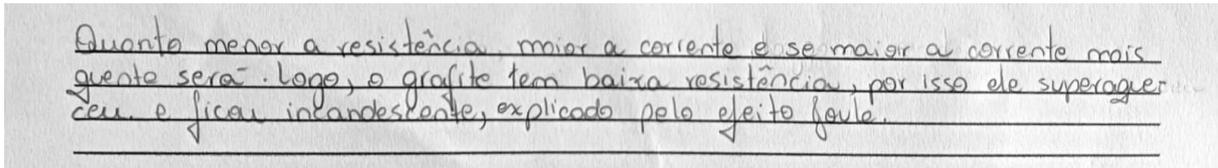
Figura 29 - Distribuição por grupos das respostas da questão 4.



Fonte: Do autor (2024).

No grupo 1 estão os estudantes que justificaram o aquecimento do grafite como consequência da relação entre corrente e resistência elétrica. Perceberam que, quanto menor a resistência elétrica, maior a corrente que passa pelo condutor, conforme pode ser conferido na figura 30: *“quanto menor a resistência, maior a corrente e se maior a corrente mais quente será. Logo, o grafite tem baixa resistência, por isso ele superaqueceu e ficou incandescente, explicado pelo efeito Joule.*

Figura 30 - Resposta à questão 4 por aluno do grupo 1.

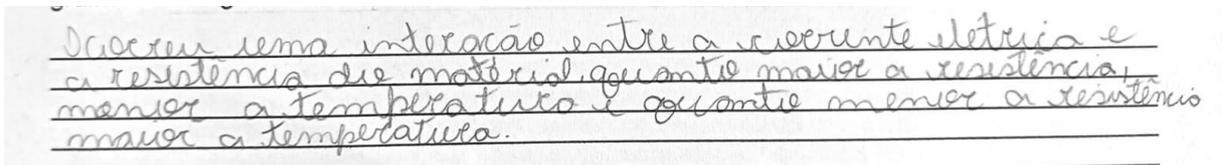


Quanto menor a resistência, maior a corrente e se maior a corrente mais quente será. Logo, o grafite tem baixa resistência, por isso ele superaqueceu e ficou incandescente, explicado pelo efeito Joule.

Fonte: Do autor (2024).

Embora para esse grupo haja a compreensão do fenômeno, observa-se que alguns estudantes ainda tinham falta de clareza no significado de certas grandezas físicas envolvidas, como pode ser observado na figura 31, em que é descrito: “ocorreu uma interação entre a corrente elétrica e a resistência do material, quanto maior a resistência, menor a temperatura e quanto menor a resistência maior a temperatura.” Nesse caso, apesar de ser percebida corretamente a relação entre resistência, corrente e temperatura, há ainda alguns termos que indicam uma compreensão inacabada a respeito do evento, já que, para esse aluno, a interação ocorre entre a corrente e a resistência, e não, de forma mais acertada, entre os elétrons da corrente elétrica e os átomos constituintes do grafite.

Figura 31 - Resposta à questão 4 por outro aluno do grupo 1.



Ocorreu uma interação entre a corrente elétrica e a resistência do material, quanto maior a resistência, menor a temperatura e quanto menor a resistência maior a temperatura.

Fonte: Do autor (2024).

No grupo 2 foram consideradas as respostas que correlacionaram o aquecimento à resistência e à passagem de corrente pelo grafite; porém, a formalização do entendimento ocorreu de forma incompleta, uma vez que a hipótese foi apresentada utilizando-se de conceitos errôneos, como verifica-se na resposta da figura 32: “o grafite é um material com baixa resistividade elétrica e com o efeito de aquecimento suas moléculas ficam agitadas, facilitando a passagem de corrente. Quanto menor a resistência, maior a passagem de corrente. O aquecimento está ligado a baixa resistência.”

Figura 32 - Resposta à questão 4 por aluno do grupo 2.

O GRAFITE É UM MATERIAL COM BAIXA RESISTIVIDADE ELÉTRICA E COM O EFEITO DE AQUECIMENTO SUAS MOLÉCULAS FICAM AGITADAS, FACILITANDO A PASSAGEM DE CORRENTE. QUANTO MENOR A RESISTÊNCIA, MAIOR A PASSAGEM DE CORRENTE. O AQUECIMENTO ESTÁ LIGADO A BAIXA RESISTÊNCIA.

Fonte: Do autor (2024).

Na hipótese descrita na figura 32 é possível verificar que o estudante identifica que a resistência menor favorece a passagem de maior corrente elétrica. Entretanto, associa equivocadamente que o aquecimento das moléculas do grafite é que facilita a passagem de corrente.

No grupo 3, constituído pelas respostas de 5 estudantes, observa-se que, embora algumas grandezas físicas como resistência e voltagem sejam mencionadas, há uma falta de clareza na conexão entre tais grandezas, além de respostas pouco explicativas. A resposta da figura 33 descreve que: *“ocorre a passagem de corrente elétrica provocando algumas reações dependendo se a voltagem está alta ou baixa ou a resistência, junto com os elétrons.”*

Figura 33 - Resposta à questão 4 por aluno do grupo 3.

Ocorre a passagem de corrente elétrica, provocando algumas reações dependendo se a voltagem está alta ou baixa ou a resistência, junto com os elétrons.

Fonte: Do autor (2024).

Da resposta descrita na figura 33 pode-se inferir que não é fornecida uma explicação coerente para o fenômeno observado, embora sejam mencionados termos como voltagem e resistência elétrica.

Observando o quantitativo das respostas dos grupos 1 e 2 na figura 25 e na figura 29, averigua-se uma evolução na elaboração de hipóteses sobre o fenômeno da incandescência do grafite. Comparando as distribuições apresentadas, percebe-se que, inicialmente, 48% dos estudantes elaboraram hipóteses corretas ou parcialmente corretas, tendo evoluído, na questão 3, para 80% de respostas consideradas como corretas ou parcialmente corretas. Essa evolução pode ser atribuída ao experimento virtual de analogia ponte feito com o simulador, o que realça que a utilização de simuladores tem o potencial de permitir a visualização de conceitos físicos, que por serem abstratos, podem ser difíceis de serem compreendidos apenas com explicações teóricas

5.2.2. Segunda atividade: pesquisa extra classe

Nessa etapa foi entregue aos estudantes uma planilha (Apêndice A) para ser preenchida, em suas residências, a respeito dos principais eletrodomésticos e suas respectivas potências elétricas (figura 34). Também foi solicitado que estimassem o tempo de utilização dos equipamentos e calculassem o consumo de energia elétrica mensal. Ao final, foi sugerido que propusessem estratégias que visassem a redução do consumo de energia elétrica (figura 35).

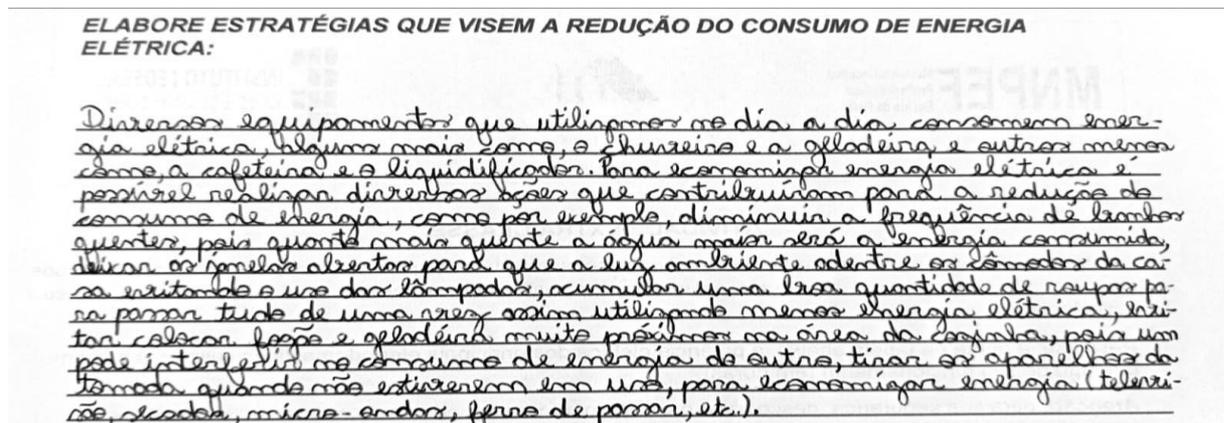
Figura 34 - Planilha preenchida por um aluno.

Equipamento	Potência elétrica média	Número de dias em uso por mês	Tempo médio de uso por dia	Consumo médio em kWh
1 geladeira	120W → 0,12kW	30 dias	24 horas	86,4 kWh
2 chuveiro	5500W → 5,5kW	30 dias	2 horas	330 kWh
3 micro-ondas	900W → 0,9kW	30 dias	2 minutos (0,03h)	0,81 kWh
4 freezer	150W → 0,15kW	30 dias	24 horas	108 kWh
5 secador	1900W → 1,9kW	7 dias	15 minutos (0,25h)	3,325 kWh
6 ferro de passar	1200W → 1,2kW	4 dias	30 minutos (0,5h)	2,4 kWh
7 liquidificador	800W → 0,8kW	30 dias	3 minutos (0,05h)	1,2 kWh
8 panela elétrica	700W → 0,7kW	30 dias	20 minutos (0,333h)	6,993 kWh
9 cafeteira expresso	13W → 0,013kW	30 dias	2 minutos (0,03h)	0,0117 kWh
10 máquina de lã	765W → 0,765kW	4 dias	30 minutos (0,5h)	1,53 kWh
			Consumo médio em kWh	540,6697 kWh

Fonte: Do autor (2024).

Diversos estudantes mostraram-se surpresos ao verificarem a potência de equipamentos como chuveiro e panela elétrica. Outros, perceberam pela primeira vez que o carregador de celular operava em duas tensões distintas, ou seja, que era bivolt. As sugestões apresentadas destacaram, em sua maioria, propostas como: redução do tempo de banho, diminuição do uso do secador de cabelos, retirar da tomada os aparelhos que não estão sendo utilizados, emprego de lâmpadas mais econômicas e uso de fontes alternativas de energia, como utilização de painéis solares.

Figura 35 - Estratégias elaboradas por um aluno.



Fonte: Do autor (2024).

5.3. Atividades aplicadas na segunda aula

5.3.1. Primeira atividade: experimento com resistores de chuveiro

A aula foi iniciada com os estudantes sendo questionados sobre como a temperatura da água pode ser alterada em chuveiros elétricos e outros disponíveis como secador e ferro elétrico. A turma foi bastante participativa, expressando que isso é feito por meio de um seletor. Ao longo da conversa chegou-se à conclusão que tais dispositivos são providos de resistências variáveis. A professora levou alguns modelos de resistência de chuveiro e de secador elétrico para que manipulassem. Em seguida, foi apresentado o experimento dos resistores de chuveiro (figura 36).

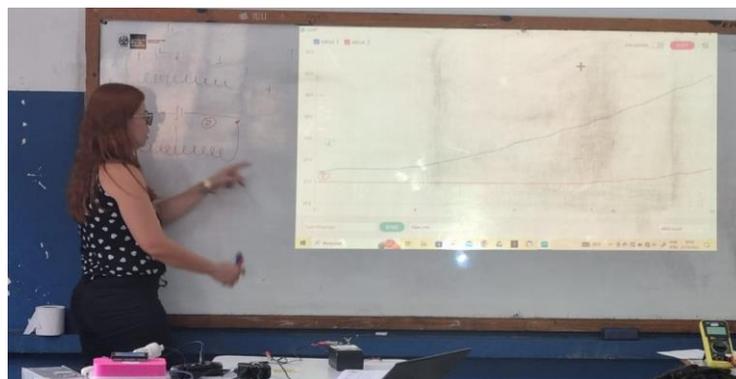
Figura 36 - Experimento dos resistores de chuveiro.



Fonte: Do autor (2024).

Todo o aparato foi explicado com detalhe aos estudantes, que ficaram bem curiosos aguardando o funcionamento. Foi usado como medidor de temperatura um sensor arduino, que poderia ser substituído por um termômetro. Entretanto, como foi informado, o uso do sensor apresentou vantagens, como a construção do gráfico de aquecimento (figura 37).

Figura 37 - Gráficos do experimento dos resistores de chuveiro sendo apresentados.



Fonte: Do autor (2024).

Antes da realização do experimento os estudantes tiveram de responder à seguinte questão:

Questão 1.A) *Faça uma previsão sobre o que acontecerá, em cada caso, quando ligarmos os circuitos.*

B) *Após 2 minutos de funcionamento em qual dos dois recipientes a água terá aquecido mais? Justifique sua resposta.*

Esse experimento tinha por objetivo promover um conflito cognitivo, uma vez que se acreditava que muitos dos estudantes, baseados em suas noções do senso comum, atribuiriam que o resistor de maior comprimento aqueceria mais a água.

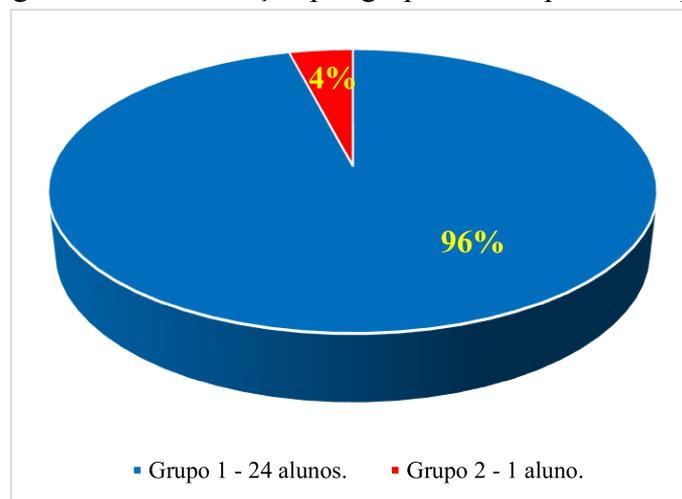
As respostas à questão 1A foram agrupadas em:

Grupo 1: estudantes que previram o aquecimento nos dois recipientes.

Grupo 2: estudantes que previram o aquecimento em apenas um dos recipientes.

A distribuição percentual é apresentada na figura 38. Conforme o esperado a maioria dos estudantes compreende que os resistores de chuveiro provocam o aquecimento da água quando percorridos por uma corrente elétrica.

Figura 38 – Distribuição por grupos das respostas da questão 1A.



Fonte: Do autor (2024).

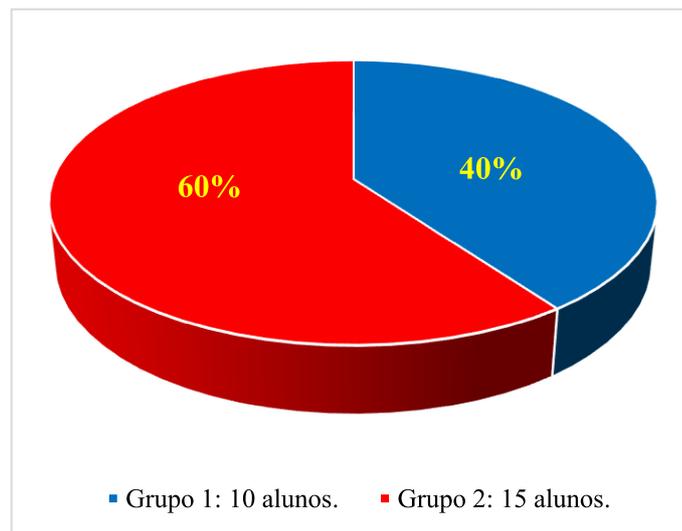
Para a questão 1B foram agrupados dois padrões de resposta distintos, sendo distribuídos em:

Grupo 1: estudantes que previram que o resistor 1, de menor comprimento, aqueceria mais.

Grupo 2: estudantes que previram que o resistor 2, de maior comprimento, aqueceria mais.

Dos participantes, 10 estudantes acreditaram que o resistor de menor comprimento aqueceria mais a água enquanto para outros 15 estudantes, o resistor de maior comprimento iria aquecer mais, conforme a figura 39.

Figura 39 – Distribuição por grupos das respostas da questão 1B.



Fonte: Do autor (2024).

É possível constatar que alguns dos estudantes previram corretamente que o menor resistor provocaria o maior aquecimento, como descrito na figura 40: *“a água terá aquecido mais no circuito 1, pois há uma menor resistência nesse circuito. Assim, a corrente terá mais facilidade para atravessá-lo, ou seja, haverá uma facilidade maior para que os elétrons transportem energia.”*

Figura 40 – Resposta de um aluno do grupo 1 para a questão 1B.

A água terá aquecido mais no circuito 1, pois há uma menor resistência nesse circuito. Assim, a corrente terá mais facilidade para atravessá-lo, ou seja, haverá uma facilidade maior para que os elétrons transportem energia.

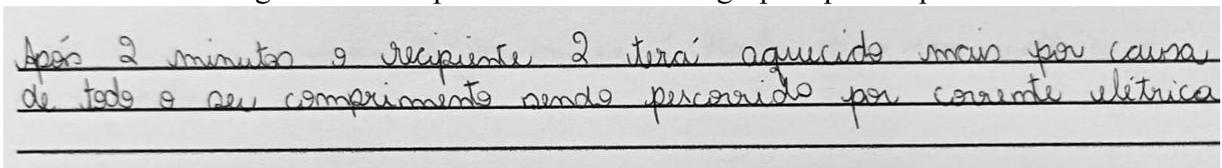
Fonte: Do autor (2024).

Para esse grupo minoritário, grupo 1, há o entendimento satisfatório de que quanto menos resistência houver no caminho, mais facilmente os elétrons da corrente poderão se mover. As atividades realizadas com o simulador, que mostram que uma menor resistência

produz um maior aquecimento, podem ter contribuído para o elevado percentual de estudantes que acertaram suas previsões.

Por outro lado, é detectado que muitos estudantes (60%), embora já tivessem estudado sobre potência elétrica e leis de Ohm, ainda traziam internalizadas concepções baseadas no senso comum, em que o maior resistor aquece mais, como ilustra a resposta da figura 41: “Após 2 minutos o recipiente 2 terá aquecido mais por causa de todo o seu comprimento sendo percorrido por corrente elétrica.”

Figura 41 – Resposta de um aluno do grupo 2 para a questão 1B.

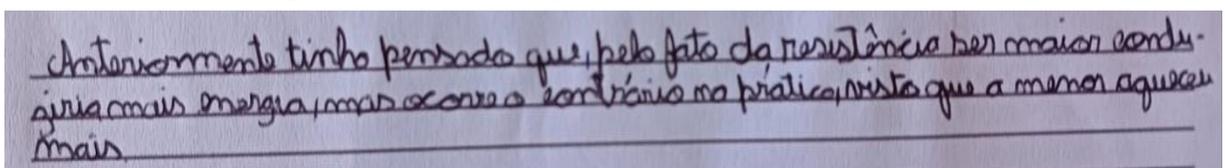


Fonte: Do autor (2024).

Com base no padrão de respostas do grupo 2, nota-se que é entendimento comum que a maior resistência provoca maior aquecimento, uma vez que, para tais estudantes, nessas circunstâncias os elétrons irão colidir mais, havendo maior atrito e, conseqüentemente, maior variação da temperatura.

Após a realização do experimento os estudantes foram solicitados a reformularem seus modelos explicativos, caso tivessem ocorrido discrepâncias entre o previsto e o observado. O que foi verificado é que as respostas desses alunos se basearam em narrativas do que havia sido verificado, não apresentando na elaboração do modelo explicativo termos como resistência, corrente ou potência elétrica, conforme verifica-se na figura 42 em que o estudante relata: “anteriormente tinha pensado que pelo fato da resistência ser maior, conduziria mais energia, mas ocorre o contrário na prática, visto que a menor aqueceu mais.”

Figura 42 - Modelo explicativo reformulado de um aluno.

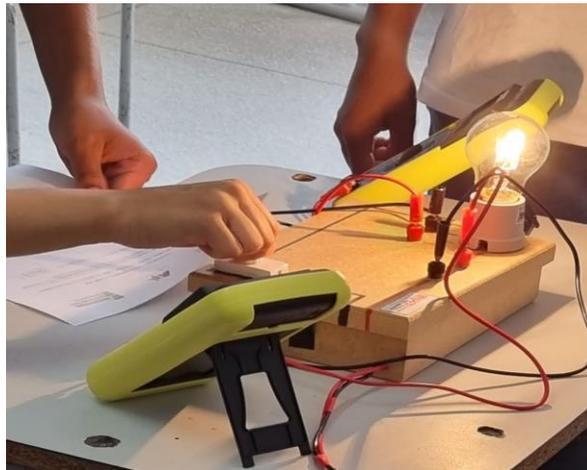


Fonte: Do autor (2024).

5.4. Atividades aplicadas na terceira aula

Prosseguindo a SD, foi realizada na terceira aula a atividade com o aparato experimental da lâmpada dimerizável (Apêndice A). Tal atividade foi elaborada com o intuito ser uma analogia ponte para auxiliar os estudantes a conectarem os conceitos de potência e corrente elétrica aos experimentos do grafite e do resistor de chuveiro. Os estudantes foram divididos em trios, para que todos pudessem manipular o experimento (figura 43).

Figura 43 – Estudantes manipulando a lâmpada dimerizável.



Fonte: Do autor (2024).

Cada grupo recebeu uma tabela (Apêndice A) em que anotaram os valores da tensão e da corrente elétrica e efetuaram o cálculo da potência elétrica em três situações de brilho distintos de lâmpada (figura 44), brilho mais fraco, brilho moderado e brilho mais intenso.

Figura 44 – Tabela preenchida por um dos grupos.

Para cada situação, utilizando o multímetro, nas funções: Voltímetro e Amperímetro meça a respectiva Tensão e corrente elétrica. Em seguida efetue os cálculos para a potência dissipada.

	Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (A)	Potência Elétrica Dissipada (W)
SITUAÇÃO 1 (brilho mais fraco)	26.5 V	0.14 A	3.71 W
SITUAÇÃO 2 (brilho moderado)	47 V	0.19 A	8.93 W
SITUAÇÃO 3 (brilho mais intenso)	115 V	0.31 A	35.65 W

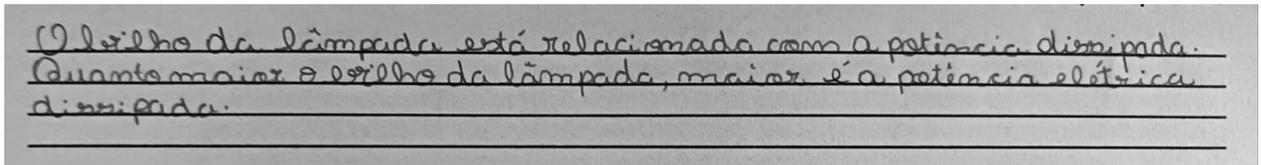
Fonte: Do autor (2024).

Ao longo da realização da atividade os estudantes mostraram-se empenhados e participativos ao manipular o experimento e também curiosos a respeito da funcionalidade de cada item do circuito. Após a manipulação, a coleta de dados e a realização dos cálculos, os estudantes foram apresentados à seguinte questão:

Questão 1. O que você observou sobre a relação entre o brilho da lâmpada e a respectiva potência dissipada por ela?

Todos os estudantes participantes responderam, usando palavras distintas, que quanto maior o brilho emitido pela lâmpada, maior a potência dissipada, como pode ser verificado na resposta da figura 45. Observa-se que não hesitaram em concluir que o brilho está diretamente relacionado à potência dissipada pela lâmpada.

Figura 45 - Resposta de um grupo de alunos para a questão 1.



Fonte: Do autor (2024).

5.5. Atividades aplicadas na quarta aula

Dando continuidade, na quarta aula, o experimento do grafite foi retomado. Porém, dessa vez, foram utilizados dois grafites, um inteiro e outro cortado, aproximadamente à metade. Os estudantes receberam à próxima questão.

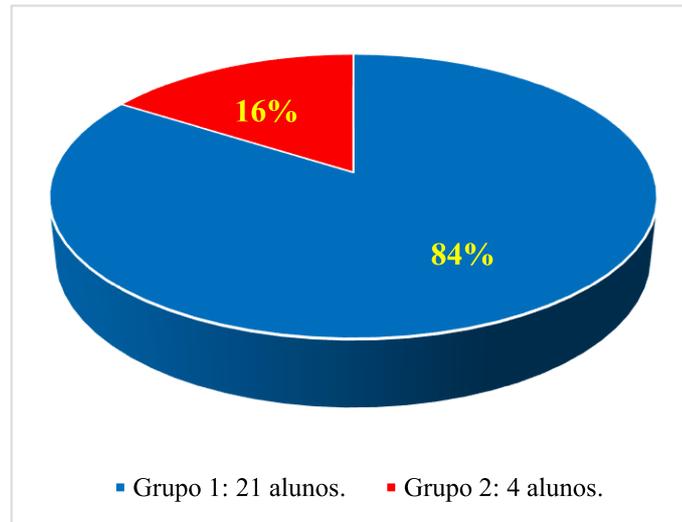
Questão 1. Vamos realizar novamente o experimento do grafite. Desta vez, utilizaremos dois grafites: um maior e outro menor. Os polos dos grafites serão ligados, individualmente, a uma mesma fonte de tensão. Faça uma previsão sobre em qual situação o grafite irá emitir maior brilho. Justifique sua resposta.

Para a previsão solicitada na questão acima, dividimos as respostas em dois grupos, cujas distribuições de acertos encontram-se na figura 46.

Grupo 1: estudantes que previram que o grafite menor emitiria maior brilho.

Grupo 2: estudantes que previram que o grafite maior emitiria maior brilho.

Figura 46 - Distribuição por grupos das respostas da questão 1.



Fonte: Do autor (2024).

As respostas reunidas no grupo 1 apresentaram em comum a justificativa de que a corrente elétrica é maior no menor grafite (figura 47), ou em outras palavras, que no grafite maior a corrente seria reduzida. Apesar disso, com base em respostas encontradas, verifica-se que alguns estudantes ainda consideravam que o maior grafite emitiria maior brilho (figura 48), justificando que isso aconteceria “*porque vai ter uma maior área*”.

Figura 47 - Resposta de um aluno do grupo 1 para a questão 1.

Faça uma previsão sobre em qual situação o grafite irá emitir maior brilho.
 O grafite menor

Justifique sua resposta.
 Pois a corrente elétrica é maior no menor grafite

Fonte: Do autor (2024).

Figura 48 - Resposta de um aluno do grupo 2 para a questão 1.

Faça uma previsão sobre em qual situação o grafite irá emitir maior brilho.
 O maior

Justifique sua resposta.
 Porque vai ter uma maior área

Fonte: Do autor (2024).

Ao analisar a resposta da figura 47, verifica-se que o estudante aparenta ter compreendido que o grafite de menor comprimento apresenta menor resistência, logo será percorrido por uma maior corrente elétrica. Já a resposta da figura 48, evidencia que o estudante ainda mantém sua concepção equivocada que quanto maiores forem as dimensões do material, maior será o aquecimento ou a emissão de luz produzido.

Ainda com os experimentos dos grafites os estudantes foram questionados a respeito da potência elétrica dissipada em cada caso.

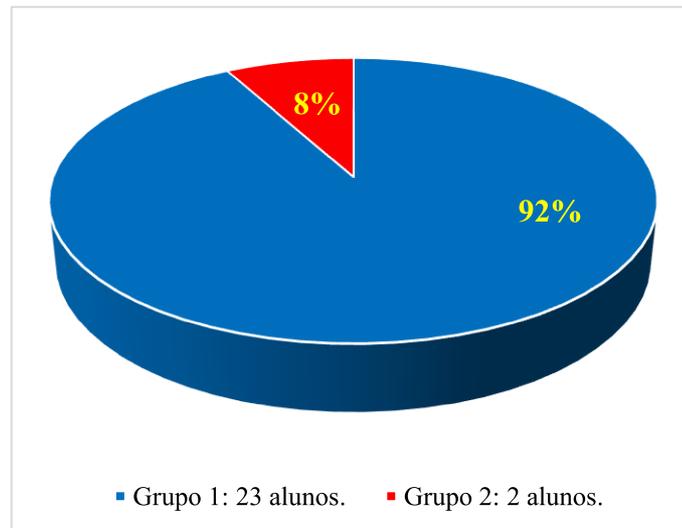
Questão 3.B) *Em qual situação você considera que o grafite tenha dissipado uma maior potência elétrica?*

As respostas a essa questão foram alocadas em dois diferentes grupos e estão representadas na figura 49.

Grupo 1: estudantes que consideraram que o grafite menor dissipou maior potência.

Grupo 2: estudantes que consideraram que o grafite maior dissipou maior potência.

Figura 49 - Distribuição por grupos das respostas da questão 3B.



Fonte: Do autor (2024).

Percebe-se que o percentual de estudantes que considerou que o grafite menor dissipava maior potência foi superior ao percentual da questão 1 (figura 46) em que previram qual emitiria maior brilho. Isso pode ser atribuído ao fato de que visualmente os estudantes perceberam que o grafite menor brilhou mais, da mesma forma que na lâmpada dimerizável a maior potência dissipada foi devido ao brilho mais intenso da lâmpada. Infere-se disso que o experimento analogia ponte mostrou-se satisfatório para que os estudantes reconsiderassem algumas de suas

concepções baseadas em conceitos equivocados e fossem capazes de relacioná-las em outra situação.

Finalizando a SD, o experimento dos resistores do chuveiro foi retomado e os estudantes responderam a mais uma questão:

Questão 4. *Vamos retomar o experimento dos resistores do chuveiro. De acordo com o conhecimento adquirido ao longo desta sequência didática, reformule uma explicação científica que justifique os fatos observados no experimento.*

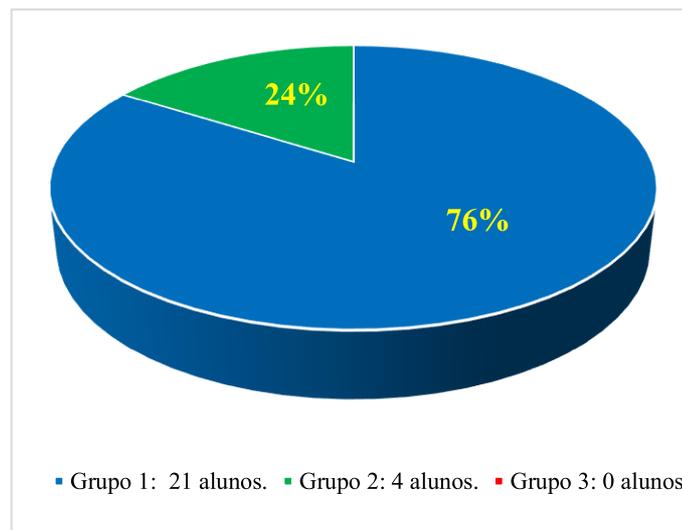
As respostas a essa questão foram divididas em dois grupos e o percentual dos acertos é demonstrado na figura 50.

Grupo 1 – estudantes que formularam explicações corretas.

Grupo 2 – estudantes que apresentaram hipóteses parcialmente corretas.

Grupo 3 – estudantes que apresentaram hipóteses baseadas em concepções errôneas.

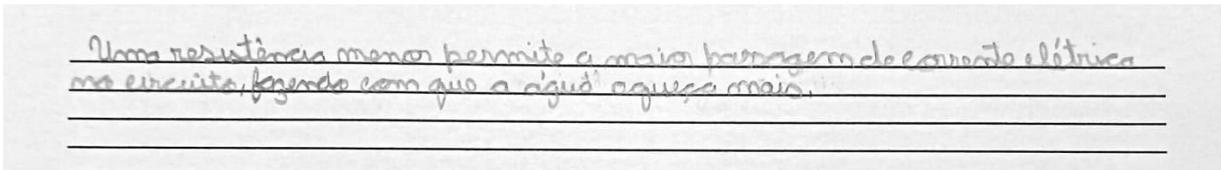
Figura 50 - Distribuição por grupos das respostas da questão 4.



Fonte: Do autor (2024).

No grupo 1 estão os estudantes que, ao final da realização da SD, demonstraram compreender corretamente os conceitos físicos envolvidos no aquecimento dos resistores, como pode ser conferido na resposta da figura 51: “*uma resistência menor permite a maior passagem de corrente elétrica no circuito, fazendo com que a água aqueça mais*” e também na figura 52: “*o resistor de menor comprimento aquece mais, ele dissipa mais potência.*”

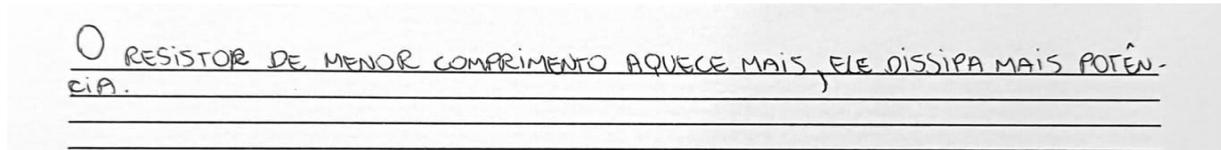
Figura 51 - Resposta da questão 4 elaborada por um aluno do grupo 1.



Uma resistência menor permite a maior passagem de corrente elétrica no circuito, fazendo com que o resistor aqueça mais.

Fonte: Do autor (2024).

Figura 52 - Resposta da questão 4 elaborada por outro aluno do grupo 1.

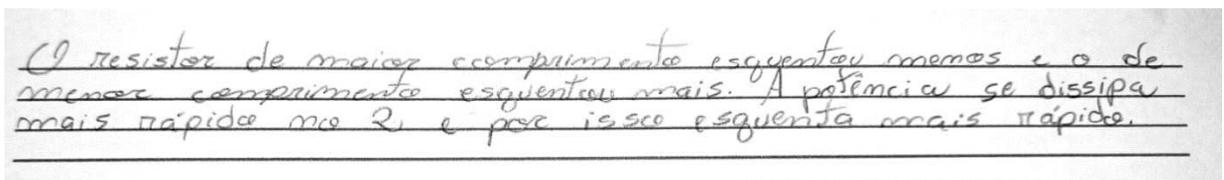


O RESISTOR DE MENOR COMPRIMENTO AQUECE MAIS, ELE DISSIPA MAIS POTÊNCIA.

Fonte: Do autor (2024).

Já, no grupo 2, foram colocadas as respostas dos estudantes que elaboraram hipóteses pouco explicativas, baseadas na narrativa do que foi visualizado durante a realização dos experimentos, como a resposta da figura 53: “o resistor de maior comprimento esquentou menos e o de menor comprimento esquentou mais. A potência se dissipa mais rápido no 2 e por isso esquentou mais rápido.” Cabe destacar que o resistor 2 é o de menor comprimento. Como os termos físicos foram usados corretamente, consideramos tais respostas como parcialmente corretas.

Figura 53 - Resposta da questão 4 elaborada por um aluno do grupo 2.



O resistor de maior comprimento esquentou menos e o de menor comprimento esquentou mais. A potência se dissipa mais rápido no 2, e por isso esquentou mais rápido.

Fonte: Do autor (2024).

Analisando as respostas dos estudantes percebemos que nenhuma delas encontra-se incorreta. Dessa forma, todas as hipóteses formuladas mostraram-se corretas ou parcialmente corretas, resultado superior ao que fora identificado nas respostas da primeira questão feita sobre o aquecimento proporcionado pelos resistores, na segunda aula.

Ao solicitar que os estudantes reformulassem sua explicação sobre os fatos observados no experimento dos resistores de chuveiro, verifica-se que uma parcela considerável da turma, 76%, compreendeu corretamente o fenômeno físico em questão; percentual acima do indicado

pela figura 39, com 40% de respostas corretas. Além disso, de acordo com o mostrado na figura 50, não houve estudante que tenha apresentado hipóteses baseadas em concepções errôneas, o que evidencia que os experimentos de analogia ponte mostraram-se satisfatórios, permitindo a correlação direta entre os conceitos teóricos aprendidos e sua aplicação, fortalecendo assim a compreensão dos estudantes sobre os princípios contidos no estudo sobre potência elétrica de aparelhos resistivos.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por várias décadas, o ensino de física foi caracterizado pela repetição e memorização de fórmulas, combinado com a resolução de numerosos problemas. Esse método contribuiu para criar uma percepção de que a disciplina é desafiadora, abstrata e acessível apenas aos mais talentosos, resultando em uma sensação de distanciamento para a maioria dos estudantes.

Diante desse cenário, como forma de explorar metodologias alternativas que privilegiem a compreensão conceitual em detrimento da mera memorização de fórmulas e da resolução mecânica de problemas, o presente trabalho foi elaborado e implementado utilizando-se uma sequência de ensino destinada a averiguar, de forma central, a potência elétrica de aparelhos resistivos.

Com esse propósito, foi empregada uma abordagem pedagógica ativa, a metodologia POE (previsão, observação e explicação) que visa promover a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, incentivando-os a formular hipóteses, realizar experimentos e refletir sobre seus resultados, facilitando assim a compreensão dos conceitos físicos abordados.

Foram elaborados experimentos com o objetivo de estudar as relações entre resistência, corrente e potência elétrica dissipada por um resistor. Na primeira atividade trabalhou-se o efeito Joule através de uma prática, que consistia em um grafite ligado a uma fonte de tensão, e uma atividade computacional com o simulador Circuito Resistor-Bateria do PHET Colorado. Na segunda atividade foi apresentado outro experimento, no qual analisou-se a curva de aquecimento da água produzida por um resistor ligado a uma fonte de tensão em duas situações: com a corrente elétrica percorrendo toda a extensão do resistor e com a corrente percorrendo parte do comprimento do resistor. Como analogia ponte para a compreensão deste experimento realizaram-se mais duas outras práticas. Em uma foi feita a medição da potência dissipada por uma lâmpada dimerizável e na outra observou-se a incandescência de um grafite ligado a uma fonte de tensão em duas situações: com o grafite inteiro e com o grafite partido ao meio.

No primeiro experimento do grafite, 16 % dos estudantes previram a incandescência, e ao justificarem o que havia ocorrido, 24% apresentaram respostas corretas. Esse percentual elevou-se para 32% de respostas corretas após a utilização do simulador computacional. Com isso, percebe-se que a utilização de simuladores combinados com outras ferramentas tem o potencial de proporcionar uma abordagem enriquecedora e proveitosa para os envolvidos.

No segundo experimento, dos resistores de chuveiro, 40% dos estudantes previram corretamente que o resistor de menor comprimento aqueceria mais a água, e para isso formularam suas hipóteses explicativas. Porquanto, para a maior parte da turma, o resistor de maior comprimento aqueceria mais a água, evidenciando que, embora já tivessem sido

apresentados ao conteúdo, ainda assim, muitos estudantes mantinham ideias enraizadas do senso comum, de que quanto maior o comprimento do resistor, maior é a corrente elétrica que o percorre. Isso pode ser devido ao ensino tradicional privilegiar a memorização e resolução de exercícios em detrimento dos conceitos e observação dos fenômenos físicos.

Com relação às atividades de analogia ponte destacamos que, ao realizarem o experimento com a lâmpada dimerizável, 100% dos estudantes concluíram que o brilho da lâmpada se relacionava diretamente com a potência dissipada. Ao ser apresentado o experimento com os grafites: um inteiro e outro partido, 84% dos estudantes previram que o de menor comprimento dissiparia maior potência. No entanto, após a observação do experimento, 92% dos estudantes explicaram corretamente que o grafite de menor comprimento havia dissipado maior potência.

Após a realização das atividades de analogia ponte, o experimento com os resistores de chuveiro foi retomado e os estudantes reformularam suas explicações. Nessa etapa, verificou-se que 76% dos estudantes formularam explicações corretas, representando significativo aumento no percentual dos argumentos válidos, em comparação com o percentual de acerto quando o experimento foi apresentado pela primeira vez. Esse notável aumento de respostas corretas evidencia que os experimentos de analogia ponte foram eficazes, mostrando-se capazes de criar uma analogia clara e relevante, assemelhando-se ao fenômeno estudado e possibilitando que os estudantes pudessem fazer comparações úteis.

Durante a aplicação do produto educacional, observaram-se mudanças estruturais nas respostas dos estudantes, evidenciadas pela inserção de elementos de cunho físico, como tensão, corrente e potência elétrica. Essa evolução conceitual na escrita forneceu indícios da efetividade da sequência didática aplicada.

Portanto, a adoção de abordagens pedagógicas alternativas, como a metodologia POE, mostra-se promissora como estratégia eficaz para o ensino de física. Ao integrar a previsão, observação e explicação às práticas pedagógicas, os estudantes são incentivados a desenvolver habilidades de pensamento crítico e investigativo, preparando-os para os desafios do mundo científico contemporâneo.

Assim, após analisar as respostas e considerar o engajamento, participação e empenho dos estudantes ao longo da implementação deste trabalho, entende-se que o produto educacional pode ser visto como uma ferramenta satisfatória para o ensino de potência elétrica de aparelhos resistivos.

Verifica-se, em relação ao produto educacional, potencialidades a serem exploradas em outros conteúdos, como sua utilização em calorimetria para análise da curva de aquecimento de

diferentes substâncias, ou o uso do experimento da lâmpada dimerizável para explorar a correta utilização dos medidores elétricos – amperímetro e voltímetro. Para mais, o experimento com os resistores de chuveiro pode ser adaptado, substituindo-se o sensor de temperatura arduino por um termômetro, digital ou analógico, o que reduziria o valor do produto, tornando-o ainda mais acessível.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- BEATRIZ ALVARENGA, Antônio M. **Física**. 1. ed. São Paulo: Scipione, v. 3, 2006.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v.19, dezembro 2002. pág. 291-313.
- BRASIL, Ministério D. E. Base Nacional Comum Curricular - BNCC, Brasília, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. D. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação.. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, 2018. 765–794.
- CARVALHO, Anna M. P. D. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2018. pág. 765-794.
- CARVALHO, Anna M. P. D. **Ensino de ciências por investigação**. São Paulo: Cengage, 2022.
- D.G.G. SASAKI, Robson J. D. S. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 37, nº3, 2015.
- D.G.G. SASAKI, V.L.B. D. J. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 39, nº 2, 2017.
- DAVID HALLIDAY, Robert R. J. W. **Fundamentos de física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 3, 2016.
- DELIZOICOV, D. **Problemas e problematização**. In: Pietrocola (org.) Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2001.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**. 77. ed. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 2023.
- MOREIRA, Marco A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**., 1, n.1, 2013. 1-13.
- MOREIRA, Marco A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v.32, n.94, 2018. pág. 73-80.
- NEDELSKY, L. L. **Science Teaching and Testing**. [S.l.]: Chicago University Press, 1961.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, v. 3, 2015.
- PAUL A. TIPLER, Gene M. **Física para engenheiros e cientistas**. 6. ed. [S.l.]: LTC, v. 2, 2016.

PIAGET., Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

R. WHITE, R. G. **Probing Understanding.** London: Falmer, 1992.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco. **Os fundamentos da Física.** 9. ed. São Paulo: Moderna, v. 3, 2007.

ROSA, C. W.; PINHO-ALVES, J. Ferramentas didáticas metacognitivas: alternativas para o ensino de Física. **ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA.**, 11, Curitiba São Paulo; SBF, 2008.

YOUNG, Hugh D. S. E. Z. **Eletromagnetismo.** 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, v. 3, 2015.

APÊNDICE A – MANUAL DO PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DÉBORA DE OLIVEIRA GLANZMANN

PRODUTO EDUCACIONAL

**PROPOSTAS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE
POTÊNCIA ELÉTRICA EM APARELHOS RESISTIVOS**

JUIZ DE FORA

2024

DÉBORA DE OLIVEIRA GLANZMANN

**PROPOSTAS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE
POTÊNCIA ELÉTRICA EM APARELHOS RESISTIVOS**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Uma proposta de ensino por investigação sobre potência elétrica de circuitos resistivos, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 – UFJF / IF Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Alysson Miranda de Freitas

JUIZ DE FORA

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a concretização desse projeto.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro oferecido durante a realização deste trabalho.

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

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	6
2. REFERENCIAL METODOLÓGICO	8
3. O PRODUTO EDUCACIONAL	10
3.1. Experimento do grafite.....	10
3.2. Experimento com simulador computacional.....	10
3.3. Experimento com resistores de chuveiro	11
3.4. Experimento com lâmpada dimerizável.....	19
3.5. Experimento com grafite partido ao meio.....	21
4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	23
4.1. Descrição da aula 1	23
4.2. Descrição da aula 2	26
4.3. Descrição da aula 3	28
4.4. Descrição da aula 4	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31

Lista de figuras

Figura 1 - (a) Grafite. (b) fonte de tensão.....	10
Figura 2 - Recipiente com resistores.	11
Figura 3 - Registro das temperaturas no display de LCD.....	11
Figura 4 - Recipiente de plástico.	12
Figura 5 - Sensor Dallas de temperatura.	13
Figura 6 - Display LCD.....	13
Figura 7 – Resistor de chuva.	13
Figura 8 - Fonte chaveada de tensão.	14
Figura 9 - Ligação da placa arduino UNO na protoboard.	14
Figura 10 - Ligação do display LCD na protoboard e na placa UNO.	15
Figura 11- (a) Conexões do borne. (b) Circuito completo.	15
Figura 12 - Imagem da tampa e o os respectivos furos.	16
Figura 13 - Representação esquemática do experimento.	16
Figura 14 - Circuito montado sobre a tampa do recipiente.	17
Figura 15 - Experimento montado: (a) vista frontal. (b) vista superior.....	17
Figura 16 - Caixa em mdf e seus componentes.	20
Figura 17 - Ligações na caixa.....	20
Figura 18 - Experimento montado.....	21
Figura 19 - (a) grafite maior. (b) grafite menor. (c) fonte de tensão.	22
Figura 20 - Interface do simulador: Circuito-resistor-bateria.....	24

1. APRESENTAÇÃO

Este produto educacional foi desenvolvido para abordar o ensino de potência elétrica em circuitos resistivos.

A escolha dessa temática deve-se ao fato de que, na maioria dos livros didáticos, são encontradas poucas atividades experimentais dedicadas ao ensino de potência elétrica. Além disso, os conceitos físicos abordados, são utilizados por diversos equipamentos elétricos que os estudantes usam constantemente, como chuveiro elétrico, ferro elétrico e secador de cabelo. Com isso, percebemos a oportunidade da elaboração de uma sequência de ensino contextualizada com o dia a dia dos estudantes, aproximando-os do conhecimento científico, além, do levantamento de discussões sobre consumo consciente de energia elétrica.

O produto educacional é constituído por três experimentos, sendo um deles composto por um grafite ligado a uma fonte de tensão, cujo objetivo é a demonstração do efeito Joule. O outro experimento destaca dois resistores de chuveiro ligados a uma fonte de tensão e imersos em água, no qual em um dos resistores os terminais da fonte são ligados em suas extremidades de modo que a corrente elétrica atravessasse todo o resistor, e no outro, os terminais da fonte são ligados no pino central e em uma das extremidades, de modo que a corrente elétrica atravessasse apenas a parte menor do resistor. O objetivo deste experimento é questionar o estudante sobre em qual situação a temperatura da água se eleva mais rapidamente.

Já, o terceiro experimento é composto por uma lâmpada dimerizável ligada a uma fonte de tensão, e tem por objetivo demonstrar a relação entre a intensidade da corrente elétrica e a potência dissipada em um elemento resistivo, proporcionando uma maior compreensão dos estudantes sobre o experimento anterior.

Destacamos que o produto educacional foi elaborado considerando que os estudantes já possuam conhecimento prévio sobre o conteúdo abordado, sendo necessário para que sejam capazes de apresentar argumentos básicos suficientes para a elaboração de suas hipóteses.

Como espera-se que os estudantes respondam que o resistor de maior comprimento irá aquecer a água mais rapidamente, adotamos como metodologia de ensino para aplicação do produto educacional a metodologia POE, que se baseia no conflito cognitivo como uma estratégia de ensino.

Pressupomos que os conflitos cognitivos gerados com os experimentos aumentem o engajamento dos estudantes com as atividades propostas e que, com o intermédio das atividades de analogia ponte utilizadas, sejam capazes de participar ativamente da construção de seu conhecimento.

Consideramos, portanto, que os conhecimentos adquiridos previamente, de maneira tradicional, sejam confrontados e ressignificados, resultando em uma aprendizagem expressiva e duradoura.

2. REFERENCIAL METODOLÓGICO

A utilização de metodologias ativas têm sido uma importante aliada no ensino da física, já que enfatiza a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento. A ideia é que, ao serem mais envolvidos no processo de aprendizagem, os estudantes desenvolvam habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração, além de se sentirem mais motivados a aprender (CARVALHO, 2018).

Sendo assim, no produto educacional é apresentada uma sequência didática baseada no conflito cognitivo: a metodologia POE (Previsão – Observação – Explicação) em que ao longo das aulas os estudantes serão levados a expor seu conhecimento e em seguida, por meio de experimentos e simulações, terão suas ideias confrontadas (D.G.G. SASAKI, 2017).

A metodologia POE é uma abordagem educacional que enfatiza a aprendizagem prática e a resolução de problema, e destaca a importância de envolver os estudantes em atividades práticas e experiências do mundo real para aprimorar o entendimento dos conceitos e promover uma aprendizagem mais significativa.

Na primeira etapa da metodologia POE ocorre a previsão, em que, antes da realização de um experimento ou de uma simulação, os estudantes devem prever o que acontecerá, por meio de estabelecimento de hipóteses, ou pela formulação de suposições a respeito dos resultados esperados.

Na etapa da observação, o experimento ou a simulação são realizados, e os estudantes são incentivados a realizarem observações detalhadas, observando e registrando informações relevantes e identificando padrões. Essa etapa envolve a exploração ativa e a busca por dados pertinentes ao tema em questão.

E por fim, na etapa da explicação, as informações coletadas são analisadas e interpretadas. Os estudantes devem analisar se o que foi observado coincide com a previsão realizada inicialmente. Nessa etapa, ao elaborar uma nova explicação, ou seja, um novo conhecimento sobre o fenômeno ocorrido, o estudante tem a oportunidade de ressignificar seus conhecimentos prévios.

Ao se empregar a metodologia POE, é esperado que ocorram divergências entre as previsões feitas pelos estudantes e as observações realizadas, isto é, que os resultados do experimento ou da simulação sejam distintos do que foi inicialmente prognosticado. Essa disparidade provoca um conflito cognitivo, o qual possui um potencial significativo para aumentar o interesse, a atenção e a curiosidade dos estudantes, o que possibilita a revisão de suas concepções prévias, muitas vezes enraizadas no senso comum (D.G.G. SASAKI, 2017).

Adicionalmente, como uma ferramenta facilitadora fundamental para o êxito da metodologia, devem ser apresentadas analogias ou experimentos "pontes" relacionados ao tema em discussão. Essas analogias consistem em comparações através de outros experimentos, simulações ou demonstrações práticas, que buscam estabelecer semelhanças entre os novos conceitos e aqueles já conhecidos. Tais ferramentas desempenham um papel crucial ao conectar ou "construir pontes" entre conceitos mais familiares e os mais complexos no âmbito científico, contribuindo assim para a compreensão e transferência de conhecimento.

3. O PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional é composto por quatro experimentos e uma simulação computacional. A seguir vamos descrever com maiores detalhes a construção de cada um dos experimentos bem como seus objetivos educacionais.

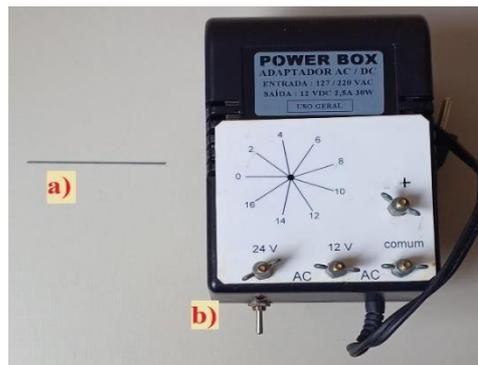
3.1. Experimento do grafite

Esse experimento será utilizado para a verificação do conhecimento prévio do estudante sobre o efeito Joule.

Materiais utilizados:

- 1 grafite 2B de espessura 0.7mm, inteiro, o mesmo utilizado em lapiseiras (figura 1a).
- Fonte de tensão, de saída 12V (figura 1b), com garras jacaré.

Figura 1 - (a) Grafite. (b) fonte de tensão.



Fonte: Do autor (2024).

Os terminais da fonte devem ser ligados às extremidades dos grafites, sendo fornecida uma ddp de 12V. Após alguns segundos o grafite torna-se incandescente.

Sugerimos uma fonte de saída de valor reduzido, como a utilizada. Caso contrário, o grafite queimará instantaneamente, não permitindo uma boa observação.

3.2. Experimento com simulador computacional

Essa atividade, com o uso do simulador virtual, comporta-se como analogia ponte, já que tem objetivo de auxiliar os estudantes a relacionarem o que foi observado com o grafite com os conceitos físicos relevantes.

O simulador: Circuito – resistor – bateria está à disposição, de forma gratuita, na plataforma Phet colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/battery-

resistor-circuit. Neles, os estudantes podem interagir alterando grandezas como tensão e resistência elétrica.

3.3. Experimento com resistores de chuveiro

O segundo experimento consiste em dois resistores de chuveiro, idênticos, ligados a uma fonte de tensão e colocados em recipientes com quantidades iguais de água a uma mesma temperatura (figura 2). Em um dos resistores, os terminais da fonte devem ser conectados ao pino central e em uma de suas extremidades, resultando na passagem da corrente elétrica apenas pela porção menor do resistor. Já, no outro, os terminais da fonte devem ser conectados em ambas as extremidades, permitindo que a corrente elétrica percorra o resistor completamente.

Figura 2 - Recipiente com resistores.



Fonte: Do autor (2024).

Em cada recipiente a temperatura será monitorada por um sensor de temperatura; um display de LCD (figura 3) registrará tais valores. Para facilitar o transporte do aparato, optamos em utilizar um único recipiente com duas divisórias internas.

Figura 3 - Registro das temperaturas no display de LCD.



Fonte: Do autor (2024).

O objetivo desse experimento é questionar sobre em qual situação a água aquecerá mais rapidamente. Acreditamos que tal abordagem tem o potencial de criar um conflito cognitivo no estudante, sendo este o objetivo dentro da metodologia de aplicação.

Para a montagem foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 recipiente de plástico, (figura 4), de comprimento, largura e altura, respectivamente, iguais a: 18 cm x 12 cm x 7 cm,
 - 2 sensores de temperatura Dallas DS18B20 (figura 5), um para cada divisória do recipiente,
 - 1 display de LCD 20 x 4 (figura 6),
 - 2 resistores de chuveiro elétrico, de potência de 4400W (figura 7),
 - 4 garras jacaré,
 - 1 fonte de energia (figura 8),
 - 1 placa de Arduíno UNO e cabo USB para conectá-lo a um computador,
 - 1 Resistor de 4,7 k Ω (cores: amarelo, roxo, vermelho e dourado),
 - Jumpers,
 - 2 tomadas pino macho,
 - 1 placa protoboard,
 - 1 conector Borne de 3 Vias,
 - 2 metros de fios para circuito, de 6mm²,
 - 1 cabo USB 2.0,
 - 1 rolo de fita isolante,
- O recipiente de plástico é facilmente encontrado em lojas de utensílios domésticos.

Figura 4 - Recipiente de plástico.



Fonte: Do autor (2024).

Figura 5 - Sensor Dallas de temperatura.



Fonte: Disponível em: www.makerhero.com.blg. Acesso em 24/01/2024.

O Sensor Dallas de temperatura DS18B20 é um dispositivo que possibilita a medição precisa e confiável da temperatura. Sua comunicação com o Arduino ocorre por meio do protocolo OneWire⁴, proporcionando informações sobre a temperatura ambiente ou de um objeto específico.

Figura 6 - Display LCD



Fonte: Do autor (2024).

Figura 7 – Resistor de chuveiro.



Fonte: Do autor (2024).

⁴ O protocolo OneWire é um método de comunicação serial que permite a transferência de dados entre dispositivos usando apenas um fio para ambos os sentidos de comunicação (transmissão e recepção de dados).

Como fonte de energia optou-se por utilizar uma fonte chaveada de tensão (figura 8) que apresenta baixo custo e, usualmente, é utilizada em aparelhos de som automotivos. A fonte utilizada fornece uma tensão de saída de 12V.

Figura 8 - Fonte chaveada de tensão.

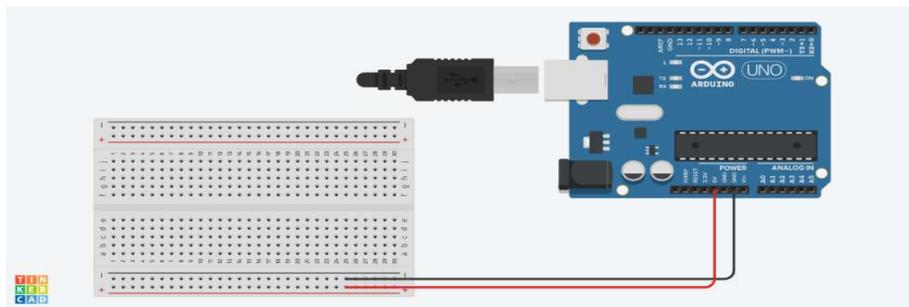


Fonte: Do autor (2024).

1- Ligando o arduino na protoboard.

A protoboard é dotada de polos, positivo e negativo. Primeiramente, identifique-os. Em seguida, para energizá-la, ligue o pino GND da placa do arduino UNO no negativo da protoboard e o pino 5V no positivo da protoboard (figura 9).

Figura 9 - Ligação da placa arduino UNO na protoboard.



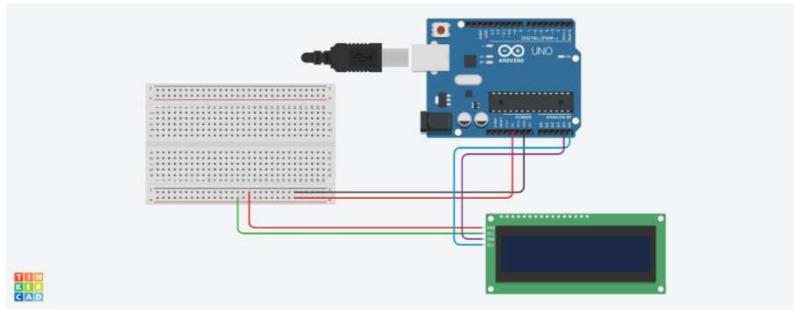
Fonte: Do autor (2024).

2- Ligando a tela LCD.

No verso do display há quatro pinos, identifique-os: GND, VCC, SDA e SCL.

Para ligar o display LCD, o seu pino GND deve ser conectado no negativo da protoboard, o VCC no positivo, o SDA na porta analógica A4 e o SCL na porta analógica A5, (figura 10). Caso precise ajustar o contraste ou a luminosidade do display, no verso do dispositivo há um pequeno calibrador, basta girá-lo.

Figura 10 - Ligação do display LCD na protoboard e na placa UNO.



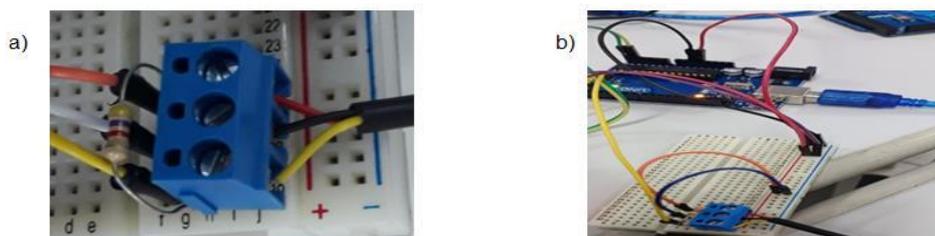
Fonte: Do autor (2024).

3 - Conectando o sensor de temperatura ao borne e à protoboard.

O sensor de temperatura tem, em um dos extremos, três fios, nas cores: amarelo, vermelho e preto. No produto foi utilizado apenas um borne para conectar os dois sensores, a fim de ocupar menos espaço no circuito.

Para a ligação, primeiramente, encaixe o borne à protoboard. Em seguida, na primeira entrada do borne, conecte os fios amarelos dos sensores de temperatura, na segunda entrada, os fios pretos e na terceira, os fios vermelhos. Em seguida, conecte o resistor de $4,7\text{ k}\Omega$ em paralelo com o borne (figura 11a). Depois, conecte a saída do fio amarelo, do sensor de temperatura, à porta digital 2 do arduino; a saída do fio preto, do sensor, ao negativo da protoboard e a saída do fio vermelho ao positivo da protoboard, (figura 11b).

Figura 11- (a) Conexões do borne. (b) Circuito completo.



Fonte: Do autor (2024).

Para iniciar a montagem do recipiente com resistor corte o fio em 4 pedaços de aproximadamente 50 cm. Na tampa do recipiente faça três pequenos furos acima de cada uma das divisórias (figura 12). Em um dos furos encaixe o sensor de temperatura de tal forma que não encoste no fundo nem nas laterais do recipiente pois poderá interferir na temperatura aferida. Nos outros dois furos, encaixe, em cada um, um dos pedaços do fio. Em cada uma das extremidades do fio, que está dentro do recipiente, solde ou prenda as garras de jacaré, para segurarem o resistor, que também pode ser preso diretamente aos fios, dispensando as garras

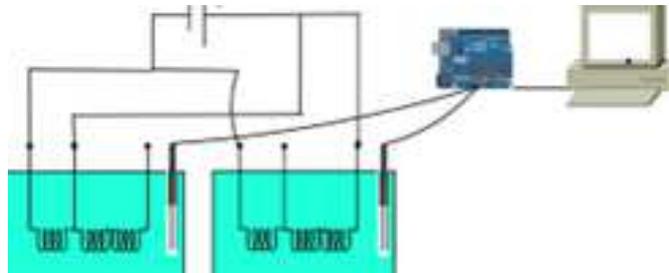
(figura 13). Nas outras extremidades do fio, que estão do lado de fora do recipiente, encaixe a tomada pino macho. Realize o processo para as duas divisórias do recipiente.

Figura 12 - Imagem da tampa e os respectivos furos.



Fonte: Do autor (2024).

Figura 13 - Representação esquemática do experimento.



Fonte: Do autor (2024).

Sugerimos que o circuito montado na etapa anterior (protoboard e placa Arduino) seja colocado sobre a tampa do recipiente, para que todo o conjunto ocupe menor espaço, além de facilitar o transporte do aparato (figura 14).

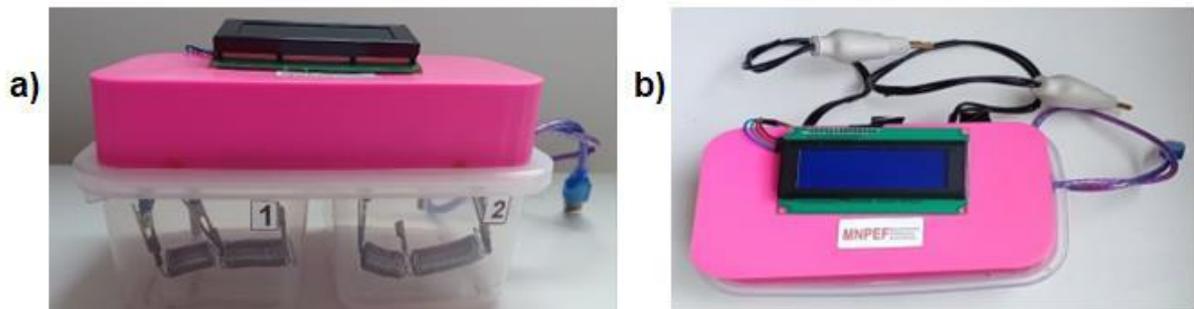
Figura 14 - Circuito montado sobre a tampa do recipiente.



Fonte: Do autor (2024).

Prezando pela durabilidade, melhor design e atratividade visual, foi utilizado outro recipiente para cobrir o circuito e servir de base para fixação do display de LCD, como verificase na figura 15.

Figura 15 - Experimento montado: (a) vista frontal. (b) vista superior.



Fonte: Do autor (2024).

Conecte o cabo USB a um computador com o Arduíno instalado, foi utilizado o IDE 1.0.5.

Código fonte:

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h> // Biblioteca utilizada para fazer a

#define dados 2 /*o pino de dados do sensor está ligado na porta 2 do Arduino*/
OneWire oneWire(dados);
#define col 20 // Serve para definir o numero de colunas do display utilizado
#define lin 4 // Serve para definir o numero de linhas do display utilizado
#define ende 0x3F // Serve para definir o endereço do display.
```

LiquidCrystal_I2C lcd(ende,col,lin); // Chamada da função LiquidCrystal para ser usada com o I2C

*DallasTemperature sensors(&oneWire); /*encaminha referências OneWire para o sensor*/*

int ndispositivos = 0;
float tempC;

void setup()

```
{
  sensors.begin();
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Localizando Dispositivos ...");
  Serial.print("Encontrados ");
  ndispositivos = sensors.getDeviceCount();
  Serial.print(ndispositivos, DEC);
  Serial.println(" dispositivos.");
  Serial.println("");
```

lcd.init(); // Serve para iniciar a comunicação com o display já conectado

lcd.backlight(); // Serve para ligar a luz do display

lcd.clear(); // Serve para limpar a tela do display

}

void loop()

```
{
  sensors.requestTemperatures();
```

tempC = sensors.getTempCByIndex(0);

Serial.print(tempC);

Serial.print(" ");

tempC = sensors.getTempCByIndex(1);

Serial.print(tempC);

Serial.println("");

//leitura sensor 1

lcd.setCursor(2,0); // Coloca o cursor do display na coluna 2 e linha 1

lcd.print("Temp.1: ");

lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));

lcd.setCursor(16, 0); //Coloca o cursor do display na coluna 16 e linha 3

lcd.print("C");

//leitura sensor 2

lcd.setCursor(2, 2); //Coloca o cursor do display na coluna 1 e linha 2

lcd.print("Temp.2: "); // Comando de saída com a mensagem que deve aparecer na coluna 2 e linha 2

lcd.setCursor(10, 2); //Coloca o cursor do display na coluna 1 e linha 1

```

    lcd.print(sensors.getTempCByIndex(1));
    lcd.setCursor(16, 2); //Coloca o cursor do display na coluna 16 e linha 3
    lcd.print("C"); // Comando de saida com a mensagem que deve aparecer na coluna 2 e linha
3
    lcd.setCursor(7, 3); //Coloca o cursor do display na coluna 1 e linha 2
    lcd.print("MNPEF");

    delay(500);

}

```

3.4. Experimento com lâmpada dimerizável

Esse experimento é constituído por caixa em mdf, lâmpada dimerizável e dimmer rotativo. Verificar-se-á, com o auxílio de amperímetro e voltímetro, a potência elétrica dissipada e o respectivo brilho da lâmpada.

Esse aparato será utilizado como analogia ponte, ou seja, tem o objetivo de auxiliar os estudantes a compreenderem melhor o ocorrido com o experimento dos resistores.

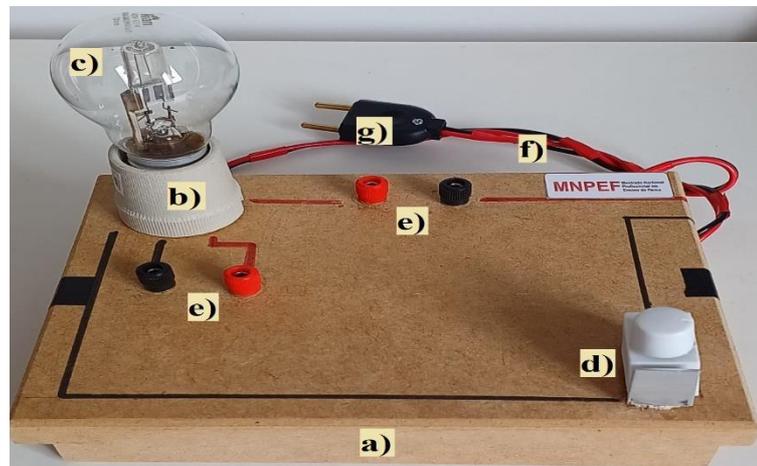
Para a confecção da caixa, foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 caixa de mdf de dimensões: 20cm x 15cm x 5cm, com tampa (figura 16a),
- 1 bocal de lâmpada (figura 16b),
- 1 lâmpada dimerizável (figura 16c), ou lâmpada halógena,
- 1 dimmer rotativo (figura 16d),
- 4 bornes para plugs banana (figura 16e),
- 2 metros, aproximadamente, de fios para circuito, de 2mm² (figura 16f),
- 1 tomada pino macho (figura 16g),
- Ferro de solda,
- 1 rolo de fita isolante.

Para a medição da tensão e da corrente elétrica, foram utilizados:

- 1 multímetro, na função amperímetro,
- 1 multímetro, na função voltímetro,
- 4 cabos de conexão banana.

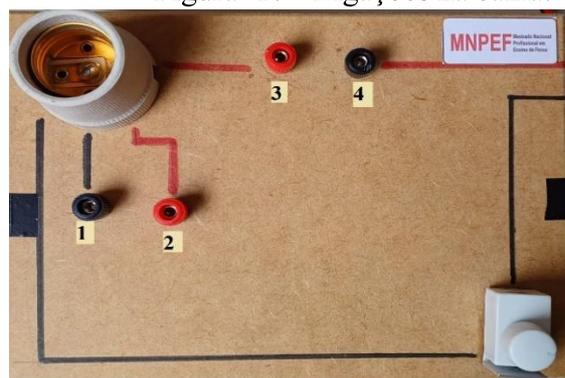
Figura 16 - Caixa em mdf e seus componentes.



Fonte: Do autor (2024).

Para a montagem da caixa, primeiramente, fure a tampa, para encaixar o bocal, os bornes e o dimmer. No verso da tampa solde os fios, que ligam os bornes ao bocal, de tal forma que dois deles fiquem em paralelo com o bocal, pinos 1 e 2 (figura 17), e dois deles em série com o bocal, pinos 3 e 4 (figura 17). Do bocal devem sair dois fios, um deles será ligado ao borne 2 (figura 17) e o outro será ligado em um dos fios do dimmer. No pino macho (figura 16g), serão ligados o outro fio do dimmer e um fio vindo do borne 4 (figura 17).

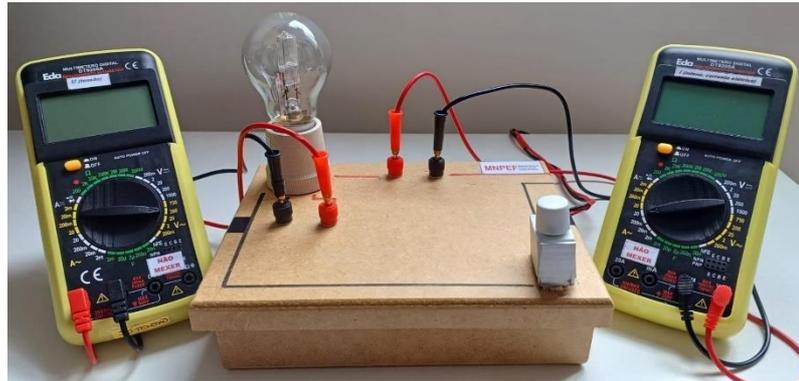
Figura 17 - Ligações na caixa.



Fonte: Do autor (2024)

Para as medições de tensão e corrente elétrica, o voltímetro deve ser ligado aos conectores 1 e 2 (figura 17) e o amperímetro, aos conectores 3 e 4 (figura 17), respectivamente, de tal forma que o experimento completo fique conforme a figura 18.

Figura 18 - Experimento montado.



Fonte: Do autor (2024).

Recomenda-se que o voltímetro e o amperímetro sejam ligados pelo professor e que os estudantes apenas manipulem o dimmer, para aumentar ou diminuir a intensidade do brilho da lâmpada, e façam as anotações dos valores de corrente e tensão mostrados nos multímetros.

Ao professor, embora possua conhecimento técnico, sugerimos atenção na regularem do multímetro, principalmente ao conectá-lo aos pinos 1 e 2, para medir a tensão. Caso esteja selecionado, equivocadamente, como amperímetro ou com um fundo de escala incorreto, poderá danificar todo o circuito.

3.5. Experimento com grafite partido ao meio

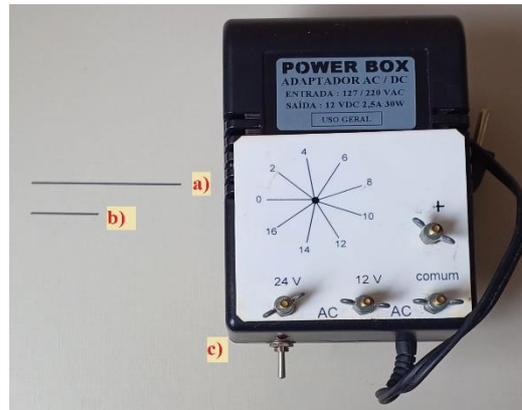
Esse experimento será utilizado como uma analogia ponte, para que os estudantes, ao observarem que o grafite de menor comprimento produz maior luminosidade, possam repensar e reavaliar suas interpretações e explicações sobre os resultados do experimento com os resistores de chuveiro.

Materiais utilizados:

- 2 grafites 2B de espessura 0.7mm, o mesmo utilizado em lapiseiras, sendo que um será usado com todo o seu comprimento (figura 19a) e o outro deve ser cortado, aproximadamente, ao meio (figura 19b).

- Fonte de tensão, de saída 12V (figura 19c), com garras jacaré.

Figura 19 - (a) grafite maior. (b) grafite menor. (c) fonte de tensão.



Fonte: Do autor (2024)

4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática (SD) foi estruturada para ser aplicada em turmas do ensino médio, durante, no mínimo, 4 aulas, assim distribuídas:

4.1. Descrição da aula 1

Momento 1 - experimento: grafite ligado à fonte de tensão

Os estudantes serão indagados, individualmente, por meio de uma questão, a partir de seus conhecimentos prévios, sobre o que é esperado que aconteça ao ligar os extremos do grafite aos polos da bateria (figura 1). Farão, portanto, uma previsão. É esperado que acertem, para que fiquem confiantes e estimulados a participarem.

1ª ETAPA – PREVISÃO

ATIVIDADE EXPERIMENTAL: GRAFITE LIGADO A UMA FONTE DE TENSÃO

Questão 1. Considere a seguinte situação: os extremos do grafite serão ligados a uma fonte de tensão. O que você prevê que acontecerá? Por quê?

Na sequência, o experimento é realizado, e os estudantes além de observar, deverão anotar, com bastante detalhes, o que foi percebido. Em seguida, deve ser apresentada a próxima questão.

2ª ETAPA – OBSERVAÇÃO

ATIVIDADE EXPERIMENTAL: GRAFITE LIGADO A UMA FONTE DE TENSÃO

Questão 2. A) Faça suas anotações. Descreva detalhadamente o que aconteceu com o grafite.

B) Aconteceu o que você previu?

C) O que ocorreu de diferente da sua previsão?

3ª ETAPA – EXPLICAÇÃO 1

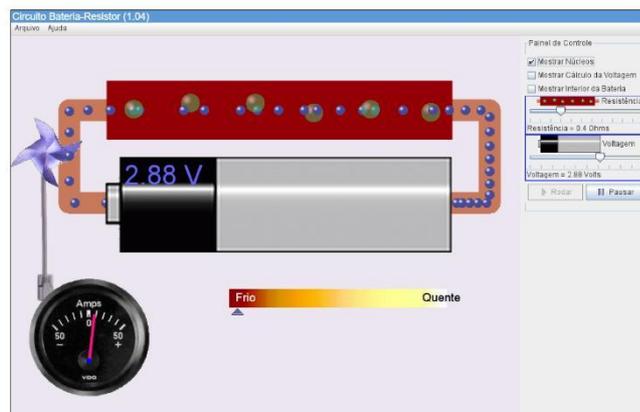
ATIVIDADE EXPERIMENTAL: GRAFITE LIGADO A UMA FONTE DE TENSÃO

Questão 3. Baseado em seus conhecimentos, formule uma hipótese, fundamentada cientificamente, com o que ocorreu com o grafite.

Momento 2 – experimento: simulador computacional

Após o experimento do grafite será apresentada uma simulação computacional do PHET COLORADO disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/battery-resistor-circuit/latest/battery-resistor-circuit.html?simulation=battery-resistor-circuit&locale=pt_BR, em que os estudantes poderão sugerir alterações nos valores da tensão e da resistência elétrica (figura 20).

Figura 20 - Interface do simulador: Circuito-resistor-bateria.



Fonte: Phet colorado. Disponível em 25/01/2024.

Essa simulação será utilizada como analogia ponte, uma vez que é esperado que os estudantes percebam que há atrito (colisão) entre os elétrons da corrente elétrica e os átomos do material (condutor) por onde a corrente passa. Com isso, acredita-se que o efeito Joule possa ser compreendido como um fenômeno de origem microscópica e também que seja assimilado que quanto maior a resistência elétrica, mais colisões ocorrem no interior do condutor, resultando em uma menor passagem de corrente. Após a demonstração do simulador os estudantes devem elaborar novamente uma explicação sobre o que fora verificado com o grafite.

EXPLICAÇÃO 2

Questão 4. Após a utilização do simulador (resistor – bateria) formule novamente uma hipótese, cientificamente fundamentada, sobre o que ocorreu com o grafite ao ser ligado a uma fonte de tensão.

Momento 3: proposta de atividade de pesquisa extra classe

Será entregue aos estudantes um questionário para ser preenchido em suas residências a respeito dos principais eletrodomésticos e suas respectivas potências elétricas. Também será solicitado que estimem o tempo de utilização dos mesmos e que calculem o consumo de energia elétrica mensal.

ATIVIDADE EXTRA CLASSE

Neste trabalho, vamos fazer uma investigação do consumo de energia dos principais aparelhos elétricos que você tem em casa e realizar uma estimativa dos custos com a energia elétrica que é gasta em sua residência.

Pesquise, e anote na tabela abaixo, a potência elétrica dos principais eletrodomésticos utilizados e estime o tempo de seu funcionamento (em horas).

Equipamento	Potência elétrica média	Número de dias em uso por mês	Tempo médio de uso por dia	Consumo médio em kWh
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
			Consumo médio em kWh	

Atenção: para sua segurança, desconecte o equipamento da tomada para verificar as informações necessárias.

Avalie dentre os equipamentos listados, quais são os que mais consomem energia e elabore uma estratégia para diminuir os gastos com energia elétrica e elabore estratégias que visem a redução do consumo de energia elétrica:

4.2. Descrição da aula 2

Sugerimos que a aula seja iniciada questionando-se os estudantes sobre como a temperatura de alguns dispositivos como ferros e secadores elétricos é alterada e também como a temperatura da água pode ser alterada em chuveiros elétricos. Espera-se promover uma discussão sobre circuitos de resistências elétricas variáveis.

Neste momento, deve ser apresentado o experimento do recipiente com os resistores de chuveiro (figura 15). Quantidades idênticas de água devem ser colocadas em cada divisória do recipiente. Sugere-se o uso de uma balança ou de um copo graduado. Quando o conjunto for ligado, em uma das partes do recipiente, o resistor terá todo o seu comprimento percorrido por corrente elétrica. Já na outra divisória, apenas uma parte do comprimento do resistor será percorrido por corrente quando ligado à fonte de energia. Nas duas situações o sensor Arduino de temperatura registrará a variação de temperatura da água em função do tempo.

Sugerimos que seja utilizado um televisor ou um projetor de imagens datashow para que os gráficos de aquecimento de cada sensor, gerados pelo arduino, sejam demonstrados aos estudantes, tornando-se mais um recurso no processo de aprendizagem.

Antes de iniciar os experimentos, os estudantes podem ser questionados sobre em qual dos dois casos a água aquecerá mais rapidamente, de acordo com as questões:

1ª ETAPA – PREVISÃO

ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTORES DE CHUVEIRO



Questão 1.A) Faça uma previsão sobre o que acontecerá, em cada caso, quando ligarmos os circuitos.

B) Após 2 minutos de funcionamento em qual dos dois recipientes a água terá aquecido mais? Justifique sua resposta.

2ª ETAPA – OBSERVAÇÃO

Observe agora o experimento em execução e responda às seguintes questões:

Questão 2.A) Descreva sucintamente o que você observou durante a realização do experimento.

B) Suas previsões feitas na questão 1, de fato, aconteceram durante a execução do experimento?

C) Relate as possíveis discordâncias ocorridas entre suas previsões e o que você observou durante a realização do experimento.

3ª ETAPA – EXPLICAÇÃO

Questão 3. Reflita sobre as discordâncias entre suas previsões e os fatos observados no experimento e pense em possíveis equívocos que possam existir no modelo de explicação que você utilizou na questão 1 para justificar suas previsões. Reformule seu modelo explicativo para justificar os fatos observados no experimento.

4.3. Descrição da aula 3

O experimento da lâmpada dimerizável tem como objetivo ser um experimento "ponte", estabelecendo conexões entre conceitos já conhecidos pelos estudantes e os novos conceitos que estão sendo introduzidos. Espera-se que sirva como uma espécie de ligação entre aquilo que já sabem e o que estão aprendendo, tornando o processo de assimilação mais suave e efetivo.

Sugerimos que nessa atividade a turma seja dividida em grupos de 3 estudantes, devendo ser orientados a utilizarem o dimmer rotativo para variar a intensidade do brilho da lâmpada em três situações distintas. Para cada situação, deverão anotar os valores da tensão e da corrente elétrica indicados pelo voltímetro e amperímetro, respectivamente, realizando os cálculos da potência dissipada em cada uma das situações analisadas.

EXPERIMENTO COM A LÂMPADA DIMERIZÁVEL

Neste experimento o dimmer deverá ser regulado e o brilho da lâmpada observado em três intensidades distintas: brilho mais fraco; brilho moderado e brilho mais intenso. Para cada situação, utilizando o multímetro, nas funções: voltímetro e amperímetro, meça a respectiva tensão e corrente elétrica. Em seguida efetue os cálculos para a potência dissipada.

	Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (A)	Potência Elétrica Dissipada (W)
SITUAÇÃO 1 (brilho mais fraco)			
SITUAÇÃO 2 (brilho moderado)			
SITUAÇÃO 3 (brilho mais intenso)			

Questão 1. O que você observou sobre a relação entre o brilho da lâmpada e a respectiva potência dissipada por ela?

Espera-se que os estudantes percebam que quanto maior o brilho da lâmpada, maior a corrente elétrica e, conseqüentemente, maior a potência dissipada.

Sugestionamos, ao professor, que explore como os aparelhos de medida, voltímetro e amperímetro, devem ser ligados em um circuito. Também pode ser explanado, mesmo que com poucos detalhes, o funcionamento de um potenciômetro e suas principais características que o difere de um reostato.

4.4. Descrição da aula 4

Momento 1 - atividade experimental: dois grafites ligados a uma fonte de tensão.

A experiência do grafite será novamente utilizada. Entretanto, dessa vez, será usado um grafite inteiro e o outro grafite partido, aproximadamente, ao meio (figura 1). Ambos serão ligados, um de cada vez, à fonte de tensão.

Essa atividade, que se comporta como um experimento “ponte”, servirá para explorar as semelhanças e diferenças entre as situações conhecidas e aquelas apresentadas no experimento dos resistores do chuveiro. Novamente, os estudantes deverão elaborar suas explicações:

1ª ETAPA – PREVISÃO

ATIVIDADE EXPERIMENTAL: DOIS GRAFITES LIGADOS A UMA FONTE DE TENSÃO

Questão 1. Vamos realizar novamente o experimento do grafite. Desta vez, utilizaremos dois grafites: um maior e outro menor. Os polos dos grafites serão ligados, individualmente, a uma mesma fonte de tensão. Faça uma previsão sobre em qual situação o grafite irá emitir maior brilho. Justifique sua resposta.

2ª ETAPA – OBSERVAÇÃO

Questão 2. Descreva o que foi observado. Qual grafite emitiu maior brilho?

3ª ETAPA – EXPLICAÇÃO

Questão 3.A) Elabore uma explicação que justifique o que foi observado no experimento.

B) Em qual situação você considera que o grafite tenha dissipado maior potência elétrica?

Deseja-se que os estudantes percebam que quanto menor o comprimento do grafite, maior a incandescência gerada.

Momento 2 - retomada da atividade experimental dos resistores do chuveiro.

Com o objetivo de oportunizar aos estudantes a possibilidade de reverem seus conceitos após a realização de toda a sequência didática, o experimento dos resistores de chuveiro será retomado. Sugerimos ao professor que todo o experimento seja refeito. E, por último, outra questão deverá ser apresentada aos estudantes:

ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTORES DE CHUVEIRO

Questão 4. Vamos retomar o experimento dos resistores do chuveiro. De acordo com o conhecimento adquirido ao longo desta sequência didática, reformule uma explicação científica que justifique os fatos observados no experimento.

Momento 3 – entrega da atividade extra classe.

Nesse momento, a atividade de pesquisa extra classe será recolhida. Os estudantes poderão ser distribuídos em círculo. O professor orientará a discussão a respeito da potência elétrica e do consumo de energia elétrica dos principais eletrodomésticos pesquisados, além das sugestões de práticas que tornem possível a redução do consumo de energia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o sucesso da atividade, consideramos de suma importância que os estudantes sejam orientados a detalharem suas observações, hipóteses e conclusões, porque essa será uma das referências para análise se, de fato, houve mudança na concepção.

Destacamos que, exceto a atividade da caixa com a lâmpada dimerizável, em todas as atividades os estudantes devem ser orientados a responderem individualmente seus próprios questionários. Sugerimos que não haja conversa entre eles, o que evita que um influencie a resposta do outro. Além disso, aconselhamos que o professor incentive os estudantes a responderem aquilo que realmente pensam, não se importando apenas em acertar a resposta.

Ressaltamos ainda que o produto desenvolvido não se limita apenas ao que foi apresentado. Verificamos sua utilização em outros conteúdos, como em calorimetria, para se estabelecer uma relação entre energia elétrica e energia térmica para aquecer, por exemplo, a porção de água no recipiente; ou então, para obter a curva de aquecimento e resfriamento da água contida no interior do recipiente através do gráfico gerado pelo Arduino de aquecimento em função do tempo.

Além disso, a manipulação da caixa com a lâmpada dimerizável, com o potenciômetro e com os aparelhos de medida (amperímetro e voltímetro), por si só, apresenta-se como uma atividade interessante para ser utilizada, uma vez que retoma conceitos como a correta ligação dos aparelhos para coleta de medidas elétricas e permite que o estudante visualize as ligações em série e em paralelo dos equipamentos. Ademais, poderiam ser utilizadas lâmpadas de diferentes materiais (como incandescentes, de Led ou compactas) para a análise sobre qual delas aquece mais o ambiente à volta, e também, através de medições determinar a potência e o respectivo consumo de energia elétrica de diferentes modelos de lâmpadas, oportunizando aos estudantes a elaboração de práticas de consumo consciente de energia elétrica.

Com isso, esperamos que o produto educacional apresentado contribua de forma significativa para o aprimoramento de conceitos físicos relacionados à potência e à energia elétrica dissipada por circuitos resistivos, e que os estudantes participantes se tornem ainda mais interessados pelo estudo da física e de seus fenômenos.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A. M. P. D. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação.. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, 2018. 765–794.
- CARVALHO, Anna M. P. D. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2018. pág. 765-794.
- CARVALHO, Anna M. P. D. **Ensino de ciências por investigação**. São Paulo: Cengage, 2022.
- D.G.G. SASAKI, Robson J. D. S. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 37, nº3, 2015.
- D.G.G. SASAKI, V.L.B. D. J. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 39, nº 2, 2017.