



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

RAFAELA GARBIN DA SILVA

**EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE
FARADAY**

MARINGÁ, PR

2025

**EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE
FARADAY**

RAFAELA GARBIN DA SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação do Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo
UEM, como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em Ensino de
Física.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

MARINGÁ, PR

2025

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

Silva, Rafaela Garbin da

S586e Explorando o eletromagnetismo : uma sequência didática com experimentos para
desvendar a lei de Faraday / Rafaela Garbin da Silva. -- Maringá, PR, 2025.
xx, 307 f. : il. color., tabs.

Acompanha produto educacional: Mergulhando no eletromagnetismo : experimentos
para desvendar a lei de Faraday. 89 f.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de
Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional
em Ensino de Física (MNPEF), 2025.

1. Lei de Faraday. 2. Eletromagnetismo - Experimentos. 3. Sequência didática. 4.
Aprendizagem significativa. 5. Física - Ensino médio - Estudo e ensino. I. Fernandes, Paulo
Ricardo Garcia, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas.
Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física (MNPEF). III. Título.

CDD 23.ed. 530.07

Sintique Raquel de C. Eleutério - CRB 9/1641

**EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE
FARADAY**

RAFAELA GARBIN DA SILVA

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes
DFI/UEM

Profa. Dra. Silvana Perez
UFPA

Prof. Dr. José Roberto Dias Pereira
DFI/UEM

MARINGÁ, PR
2025

"Certo dia, em sala de aula, um professor perguntou aos alunos: 'Qual é o seu sonho, e o que te impede de realizá-lo?'"

(Reflexão provocada por um professor durante minha graduação em Física)

APRESENTAÇÃO

Prezado leitor(a), o presente trabalho parte de uma proposta de sequência didática (SD) com o objetivo de contribuir para o ensino de Física nas aulas sobre a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética. Neste trabalho, foi elaborado, desenvolvido e aplicado um Produto Educacional (PE) que buscasse despertar o interesse dos alunos para compreender tal fenômeno e fornecer subsídios para o trabalho dos professores em sala de aula.

A sequência didática é composta por atividades experimentais, questionários, rodas de conversa, debates e análise dos resultados utilizando abordagens que buscam colocar o aluno como protagonista do seu conhecimento e relacionar os conceitos físicos com as suas aplicações. Nesse sentido, algumas metodologias de ensino foram adotadas, dentre elas, a rotação por estações com experimentos que permitem a observação do fenômeno de indução eletromagnética e a manipulação dos experimentos realizada pelos alunos. Houveram também algumas análises das práticas experimentais e rodas de conversas que nortearam as aulas e a construção dos conceitos físicos a partir da compreensão dos discentes sobre os temas estudados.

As montagens experimentais utilizadas neste trabalho tiveram como inspiração as aulas da disciplina de eletromagnetismo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) ministradas pelo Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes, pois durante as aulas os fenômenos foram estudados de forma teórica e prática com auxílio de montagens experimentais realizadas nos laboratórios experimentais de Física do polo 20 (UEM), motivando assim, o interesse em explorar todos os fenômenos necessários para a compreensão da Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética, o que por sua vez tornou-se um dos objetivos deste trabalho.

Durante a construção do PE buscou-se, portanto, adaptar e construir todos os experimentos a serem utilizados de forma que possibilitasse uma melhor compreensão e visualização dos fenômenos por parte dos alunos e, com o intuito de que estas montagens experimentais pudessem ser facilmente construídas por professores do ensino médio, principalmente da rede pública que, na maioria das vezes, não disponibilizam de recursos ou acesso a laboratórios com equipamentos mais sofisticados. Portanto, acredita-se que tais experimentos podem auxiliar na aprendizagem tendo como efeito a visualização e a manipulação do fenômeno estudado.

O presente trabalho, apresenta, no Capítulo 1, a fundamentação teórica contendo as habilidades da BNCC que serão exploradas durante as aulas, a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, a importância de uma boa construção de sequência didática e algumas práticas educacionais importantes para o trabalho.

No Capítulo 2, abordam-se os conhecimentos necessários para a compreensão da indução eletromagnética. Ainda neste capítulo, são exploradas as concepções necessárias para compreender as quatro equações de Maxwell na forma integral, descrevendo a Lei de Gauss para o campo elétrico e para o campo magnético, a Lei de Faraday e a Lei de Ampére-Maxwell. Como complementação ao Capítulo 2, é realizada uma descrição das equações de Maxwell utilizando o formalismo diferencial.

No Capítulo 3, consta o Produto Educacional com os seus objetivos e a construção de cada uma das aulas de forma detalhada, juntamente com o passo-a-passo e explicações de cada uma das atividades propostas.

No Capítulo 4, está a aplicação do PE deste trabalho, onde são apresentados os critérios de correção adotados nas análises das respostas dos alunos aos questionários utilizados na SD. Além disso, são analisados os resultados obtidos pela aplicação da SD em uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública do estado do Paraná. A abordagem é feita por meio de uma descrição da aplicação da SD e pela construção de um relato detalhado de cada uma das 6 aulas e seus respectivos resultados. Nesse relato, observam-se as respostas dos questionários e a participação dos alunos durante as aulas. Os resultados são devidamente descritos e representados por meio tabelas e gráficos.

A aplicação deste trabalho ocorreu numa turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública do estado do Paraná, na modalidade Educação de Campo, cuja turma possuía o total de 13 alunos. Para que a implementação fosse autorizada, foi necessária uma liberação para aplicação com a turma. Dessa maneira, o Termo de Autorização institucional devidamente assinado encontra-se no Anexo 1 deste trabalho.

No Anexo 2 encontra-se uma cópia da liberação do comitê de ética (COPEP) pelo qual o projeto foi aprovado para aplicação.

No Anexo 3 encontra-se uma cópia da declaração de revisão ortográfica devidamente assinada.

No Apêndice A deste trabalho, consta o Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados, com um material de apoio contendo os passos a serem realizados nos experimentos e os 6 questionários propostos pela Sequência Didática e utilizados para aplicação do PE.

No Apêndice B deste trabalho, encontra-se o Material do Professor, que consiste nos questionários utilizados na SD, com um material de apoio contendo as devidas respostas esperadas para cada uma das questões pertencentes à Sequência, e também alguns comentários sobre o que espera-se que os alunos observam e compreendam em alguns passos realizados nos experimentos.

No Apêndice C deste trabalho, está o Guia de Montagem Experimental, com a descrição da montagem dos experimentos realizados ao longo da SD e dos materiais que foram utilizados na construção.

No Apêndice D, consta uma cópia do Termo de Assentimento e Esclarecimento (TALE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) redigido pelos autores da pesquisa.

Por fim, no Apêndice E, encontra-se o Produto Educacional fruto deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Na construção desta dissertação, algumas pessoas foram fundamentais para a elaboração e auxílio. Agradeço, aos meus pais por me motivarem a cada dia, a minha mãe Maria de Fatima Garbin da Silva por toda paciência e conselhos valiosos. Ao meu pai, Ademir Aparecido dos Reis da Silva por toda ajuda e zelo, me auxiliando principalmente com as montagens das plataformas e suportes de madeira utilizados nos experimentos, além de todas as ideias e experiências trocadas, as quais adquiriu em seus valiosos anos como marceneiro. Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes, por todos os ensinamentos, apoio e por ter sempre me acompanhado e orientado na elaboração do trabalho, bem como todos ensinamentos em suas aulas que me motivaram cada vez nesta caminhada e na construção deste trabalho. Também agradeço à Prof. Dra. Hatsumi Mukai por todo aprendizado, pelo tempo e dedicação investidos para me ajudar a lapidar o produto educacional (PE), e a motivação em persistir mesmo nos momentos mais difíceis em que pensei que não conseguiria continuar este trabalho. Agradeço a todos da minha família e amigos que contribuíram e me apoiaram. Aos alunos(as), que participaram tão brilhantemente deste trabalho, desde o processo de elaboração até a aplicação do mesmo; também ao diretor do colégio, Marcio Bordin, por toda a confiança e sempre estar disposto a me ajudar; e a toda equipe pedagógica do colégio, que sempre me apoiou. Um agradecimento especial ao meu grande amigo da graduação, Me. Alexandre Lopes de Sousa Freitas, cuja colaboração foi fundamental para este trabalho; agradeço pela valiosa ajuda com as montagens experimentais, pelas conversas enriquecedoras e trocas de informações, pelo aprendizado compartilhado e por sempre estar disposto a me auxiliar quando precisei. Agradeço à Prof. Me. Amanda Regina Bughi, por suas valiosas contribuições com a correção e revisão linguística 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.

RESUMO

EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY

Este trabalho tem como objetivo aprimorar o ensino da Lei de Faraday e da indução eletromagnética, superando as dificuldades de compreensão dos alunos, uma vez que, embora o fenômeno seja comum, a observação direta da indução não é simples devido à sua natureza. A pesquisa foi motivada pelas dificuldades dos estudantes em associar conceitos físicos aos respectivos fenômenos e, inclusive, pela frequente falta de interesse dos alunos nas aulas de física. A autora, buscando melhorar suas práticas pedagógicas, desenvolveu atividades baseadas na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Em sua proposta, foi criada uma Sequência Didática (SD) com seis aulas, utilizando experimentos, simulador, rodas de conversa e discussões para ajudar os alunos a visualizar e compreender a indução eletromagnética e suas aplicações no cotidiano. A pesquisa foi aplicada em uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública do estado do Paraná, e os resultados foram avaliados por meio de questionários. A Dissertação, portanto, descreve a construção do produto educacional (PE), a aplicação da SD e a análise dos resultados obtidos com os alunos.

Palavras-chave: Lei de Faraday, Aprendizagem Significativa, Sequência Didática, Experimentos.

ABSTRACT

EXPLORING ELECTROMAGNETISM: A DIDACTIC SEQUENCE WITH EXPERIMENTS TO UNCOVER FARADAY'S LAW

This master's thesis has the objective to enhance the teaching of Faraday's Law and the electromagnetic induction process, overcoming students' understanding comprehension difficulties, which, although the phenomenon is common, the direct observation of induction is not simple due to its nature. The research was motivated by students' difficulties in associating physical concepts with their respective phenomena and, including due to students' frequent lack of interest in physics classes. The author, seeking to improve her pedagogical practices, developed activities based on Ausubel's theory of meaningful learning. In her proposal, a Didactic Sequence (DS) was created with six classes, using experiments, simulators, conversation circles and discussions to help students visualize and understand electromagnetic induction and its applications in everyday life. The research was applied to a 3rd year of high school class at a public school in the state of Paraná, and the results were evaluated through questionnaires. The Dissertation, therefore, describes the construction of the educational product (EP), the application of DS and the analysis of the results obtained with the students.

Keywords: Faraday's Law, Meaningful Learning, Didactic Sequence, Experiments.

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|------------|
| Quadro 1.1 - Trabalhos selecionados com o tema Lei de Faraday, aprendizagem significativa e experimentação no Ensino de Física..... | 16 |
| Quadro 2.1 - Resumo das quatro Equações de Maxwell na forma integral..... | 20 |
| Quadro 2.2 - Resumo das quatro Equações de Maxwell na forma diferencial..... | 35 |
| Quadro 3.1 - Ficha técnica da sequência didática..... | 37 |
| Quadro 3.2 - Resumo das aulas..... | 38 |
| Quadro 3.3 - Plano da aula 1..... | 41 |
| Quadro 3.4 - Plano da aula 2..... | 44 |
| Quadro 3.5 - Plano da aula 3..... | 51 |
| Quadro 3.6 - Plano da aula 4..... | 54 |
| Quadro 3.7 - Plano da aula 5..... | 61 |
| Quadro 3.8 - Plano da aula 6..... | 63 |
| Quadro 4.1 - Critérios de correção dos exercícios..... | 67 |
| Quadro 4.2 - Notas e conceitos da participação na aula 1 da SD..... | 79 |
| Quadro 4.3 - Respostas e notas de cada grupo para as duas questões da Estação 1: Faça como Oersted..... | 84 |
| Quadro 4.4 - Respostas e notas de cada grupo para as duas questões da Estação 2: Motor Elétrico..... | 87 |
| Quadro 4.5 - Respostas e notas de cada grupo para as duas questões da Estação 3: Gerando Corrente Induzida..... | 90 |
| Quadro 4.6 - Notas e conceitos da participação na aula 2 da SD..... | 93 |
| Quadro 4.7 - Notas e conceitos da participação na aula 3 da SD..... | 99 |
| Quadro 4.8 - Respostas e notas de cada grupo para a questão 1 do questionário..... | 108 |
| Quadro 4.9 - Respostas e notas de cada grupo para a questão 2 do questionário..... | 109 |
| Quadro 4.10 - Respostas e notas de cada grupo para a questão 3 do questionário..... | 110 |
| Quadro 4.11 - Respostas e notas de cada grupo para a questão 4 do questionário..... | 111 |
| Quadro 4.12 - Notas e conceitos da participação na aula 4 da SD..... | 114 |
| Quadro 4.13 - Respostas e notas de cada aluno para a questão 1, “De acordo com tudo o que foi estudado em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday?”..... | 117 |
| Quadro 4.14 - Respostas e notas de cada aluno para a questão 2, “Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia?”..... | 119 |

| | |
|--|------------|
| Quadro 4.15 - Respostas e notas de cada aluno para a questão 3, “O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias que temos hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?”..... | 120 |
| Quadro 4.16 - Respostas de cada aluno para a questão 4, “Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta.” e para a questão 5 “Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou”..... | 123 |
| Quadro 4.17 - Notas e conceitos da participação na aula 5 da SD..... | 125 |
| Quadro 4.18 - Número de acertos e erros dos 4 exercícios do questionário questões objetivas..... | 127 |
| Quadro 4.19 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 1 (Para você, quais as maneiras possíveis de criar campo magnético? Cite pelo menos uma:”..... | 130 |
| Quadro 4.20 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 2 (“Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético? Explique:”..... | 133 |
| Quadro 4.21 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 3 (“O que você imagina que possa ocorrer ao variar (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.”)..... | 136 |
| Quadro 4.22 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 4 (“O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.”)..... | 138 |
| Quadro 4.23 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 5 (“Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?”)..... | 141 |
| Quadro 4.24 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 6 (“Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:”..... | 144 |
| Quadro 4.25 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 7 (“Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta:”..... | 146 |
| Quadro 4.26 - Notas e conceitos da participação na aula 6 da SD..... | 147 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|------------|
| Tabela 3.1 - Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i) realizadas..... | 59 |
| Tabela 4.1 - Notas do questionário diagnóstico preliminar referente às sete questões respondidas pelos 13 alunos da turma..... | 72 |
| Tabela 4.2 - Medidas da distância (d) entre as bobinas e as médias das medidas da corrente induzida (i) de cada grupo e a média geral de todos os três grupos..... | 106 |
| Tabela 4.3 - Notas do questionário avaliativo final referente às sete questões respondidas pelos 12 alunos..... | 128 |
| Tabela 4.4 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 1 dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 129 |
| Tabela 4.5 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 2 dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 132 |
| Tabela 4.6 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 3 dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 134 |
| Tabela 4.7 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 4 dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 137 |
| Tabela 4.8 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 5 dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 140 |
| Tabela 4.9 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 6 dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 142 |
| Tabela 4.10 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 7 dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 145 |
| Tabela 4.11 - Soma do número de alunos em cada conceito referente a todas as sete questões dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 148 |

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 - Fluxo elétrico através de uma superfície esférica centralizada sobre uma carga puntiforme..... | 23 |
| Figura 2.2 - Linhas de campo magnético demonstradas por limalha de ferro onde a magnetização da limalha altera o campo. A linha em vermelho corresponde a uma superfície gaussiana..... | 26 |
| Figura 2.3 - Desenho de ilustração representando os termos envolvidos na Lei de Biot-Savart..... | 30 |
| Figura 2.4 - Desenho de circuito com uma bateria e um capacitor de duas placas, onde ilustra-se a superfície amperiana construída em torno de uma das placas do capacitor..... | 32 |
| Figura 3.1 - Imagem ilustrativa do experimento de Oersted..... | 45 |
| Figura 3.2 - Imagem fotográfica da montagem experimental da estação 1. Sendo I a bobina com os <i>jumpers</i> , II a bússola, III o apoio de madeira, IV o ímã, V a mini <i>protoboard</i> e VI o suporte com duas pilhas..... | 46 |
| Figura 3.3 - Desenho ilustrativo do funcionamento de um motor elétrico..... | 47 |
| Figura 3.4 - Imagem fotográfica da montagem para experimento da estação 2..... | 48 |
| Figura 3.5 - Desenho experimento relacionado a lei de indução de Faraday..... | 49 |
| Figura 3.6 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 3, sendo I o fio de cobre enrolado na seringa como uma bobina, II as conexões com <i>jumpers</i> , III o multímetro com cabos de prova, IV ímãs de neodímio..... | 50 |
| Figura 3.7 - Captura de tela do simulador PhET Colorado Lei de Faraday, sendo I as opções para selecionar, II o ímã, III a bobina, IV o voltímetro e V uma lâmpada..... | 53 |
| Figura 3.8 - Desenho ilustrativo de um experimento relacionado à lei de indução de Faraday..... | 57 |
| Figura 3.9 - Transistor NPN (KSP2222A)..... | 57 |
| Figura 3.10 - Imagem fotográfica montagem completa do experimento com o circuito gerador e o circuito receptor..... | 58 |
| Figura 4.1 - Notas do questionário diagnóstico preliminar referente às sete questões respondidas pelos 13 alunos..... | 73 |
| Figura 4.2 - Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos em cada uma das 7 questões do questionário diagnóstico preliminar..... | 74 |
| Figura 4.3 - (a) Imagem fotográfica dos alunos realizando o experimento da Estação I - Faça como Oersted; (b) Imagem fotográfica dos alunos realizando o experimento da Estação II - Motor elétrico; (c) Imagem fotográfica dos alunos realizando o experimento da Estação III - Gerando corrente induzida..... | 81 |

| | |
|---|------------|
| Figura 4.4 - Notas dos grupos para as respostas das questões 1 e 2 da Estação 1: Faça como Oersted. De azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1) do questionário e em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2)..... | 86 |
| Figura 4.5 - Notas dos grupos para as respostas da questão 1, 2 e 3 da Estação 2: Motor Elétrico. De azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1) do questionário, em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2) e em amarelo as notas referente à questão 3 (Q3)..... | 89 |
| Figura 4.6 - Notas dos grupos para as respostas da questão 1, 2 e 3 da Estação 3: Gerando Corrente Induzida. De azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1) do questionário, em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2) e em amarelo as notas referente à questão 3 (Q3)..... | 92 |
| Figura 4.7 - Imagem fotográfica demonstra a disposição das cadeiras e materiais necessários para a aula 3 da sequência didática..... | 94 |
| Figura 4.8 - Desenho ilustrativo da montagem do circuito gerador..... | 101 |
| Figura 4.9 - Imagem fotográfica experimento demonstração de como acender um LED com indução eletromagnética..... | 102 |
| Figura 4.10 - Imagem fotográfica dos alunos realizando o experimento da Lei de Faraday e anotando as medidas de corrente induzida e da distância entre as bobinas..... | 103 |
| Figura 4.11 - Imagem fotográfica dos alunos construindo o gráfico da corrente induzida pela distância entre as bobinas utilizando o computador da sala de aula e o google planilhas..... | 104 |
| Figura 4.12 - (a) Gráfico de corrente induzida pela distância, construído com os dados obtidos pelo grupo 1; (b) Gráfico de corrente induzida pela distância, construído com os dados obtidos pelo grupo 2; (c) Gráfico de corrente induzida pela distância, construído com os dados obtidos pelo grupo 3..... | 107 |
| Figura 4.13 - Gráfico de corrente induzida pela distância, construído com a média dos dados obtidos pelo grupo 1, 2 e 3..... | 108 |
| Figura 4.14 - Notas dos grupos para as respostas da questão Q1, Q2, Q3 e Q4 do questionário de dados experimentais. De azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1), em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2), em amarelo as notas referente à questão 3 (Q3) e em verde as notas referente à questão 4 (Q4)..... | 113 |
| Figura 4.15 - Notas dos grupos para as respostas da questão Q1, Q2 e Q3 do questionário de organização de pensamento. Em azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1), em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2) e em amarelo as notas referente à questão 3 (Q3)..... | 122 |

- Figura 4.16** - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 1 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 1 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor vermelha a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como“Adequado”.....130
- Figura 4.17** - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 2 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 2 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como“Adequado”.....132
- Figura 4.18** - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 3 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 3 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente” e a cor amarela como “Suficiente”.....135
- Figura 4.19** - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 4 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 4 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como“Adequado”.....138
- Figura 4.20** - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 5 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 5 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente” e a cor amarela como “Suficiente”.....140
- Figura 4.21** - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 6 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 6 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como“Adequado”.....143
- Figura 4.22** - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 7 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 7 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como

| | |
|---|------------|
| “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como“Adequado”..... | 145 |
| Figura 4.23 - (a) Porcentagem da soma de cada conceito obtido pelos alunos em todo o questionário diagnóstico; (b) Porcentagem da soma de cada conceito obtido pelos alunos em todo o questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como“Adequado”..... | 149 |
| Gráfico 3.1 - Corrente induzida na bobina receptora em função da distância entre as bobinas..... | 60 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

PE - Produto Educacional

SD - Sequência Didática

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TALE - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

MNPEF - Mestrado Profissional em Ensino de Física

UEM - Universidade Estadual de Maringá

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

TAS - Teoria da Aprendizagem Significativa

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

BDTB - Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

RDP - Revista Prática Docente

FEM - força eletromotriz

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

COPEP - Comitê Permanente de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Introdução..... | 1 |
| 1 Capítulo 1: Fundamentos teóricos..... | 5 |
| 1.1 Habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC)..... | 5 |
| 1.2 Teoria de Aprendizagem e a Construção de Sequência Didática..... | 6 |
| 1.2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)..... | 6 |
| 1.2.2 Sequência Didática e algumas práticas educacionais..... | 11 |
| 1.2.3 Revisão Bibliográfica..... | 14 |
| 2 Capítulo 2: As equações de Maxwell..... | 19 |
| 2.1 Lei de Gauss elétrica..... | 21 |
| 2.2 Lei de Gauss magnética..... | 25 |
| 2.3 Lei de Faraday..... | 27 |
| 2.4 Lei de Ampére-Maxwell..... | 29 |
| 2.5 As equações de Maxwell na forma diferencial..... | 34 |
| 3 Capítulo 3: Produto Educacional e sua construção..... | 36 |
| 3.1 Objetivos..... | 36 |
| 3.2 Descrição da Sequência didática..... | 37 |
| 3.3 Estrutura das aulas..... | 40 |
| 3.3.1 Aula 1 - Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética..... | 40 |
| 3.3.2 Aula 2 - Atividade rotação por estações..... | 43 |
| 3.3.2.1 Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted..... | 45 |
| 3.3.2.2 Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico..... | 47 |
| 3.3.2.3 Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida..... | 49 |
| 3.3.3 Aula 3 - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações..... | 51 |
| 3.3.4 Aula 4 - Experimento da Lei de Faraday..... | 54 |
| 3.3.4.1 Experimento da Lei de Faraday..... | 55 |
| 3.3.4.2 Medidas do teste realizado..... | 59 |
| 3.3.5 Aula 5 - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações..... | 61 |
| 3.3.6 Aula 6 - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final..... | 62 |
| 4 Capítulo 4 Aplicação do Produto Educacional, Resultados e Análises..... | 65 |
| 4.1 A aplicação do Produto Educacional..... | 65 |
| 4.2 Os critérios de correção dos questionários do Produto Educacional..... | 66 |
| 4.3 Aplicação das Aulas da Sequência Didática..... | 68 |
| 4.3.1 Aplicação da Aula 1..... | 68 |
| 4.3.1.1 Relato da Aula 1..... | 68 |
| 4.3.1.2 Resultados da Aula 1..... | 72 |
| 4.3.2 Aplicação da Aula 2..... | 80 |
| 4.3.2.1 Relato da Aula 2..... | 80 |
| 4.3.2.2 Resultados da Aula 2..... | 83 |
| Estação 1: Faça como Oersted..... | 84 |

| | |
|---|------------|
| Estação 2: Motor elétrico..... | 86 |
| Estação 3: Gerando Corrente Induzida..... | 89 |
| 4.3.3 Aplicação da Aula 3..... | 94 |
| 4.3.3.1 Relato da Aula 3..... | 94 |
| 4.3.3.2 Resultados da Aula 3..... | 98 |
| 4.3.4 Aplicação da Aula 4..... | 99 |
| 4.3.4.1 Relato da Aula 4..... | 100 |
| 4.3.4.2 Resultados da Aula 4..... | 105 |
| 4.3.5 Aplicação da Aula 5..... | 114 |
| 4.3.5.1 Relato da Aula 5..... | 114 |
| 4.3.5.2 Resultados da Aula 5..... | 116 |
| 4.3.6 Aplicação Aula 6..... | 125 |
| 4.3.6.1 Relato Aula 6..... | 125 |
| 4.3.6.2 Resultados Aula 6..... | 127 |
| Questionário questões objetivas..... | 127 |
| Questionário Avaliativo final..... | 128 |
| 4.4 Análise e comparação geral dos questionários diagnóstico e avaliativo..... | 148 |
| Considerações Finais..... | 150 |
| Referências Bibliográficas..... | 152 |
| Referências Audiovisuais..... | 155 |
| Anexo 1 Termo de Autorização Institucional..... | 156 |
| Anexo 2: Liberação COPEP- Comitê de ética..... | 157 |
| Anexo 3: Declaração de Revisão Ortográfica..... | 159 |
| Apêndice A - Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados..... | 160 |
| Apêndice B - Material do Professor: Questionários com respostas esperadas..... | 176 |
| Apêndice C - Guia de Montagem Experimental..... | 191 |
| Apêndice D: TALE e TCLE..... | 205 |
| Apêndice E: Produto Educacional..... | 213 |

Introdução

Compreender a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética pode representar um desafio para muitos alunos, principalmente porque, embora ocorra com frequência no cotidiano, não é simples observar diretamente esse fenômeno, dada a sua própria natureza. O que pode dificultar a construção do conhecimento e a compreensão do conceito.

A falta de interesse dos alunos pelos estudos, aliada às dificuldades em compreender conceitos físicos e associá-los aos fenômenos vistos no cotidiano, pode ser observada em contextos escolares. Essas também são barreiras enfrentadas pela docente, autora deste trabalho, que, a fim de aprimorar as suas práticas de ensino e tentar responder a algumas de suas inquietações, buscou o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Em busca de meios para superar estas barreiras e também auxiliar os demais professores do ensino médio, foram pensadas maneiras de abordar e trabalhar os conceitos relacionados com a Lei de Faraday.

Para este trabalho há alguns fundamentos teóricos importantes que desempenham um papel crucial no ensino de Física. Esses fundamentos integram a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), que estabelece diretrizes que orientam o desenvolvimento de habilidades essenciais. Entre estas, encontra-se a habilidade BNCC (EM13CNT301), que destaca a importância de construir questões e hipóteses, utilizando métodos científicos para resolver problemas. E a habilidade BNCC (EM13CNT308), que está focada na investigação do funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos, promovendo a compreensão de tecnologias e como afetam nossas vidas. Ambas as habilidades serão trabalhadas através de experimentação, análise e reflexão, buscando o desenvolvimento dos alunos.

Para que ocorra o aprendizado, é essencial compreender os processos pelos quais os indivíduos assimilam as informações. Assim, serão utilizadas as teorias de aprendizagem. Neste trabalho, será abordada a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (AUSUBEL, 2000), que defende a utilização de subsuncões, que funcionam como conceitos chave e realizam a conexão entre o conhecimento pré-existente do aluno com o novo conteúdo apresentado (MOREIRA, 2012).

Segundo Moreira (2006, p.15), “o ‘subsunçor’ é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva [...].” Além disso, ao chegar à idade escolar, a maioria das crianças já desenvolveu um conjunto de conceitos que favorece a aprendizagem significativa por recepção e, assim, para adquirir novos conceitos, deve ocorrer o que Moreira chama de “assimilação de conceitos” (MOREIRA, 2006, p.21).

Essa estrutura cognitiva é dinâmica e é formada por dois processos principais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva envolve a adição de novos significados a subsunções já existentes, enriquecendo o conceito e servindo como base para novas aprendizagens. Já a reconciliação integradora tem como objetivo resolver inconsistências e integrar significados, ajustando as informações para criar uma compreensão mais clara e estruturada do conhecimento (MOREIRA, 2012).

Nesse contexto, Moreira (2006), também destaca que, segundo Ausubel, os organizadores prévios desempenham um papel fundamental ao preparar o aluno para a assimilação, conectando o conhecimento pré-existente com o novo conteúdo, facilitando a construção de uma aprendizagem mais significativa. Os organizadores podem ser constituídos de “um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação.” (MOREIRA, 2012, p.11).

Além disso, existem condições para que ocorra a aprendizagem significativa, sendo fundamental que o material didático seja relevante, considerado potencialmente significativo e, que o aluno tenha predisposição para aprender. Contudo, uma condição depende da outra para que ocorra a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2006).

A proposta deste trabalho é elaborar aulas com atividades que aproximem os alunos dos conteúdos por meio de observações experimentais, simulações e discussões em grupos. Segundo Zabala (2010), um conjunto de atividades ordenadas que possuem certo objetivo na educação pode ser considerado uma Sequência Didática (SD).

Diante do exposto e visando uma melhora no processo de ensino-aprendizagem sobre a Lei de Faraday, este trabalho propõe apresentar e aplicar uma SD que permita aos alunos visualizar o processo de indução eletromagnética buscando uma compreensão do conteúdo de forma mais concreta,

em consonância com a teoria da aprendizagem significativa. Sendo assim, o Produto Educacional (PE) foi concebido com um total de 6 aulas que buscam, inicialmente, identificar conhecimentos prévios por meio de questionários e rodas de conversas. Além disso, na concepção do PE foi previsto utilizar atividades experimentais e simulação para que os alunos pudessem analisar e discutir os fenômenos observados e assim construir os conceitos necessários para a compreensão da indução eletromagnética e a Lei de Faraday. Ademais, o PE prevê algumas discussões da Lei de Faraday abordando sua aplicação em tecnologias do cotidiano, como motores, carregadores de celulares e fogões por indução.

Antes da aplicação do PE, o presente trabalho passou pela devida liberação do comitê de ética (COPEP), via plataforma Brasil, e da instituição para aplicação na turma regular do 3º ano do Ensino Médio do Núcleo Regional de Educação (NRE) onde a mestrandona atuava como docente no ano de 2023.

A presente dissertação está estruturada em quatro capítulos. O Capítulo 1 apresenta a fundamentação teórica, com uma análise de algumas habilidades da BNCC; da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel; os princípios de Zabala sobre a importância da utilização de uma sequência didática bem planejada; e, por fim, o levantamento de algumas práticas educacionais importantes para este trabalho.

No Capítulo 2, são discutidas as quatro equações de Maxwell: a Lei de Gauss Elétrica, a Lei de Gauss Magnética, a Lei de Faraday e a Lei de Ampère-Maxwell, abordando as suas interpretações na forma integral, como meio de compreender alguns fenômenos eletromagnéticos importantes para o presente trabalho. Como complementação ao Capítulo 2, faz-se uma descrição das equações de Maxwell utilizando o formalismo diferencial.

O Capítulo 3 relata os detalhes da construção do produto educacional (PE), incluindo os objetivos e descrição da sequência didática (SD) elaborada, bem como todas as seis aulas, que contam com atividades experimentais, rodas de conversa e questionários, que serão aplicados aos alunos buscando a construção do conhecimento de forma significativa e para avaliar sua aprendizagem.

O Capítulo 4 analisa a aplicação do PE em uma turma do ensino médio da rede estadual de ensino e os resultados obtidos durante essa aplicação. A análise é baseada nas respostas dos alunos aos questionários, utilizando alguns critérios de correção.

Por fim, apresentam-se as Considerações Finais e as Referências Bibliográficas, devidamente citadas em ordem alfabética.

No Anexo 1, consta o termo de autorização para a aplicação do PE na instituição de ensino.

No Anexo 2, consta o comprovante de liberação para aplicação do PE fornecido pelo comitê de ética (COPEP).

No Apêndice A, encontra-se o Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados, com todos os questionários utilizados.

No Apêndice B, encontra-se o Material do Professor, que consiste em questionários, acompanhados de um material de apoio que detalha as respostas esperadas para cada questionamento da SD.

No Apêndice C, encontra-se o Guia de Montagem Experimental, com a descrição da montagem e materiais utilizados em todos experimentos construídos para a SD.

No Apêndice D, estão as cópias do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

No Apêndice E, encontra-se o Produto Educacional intitulado como “Mergulhando no Eletromagnetismo: Experimentos para Desvendar a Lei de Faraday” (SILVA e FERNANDES, 2025).

1 Capítulo 1: Fundamentos teóricos

Neste capítulo, serão apresentados os fundamentos teóricos que serviram como base para o desenvolvimento deste trabalho. Assim, a primeira seção tratará de algumas habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), um documento que define as aprendizagens essenciais que devem ser desenvolvidas pelos estudantes brasileiros, uma vez que o público alvo deste trabalho são alunos do Ensino Médio de um Colégio Estadual. Em seguida, haverá uma seção sobre a teoria de aprendizagem significativa (TAS); as compreensões sobre uma Sequência Didática (SD) e revisão bibliográfica.

1.1 Habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem uma importância significativa para o ensino de Física, pois estabelece diretrizes que visam garantir uma educação de qualidade. As habilidades da BNCC descrevem as capacidades que os alunos devem desenvolver ao longo de sua formação escolar. Dessa forma, será realizado um levantamento das habilidades a serem trabalhadas tendo como objetivo o desenvolvimento dos estudantes. Brasil (2018), apresenta a habilidade da BNCC (EM13CNT301) que dispõe sobre:

“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, p.559).

Essa habilidade destaca a importância de fazer perguntas, testar ideias e aprender a resolver problemas usando métodos científicos, a fim de que os alunos possam construir conclusões e formar opiniões que os ajudem a enfrentar situações-problema do cotidiano. Tal habilidade será empregada na SD deste trabalho por meio de métodos que serão adotados para a coleta de dados, do estímulo à experimentação e à formulação de hipóteses acerca dos fenômenos que os alunos observarão durante as atividades realizadas nas aulas.

Também será trabalhada a habilidade BNCC (EM13CNT308), segundo Brasil (2018) enuncia:

“Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais”. (BRASIL, 2018, p.560).

Essa habilidade retrata a importância de estudar como os equipamentos elétricos e eletrônicos funcionam e buscar compreender como afetam nossas vidas, a sociedade, a cultura e o meio ambiente. A habilidade será explorada por meio da análise acerca do funcionamento de equipamentos relevantes e importantes, como meio de compreender os fenômenos físicos que estão associados a seus respectivos funcionamentos e, também, levantar as opiniões dos alunos sobre sua importância.

Na próxima seção, será apresentada a Teoria da Aprendizagem Significativa e os conceitos centrais que nortearão a elaboração da SD ao longo deste trabalho.

1.2 Teoria de Aprendizagem e a Construção de Sequência Didática

As teorias de aprendizagem são essenciais para as aulas, pois oferecem fundamentação para as práticas adotadas durante o ensino, ajudando a entender como os alunos aprendem, para que os educadores possam buscar estratégias de ensino que se adequam às necessidades dos estudantes.

Dentre as teorias existentes, destacam-se as teorias cognitivas que têm como foco o processo de cognição de como as pessoas atribuem significado à sua realidade, buscando investigar como ocorre a compreensão, transformação, armazenamento e o uso das informações (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011). Um dos autores importantes para essa teoria chama-se David Ausubel (1918 - 2008), para quem o processo de aprendizagem significativa é o mais importante na aprendizagem escolar.

1.2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

A teoria de Ausubel baseia-se na aprendizagem significativa e refere-se ao processo em que novas ideias se conectam de forma relevante com o que o aprendiz já conhece. O que por sua vez, envolve algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva que seja relevante para o aprendizado. Esse conhecimento

que é importante para a nova aprendizagem foi chamado por Ausubel de subsunçor ou ideia-âncora (MOREIRA, 2012). Ausubel também emprega o termo “ancoragem” para sugerir essa ligação com as ideias preexistentes (AUSUBEL, 2000).

Segundo Moreira (2012), o nome subsunçor refere-se a um conhecimento já existente no indivíduo que permite significar uma informação nova, que por sua vez, pode ser recebida ou descoberta pelo indivíduo. Para melhor compreensão do conceito, observa-se a seguinte afirmação de Moreira (2006) sobre o significado de subsunçor na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

“O ‘subsunçor’ é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de ‘ancoradouro’ a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo (isto é, que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação)”(MOREIRA, 2006, p.15).

Por este motivo, é possível interpretá-lo como conhecimento pré-existente ou prévio que ajuda a pessoa a entender e a dar significado às novas informações ao realizar uma conexão entre as ideias, tornando-as mais compreensivas e relevantes.

Essa interação do novo conhecimento com o prévio é relevante para a ocorrência da aprendizagem significativa que, por sua vez, trata-se de um processo dinâmico podendo ser demorado, possuir rupturas ou ser contínuo durante seu processo de construção (MOREIRA, 2018). Isso demonstra a necessidade do professor em fazer uma investigação acerca dos conhecimentos prévios dos alunos, o que Moreira (2018, p.90) afirma quando diz que “não faz sentido começar um determinado conteúdo de Física sem fazer ideia daquilo que os alunos já sabem”. Reforçando assim a tese de que o professor precisa buscar meios de identificá-los durante o processo de ensino e aprendizagem.

Segundo a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, a estrutura cognitiva é composta por conhecimentos (subsunçores) que estão organizados de forma hierárquica, mas inter-relacionados de maneira dinâmica (MOREIRA, 2012). Nela, conceitos mais gerais englobam e conectam conceitos mais específicos; no entanto, essas hierarquias não são fixas. Dessa forma, quando um novo conhecimento é adquirido, ele pode ser integrado aos conceitos já existentes ou, em alguns casos, tornar-se mais amplo, modificando a hierarquia original. Assim como demonstrado na seguinte afirmação de Moreira (2012):

“A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter relacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica

caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora."(MOREIRA, 2012, p.5).

Em resumo, a estrutura cognitiva pode mudar continuamente por dois processos principais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Com base em Moreira (2012), a diferenciação progressiva refere-se à atribuição de novos significados a um subsunçor já existente, o que resulta em um conceito mais rico e capaz de servir como âncora para novas aprendizagens significativas. Isso ocorre à medida que o conhecimento prévio interage com novos conteúdos, ampliando a compreensão de conceitos.

Já a reconciliação integradora é um processo cognitivo que ocorre junto à diferenciação progressiva na aprendizagem. O objetivo da reconciliação integradora é "...eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações" (MOREIRA, 2012, p.6), para construir uma compreensão mais coerente e estruturada do conhecimento. Ou seja, trata-se do processo de unificar ou ajustar informações de maneira que os significados se tornem mais claros e estruturados.

Também é importante analisar as condições necessárias para a aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2006), existem condições para ocorrência da aprendizagem de forma significativa, como por exemplo o material precisa apresentar uma relação ou ser incorporado à estrutura cognitiva de quem está aprendendo, bem como o aprendiz deve demonstrar disposição para relacionar o novo material significativo a seus conhecimentos já existentes.

Ausubel nomeou de potencialmente significativo o material que tem um conteúdo bem estruturado e que pode ser relacionado de maneira relevante e não arbitrária com o conhecimento que o aluno já possui. Para que esse material de aprendizagem - sejam eles livros, aulas, entre outros - seja potencialmente significativo, ele precisa ter significado lógico e ter relação com os conhecimentos prévios do aluno, não sendo conteúdos aleatórios ou superficiais. Além disso, devem se encaixar de maneira lógica e significativa na estrutura de pensamento do estudante, ou seja, precisam fazer sentido e ter um propósito claro.

Todavia, também é necessário que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva as ideias-âncoras para que o material possa ser relacionado de forma relevante (MOREIRA, 2012). Dessa forma, não é possível afirmar que, por si só,

exista um material que seja potencialmente significativo, afinal, o significado está diretamente relacionado ao indivíduo.

Já no que diz respeito à disposição do aprendiz, ele próprio deve querer relacionar o material com seus conhecimentos prévios, ou seja, possuir predisposição para integrar, modificar, enriquecer ou dar significado aos conhecimentos. Portanto, são essas as duas condições para a aprendizagem significativa.

Porém, segundo Moreira (2006), mesmo que o material seja potencialmente significativo, se não houver disposição de quem está aprendendo, não haverá uma aprendizagem significativa. Da mesma forma, mesmo que o indivíduo esteja disposto a incorporar e a aprender, se o material não for potencialmente significativo, também não haverá tal aprendizagem. Sendo assim, uma condição depende diretamente da outra.

Ausubel afirma que a aprendizagem significativa não deve ser confundida com uma simples aprendizagem de material significativo, afinal embora o material de aprendizagem tenha o potencial de ser significativo, é necessário que exista um mecanismo de aprendizagem apropriado para que esse material se torne realmente significativo (AUSUBEL, 2000). Ou seja, para que o aprendizado seja realmente significativo, a pessoa precisa entender como as informações se conectam com o que ela já sabe.

Algo muito relevante no que se trata esse assunto é analisar como são adquiridos os significados iniciais que permitem a aprendizagem significativa, ou seja, de onde vem os primeiros subsunções. Segundo Moreira (2006), isto ocorre passo a passo, de forma progressiva por meio de características individuais de cada pessoa e podem ser adquiridos pelo processo de formação de conceito desde a infância.

Moreira (2006) afirma que, segundo Ausubel, existem alguns organizadores prévios para ancorar o novo conhecimento e a construção de conceitos para facilitar a aprendizagem. Esses organizadores seriam como materiais introdutórios apresentados antes do que será aprendido e que têm como papel preencher a lacuna entre aquilo que os alunos sabem e o que eles precisam saber, para construir uma aprendizagem significativa.

Desta forma, antes de aprender algo complexo ou mais difícil, o professor pode apresentar esse organizador prévio para conectar os conhecimentos, ajudando

o aluno a entender melhor o novo conteúdo, tendo algo familiar com que possa associar e buscando um aprendizado mais significativo.

No que diz respeito aos organizadores prévios, Moreira (2012) os define como um recurso instrucional, afirmando que eles podem ser diversos:

“Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.”(MOREIRA, 2012, p.11).

Com esta citação é possível identificar a diversidade dos organizadores prévios, que permitem que o professor escolha o formato mais adequado ao conteúdo e ao perfil dos alunos. Como esses organizadores desempenham a função de antecipar o conteúdo a ser ensinado e criar uma conexão entre o que os alunos já sabem e o que vão aprender, é importante que sejam mais abrangentes do que o conteúdo a seguir, para permitir que os alunos consigam criar as conexões necessárias para a aprendizagem significativa.

Tendo em vista toda a teoria de aprendizagem estudada e a importância da aprendizagem significativa, o presente trabalho tem como foco a construção de uma abordagem didática sobre a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética, que possibilite uma aprendizagem significativa. Assim, um ponto importante e relevante para a construção do Produto Educacional (PE), fruto deste trabalho, são as atividades e os materiais que o professor precisará definir para promover a aprendizagem conforme descrito por Ausubel.

Como explicado por Ostermann e Cavalcanti (2011), no ensino de Física, o professor precisa realizar ao menos quatro tarefas fundamentais. A primeira é realizar a organização dos conceitos de forma clara e hierárquica, para que facilite a compreensão dos alunos e ajude-os a associar novas informações com o que já se sabe. A segunda tarefa consiste em identificar os conhecimentos prévios (subsunções) que os alunos deveriam possuir em sua estrutura cognitiva para a compreensão do conteúdo. A terceira consiste em determinar quais dos subsunções relevantes estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Por fim, a quarta tarefa é aplicar estratégias ao ensinar utilizando recursos que ajudem os alunos a construir significados de maneira clara e eficaz durante o processo de ensino (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

Portanto, para a construção do PE alguns conceitos importantes deverão ser organizados previamente pelo professor, levando em conta a melhor maneira de auxiliar os alunos na compreensão da Lei de Faraday e do processo de indução eletromagnética. Como meio de identificar os conhecimentos prévios ou subsunções dos alunos, alguns questionários podem ser elaborados com o intuito de avaliar o que o aluno já sabe sobre o tema, antes de começar a ensinar o conteúdo novo. Tal avaliação permite ao professor ajustar o ensino, de forma que ele possa partir do que o aluno já sabe, aproveitando os subsunções existentes e realizando a conexão com o conteúdo além de verificar se será necessário introduzir ou reforçar alguns subsunções. Desta forma, serão pensados e elaborados todos os recursos e estratégias que ajudem o aluno a construir seu conhecimento.

Antes de planejar as aulas e atividades do Produto Educacional PE, é importante entender mais sobre a estrutura necessária para construção das aulas. Portanto, a seguir serão abordadas a compreensão e a importância da construção de uma sequência didática SD e algumas metodologias de ensino.

1.2.2 Sequência Didática e algumas práticas educacionais

As ações e estratégias adotadas pelos educadores no processo de ensino-aprendizagem são importantes, tendo em vista a busca pela aprendizagem significativa do conteúdo. As práticas educacionais adotadas têm um papel relevante, pois são elas que moldam a experiência do aluno, orientando seu desenvolvimento. Neste contexto, surge a ideia de criar uma sequência didática (SD), que pode ser compreendida como o conjunto de atividades pedagógicas organizadas de forma planejada, com o objetivo de promover o aprendizado de forma progressiva. Dessa forma, Zabala (2010), define as sequências didáticas como:

“(...) são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.”(ZABALA, 2010, p.18).

Portanto, para o autor, uma sequência didática é um planejamento de ensino composto por várias etapas planejadas para atingir um objetivo de aprendizagem e que se conectam de forma a garantir que os alunos compreendam o conteúdo.

Zabala (2010), afirma também que a maneira como as atividades são conectadas e organizadas determinam os diferentes métodos de ensino. A ordem das atividades como exposição, observação, debate, exercício, prova, entre outros, definem o tipo de abordagem pedagógica. Nesse sentido, é possível entender que, ao ensinar algo novo, o professor tem várias opções de abordagens, como explicar o conteúdo, estimular a observação, promover debates, aplicar provas e exercícios, ou até solicitar a aplicação prática do que foi aprendido. Dessa forma, a maneira como o professor e os alunos se envolvem em cada atividade torna cada método de ensino único e distinto dos demais.

Nos últimos anos, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, muitos pesquisadores têm estudado e estruturado uma SD como ferramenta importante para o ensino, com o objetivo de promover uma aprendizagem mais eficaz e significativa, o que, por sua vez, vem permitindo que aperfeiçoem cada vez mais as suas práticas pedagógicas e consequentemente, promovam uma maior compreensão dos conceitos de Física por parte dos estudantes. Um destes trabalhos é o de Ferreira (2023, p.41) onde a autora afirma que "uma sequência didática (SD) é formada por várias atividades interligadas, organizadas para auxiliar o ensino de um conteúdo de forma sequencial". Demonstrando ser uma estratégia pedagógica estruturada, planejada e importante.

Isto indica, portanto, que a escolha da metodologia de ensino e a ordem das atividades propostas pelo professor possui papel crucial no processo de aprendizagem. A sequência em que as tarefas são organizadas pode variar e essa organização das atividades é o que caracteriza o método de ensino adotado. Portanto, não importa apenas o tipo de tarefa, mas também a forma como elas se conectam ao longo do processo de aprendizagem. Além disso, as relações entre professores e alunos são essenciais para o clima de aprendizagem, influenciando diretamente a escolha das atividades e o tipo de conteúdo a ser ensinado.

A SD elaborada ao longo deste trabalho incluiu atividades experimentais, simulador e rodas de conversa, com o objetivo de verificar as concepções dos alunos, proporcionando experiências que os aproximam do conceito de indução eletromagnética, buscando a compreensão e aprendizagem significativa da Lei de Faraday.

Em seu trabalho, Martins (2021), destaca que a experimentação no ensino de Física é uma maneira de cativar os alunos, alinhada aos conceitos de

aprendizagem significativa, afinal, quando é oportunizado para o estudante realizar atividades experimentais, eles podem utilizar seus conhecimentos prévios e, em seguida, expandi-los por meio das próprias atividades experimentais e das explicações muitas vezes fornecidas pelo professor.

Por este motivo, algumas das atividades propostas na SD deste trabalho serão experimentais, e contarão com um roteiro para sua execução, bem como, questionários que levem o aluno a refletir e descrever sobre o que está observando no decorrer do experimento, pois assim, o professor conseguirá identificar o que o aluno compreendeu e discutir os conceitos necessários para a construção do conhecimento.

No capítulo 3, serão relatadas a construção e motivação de cada um dos quatro experimentos a serem utilizados na SD. Porém, cabe aqui ressaltar que alguns trabalhos foram importantes no processo de construção e escolha de algumas práticas educacionais.

Como no trabalho de Santiago et al. (2018), no qual os autores construíram um motor elétrico de corrente contínua. Por ser considerado um equipamento importante encontrado no dia a dia e que é capaz de auxiliar na aprendizagem da Lei de Faraday. Isso possibilitou refletir sobre a relevância de abordar conceitos físicos importantes para a Lei de Faraday utilizando as aplicações em motores elétricos, bem como demonstrando-o experimentalmente, o que, por sua vez, contribuiu muito para o presente trabalho.

Outro recurso também importante para o ensino diz respeito ao uso de simulação didática que pode ser capaz de auxiliar no processo de ensino-aprendizagem representando os fenômenos físicos (SANTOS, 2021). O que muitas vezes ajuda durante o ensino, pois nem tudo que envolve os fenômenos físicos é de fácil interpretação ou pode ser observado a olho nu, como no exemplo das linhas de campo magnético. Santos (2021), relata que é possível obter por meio da internet, simulações de diversas áreas da Física e também apresenta a utilização de um simulador da lei de indução eletromagnética de Faraday que pode ser encontrado no *PhET Interactive Simulations*. Ele indica que ao utilizá-lo, o docente poderá ser capaz de diferenciar conceitos importantes como campo magnético, fluxo magnético, além de possibilitar identificar uma redução na tensão induzida na bobina dependendo da velocidade pela qual o ímã, presente no simulador, está se movendo e fazendo o brilho da lâmpada alterar. Este simulador

também foi utilizado nas aulas da SD construída neste trabalho e será novamente abordado mais adiante.

Algo também muito importante a se refletir é que, muitas vezes, durante as aulas existem dificuldades por parte do professor em verificar ou escutar as opiniões dos alunos e saber o que eles estão pensando ou compreendem sobre os assuntos. Dessa forma, se faz necessária uma maior proximidade do professor com os alunos e de elaborar maneiras para obter tais informações.

Na pesquisa de Rios e Araújo (2021), os pesquisadores indicam a roda de conversa como estratégia metodológica capaz de realizar mediação entre o ensino e a aprendizagem e, que pode ser usada como forma de coletar as concepções prévias dos alunos e as ideias que possuem sobre um determinado assunto.

Além disso, a roda de conversa durante as aulas pode ser entendida como um instrumento de aproximação, podendo auxiliar na comunicação entre aluno e professor (MELO e CRUZ, 2014). Assim, os professores poderão coletar as informações e as compreensões dos alunos sobre determinados temas, além de escutá-los ou instigá-los a refletir sobre algo. Em sua pesquisa, Melo e Cruz (2014) afirmam que esse espaço para roda de conversa deve ser mais que um instrumento de coleta de dados e, é um bom espaço para refletir e auxiliar nos avanços necessários para o cotidiano escolar. Por este motivo, acreditando tratar-se de uma boa proposta metodológica, em alguns momentos foram planejadas e propostas as realizações de rodas de conversa entre os alunos e a professora, durante as aulas da SD deste trabalho.

Na próxima seção será apresentada uma revisão bibliográfica que visa ampliar os conhecimentos sobre as práticas e pesquisas pertinentes deste trabalho.

1.2.3 Revisão Bibliográfica

Para ampliar o conhecimento e reforçar a importância de algumas práticas educacionais, nesta seção serão apresentados os resultados obtidos por meio de pesquisa contendo um levantamento de dissertações e artigos que abordam temas relacionados ao presente trabalho. Inicialmente, os trabalhos foram selecionados com base na análise dos títulos, palavras-chave e metodologias utilizadas.

Nesta pesquisa foram utilizados como base os principais periódicos da área de educação, dissertações e teses publicadas na Biblioteca Digital Brasileira de

Teses e Dissertações (BDTD), e no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes).

Os trabalhos foram selecionados seguindo alguns critérios de pesquisa, como palavras pertencentes ao título desta dissertação e as metodologias utilizadas neste trabalho. Portanto, foram realizadas as pesquisas na busca utilizando as palavras-chave: Lei de Faraday; indução eletromagnética; aprendizagem significativa no ensino de Física; experimentos de eletromagnetismo; roda de conversa.

Desta maneira, foi encontrado um vasto resultado para cada uma das palavras-chave utilizadas nas pesquisas, sendo assim, foi necessário identificar por meio dos títulos dos trabalhos quais realmente retratavam os temas discutidos nesta dissertação. Em seguida, foi necessário analisar o resumo de cada trabalho. Para encontrar algum trabalho que abordasse o uso de rodas de conversa no contexto de aulas de Física foi necessário realizar uma pesquisa no Google Acadêmico onde encontrou-se um artigo da Revista Prática Docente (RPD).

Assim, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), foram selecionados 5 trabalhos; no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, foram selecionados 6 trabalhos; e na Revista Prática Docente (RPD), foi selecionado 1 trabalho. Contudo, alguns deles foram encontrados tanto na BDTD, quanto no catálogo da CAPES.

No total, foram selecionados 8 trabalhos, capazes de aprofundar a compreensão do tema abordado neste trabalho e permitir conhecer melhor o contexto acadêmico relacionado a ele. Entre eles, 4 são dissertações de mestrado submetidas ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) de diferentes polos.

Os trabalhos selecionados estão descritos no Quadro 1.1 e ordenados por ano de publicação, apresentando os seus respectivos títulos, autores, ano de publicação e bancos de indexação.

Quadro 1.1 - Trabalhos selecionados com o tema Lei de Faraday, aprendizagem significativa e experimentação no Ensino de Física.

| Título | Autor(es) | Ano de publicação | Banco de indexação |
|---|---|-------------------|--------------------|
| Aplicação da Lei de Lenz-Faraday em experimentos potencialmente significativos para o ensino aprendizagem. | FARES, Mohamad Imad Escobar. | 2017 | BDTD e CAPES |
| O ensino da Lei de Faraday a partir de uma abordagem contextual lúdica: Possíveis caminhos para a Aprendizagem Significativa. | SANTOS Laura Sued Brandão. | 2018 | CAPES |
| Estudo Experimental da Lei de Faraday da Indução Eletromagnética Utilizando um Smartphone e um Computador | REIS, Tiago de Oliveira. | 2018 | BDTD e CAPES |
| Uma abordagem histórica da Indução Eletromagnética para o Ensino Fundamental - Os experimentos do Disco de Faraday e do Motor Homopolar | MARQUES Lethícia Vieira Marques. | 2018 | BDTD |
| Construção de Kit Didático de experimentos fáceis e de baixo custo em Eletromagnetismo para o Ensino Médio. | CURVINA, Benedito Brauna. | 2019 | CAPES |
| Maleta Didática- Máquina de corrente contínua aplicada no ensino de eletromagnetismo para o ensino médio. | SANTOS, Murilo Araujo. | 2021 | BDTD e CAPES |
| A Roda de Conversa como estratégia mediadora no ensino de ondulatória: utilizando a música “Certas coisas” para ressignificar concepções. | RIOS, Lucianno Cabral; ARAÚJO, Neuton Alves de. | 2021 | RPD |
| Lei de Faraday: Do Senso Comum a Aprendizagem Significativa | SILVA, Wilguem Torres da. | 2021 | BDTD e CAPES |

Fonte: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, Revista Prática Docente (RPD).

Foram encontrados diversos trabalhos que fazem associação prática da Lei de Faraday e o processo de ensino e aprendizagem, e cada qual utiliza teorias de aprendizagem e metodologias como fundamento para seus respectivos trabalhos. Silva (2021), em sua dissertação de mestrado, construiu uma sequência didática que foi aplicada durante a pandemia do COVID-19, necessitando ser adaptada por dois semestres, essa sequência didática foi norteada pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel sobre o conceito da Lei de Faraday. Em sua sequência didática, o autor buscou estimular e envolver o professor e o aluno através de práticas didáticas como simulador, vídeo, mesa-redonda e experimentos. O que indica algumas semelhanças com o presente trabalho que também tem como base a mesma teoria de aprendizagem e utilizou de algumas metodologias semelhantes para a construção de sua própria sequência didática.

Contudo, o que difere este trabalho à proposta de Silva (2021), deve-se ao fato de que, mesmo utilizando algumas ideias de experimentos que se assemelham e o mesmo simulador online, o presente trabalho buscou realizar uma construção dos conceitos importantes para a aprendizagem da Lei de Faraday de forma progressiva utilizando os conhecimentos prévios dos alunos. Além disso, utilizou um número maior de experimentos, questionários e rodas de conversa durante as aulas. Que culminaram em um expressivo contato dos alunos com estes conceitos e observação de fenômenos que são importantes para construção do conhecimento sobre a Lei de Faraday.

Um outro trabalho que tem como base esta mesma teoria é o de Santos (2018), cujo estudo busca melhorar a compreensão e tornar o conteúdo de indução eletromagnética mais acessível e interessante para os alunos, utilizando uma abordagem pedagógica inovadora, sendo ela lúdica e contextualizada, por meio de jogos (RPG), mapa conceitual, entre outros. Assim, também Marques (2018), em sua dissertação de mestrado, construiu e aplicou uma sequência didática buscando ensinar de forma qualitativa conceitos relacionados ao fenômeno da indução eletromagnética para o ensino fundamental (turma do 9º ano), utilizando do método Aprendizagem Baseada em Equipes e de outras atividades, sendo, algumas delas utilizados os experimentos de Motor Homopolar e Disco de Faraday.

Relembrando que uma das metodologias utilizadas neste presente trabalho é o uso da experimentação no ensino de Física, é importante citar também, o trabalho de dissertação de mestrado de Fares (2017), que analisa a aplicabilidade

de experimentos como ferramenta para a compreensão de conceitos abstratos. Sua pesquisa baseou-se também na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel buscando uma melhora no aprendizado de conceitos do Eletromagnetismo. O pesquisador construiu quatro experimentos com materiais de baixo custo, entre eles, um gerador elétrico simples e um motor elétrico. Desta forma, também observou que a aplicação de experimentos pode contribuir para uma melhoria no aprendizado dos alunos, e promove maior participação e envolvimento durante as aulas de Física. Há também trabalhos como os de Curvina (2019) e Santos (2021), que ressaltam a importância de construir e utilizar experimentos para compreensão de conceitos físicos que são relevantes para o estudo do eletromagnetismo.

No presente trabalho é proposto o uso de experimentos que demonstram o processo de indução eletromagnética, para obter uma melhor compreensão da Lei de Faraday e verificar que a variação do fluxo de campo magnético é capaz de gerar uma força eletromotriz induzida (fem) num condutor. Em seu trabalho, Reis (2018), traz também uma proposta experimental com o objetivo de demonstrar a Lei de Faraday, utilizando um computador, *smartphone* e materiais de baixo custo. Em seu experimento, ele permite que os estudantes observem informações de como a variação do fluxo magnético em uma bobina gera uma força eletromotriz induzida (fem), que é detectada pelo computador usando o *software Audacity*, enquanto o *smartphone* mede o campo magnético com o aplicativo *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) e realiza uma análise dos dados por meio de uma planilha eletrônica, permitindo que os alunos compreendam a relação linear entre a variação do fluxo magnético e a fem.

Além da experimentação, neste trabalho são utilizadas atividades de roda de conversa durante algumas das aulas, acreditando ser uma boa prática, capaz de aproximar o professor, o aluno e o conceito a ser estudado. Rios e Araújo (2021), apresentam em seu artigo o relato da importância e os benefícios alcançados ao utilizar a atividade de roda de conversa em sala de aula, o que foi considerada por eles uma boa estratégia mediadora, que aproxima os conceitos da Ondulatória e os estudantes que participaram da roda de conversa.

Por fim, após a apresentação dos fundamentos teóricos e das revisões bibliográficas que dialogam com este trabalho, o próximo capítulo apresentará uma revisão teórica sobre as equações de Maxwell.

2 Capítulo 2: As equações de Maxwell

Neste capítulo, serão apresentadas as quatro equações de Maxwell e suas interpretações, como meio de compreender alguns fenômenos eletromagnéticos importantes para o decorrer deste trabalho.

Durante séculos, os seres humanos se questionaram sobre o que é a luz. Contudo, não havia uma resposta completa até a unificação da eletricidade e do magnetismo em uma só teoria chamada de eletromagnetismo. Esta teoria é, portanto, descrita pelas equações de Maxwell (YOUNG e FREEDMAN, 2009).

As equações de Maxwell consistem em quatro equações fundamentais do eletromagnetismo que descrevem a relação entre os campos elétrico e magnético e suas fontes. Elas são essenciais para compreender e descrever matematicamente os fenômenos eletromagnéticos (YOUNG e FREEDMAN, 2009).

Segundo Tipler (2009, p. 331), "As equações de Maxwell, propostas por James Clerk Maxwell, relacionam os vetores campo elétrico e magnético e suas fontes que são as cargas elétricas e as correntes." Por este motivo, são essenciais para a teoria do eletromagnetismo, pois descrevem como os campos interagem entre si e unificam os fenômenos elétricos e magnéticos. Elas mostram que um campo magnético variável atua como fonte de campo elétrico, e que um campo elétrico variável atua como fonte de campo magnético.

Neste capítulo, as quatro equações de Maxwell são mencionadas como Lei de Gauss Elétrica, Lei de Gauss Magnética, Lei de Faraday e Lei de Ampère/Maxwell. Elas podem ser representadas nas formas integral e diferencial, que são duas maneiras de expressar os mesmos princípios fundamentais do eletromagnetismo.

No Quadro 2.1, a seguir, encontra-se um resumo das quatro equações de Maxwell, apresentadas na forma integral.

Quadro 2.1 - Resumo das quatro Equações de Maxwell na forma integral.

| As Equações de Maxwell, para o vácuo, na Forma Integral | |
|--|--|
| Lei de Gauss Elétrica | $\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \frac{q_{int}}{\epsilon_0}$ |
| Lei de Gauss Magnética | $\oint_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA = 0$ |
| Lei de Faraday | $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} dA$ |
| Lei de Ampère-Maxwell | $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \iint_S \vec{J} \cdot \hat{n} dS + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \iint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dS$ |

Fonte: a autora.

De acordo com o resumo representado no Quadro 2.1, é possível analisar que a Lei de Gauss Elétrica indica que a integral do campo elétrico (\vec{E}) ao longo da superfície fechada S é proporcional à carga total interna (q_{int}) à superfície, dividida pela permissividade do meio (ϵ_0). Também traz a Lei de Gauss Magnética que indica que a integral do campo magnético (\vec{B}) ao longo da superfície fechada S é nula, ou seja, igual a zero.

Pode-se também analisar a Lei de Faraday, na qual a integral do campo elétrico (\vec{E}) ao longo de um circuito fechado (considerada como força eletromotriz) é igual à taxa de variação do fluxo magnético em relação ao tempo. Sendo assim, dizendo de outra maneira, tem-se que a força eletromotriz (f.e.m.) induzida em um circuito fechado é igual à taxa de variação do fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada por esse circuito. O sinal negativo na equação indica que a f.e.m. induzida é gerada de forma a se opor à variação do fluxo magnético.

Analisa-se também a Lei de Ampère e a correção feita por Maxwell, que descreve como calcular, em torno de um caminho fechado, o campo magnético gerado por correntes, sejam estas correntes de condução e/ou correntes de deslocamento.

Para melhor compreender todas as quatro Equações de Maxwell e os conceitos que as envolvem, cada uma delas será tratada separadamente nas seções a seguir.

2.1 Lei de Gauss elétrica

A lei de Gauss para o campo elétrico é uma poderosa ferramenta para simplificar o cálculo do campo eletrostático em uma distribuição de cargas que possua elementos de simetria de modo que possa expressar o fluxo total de campo elétrico através de uma superfície (NUSSENZVEIG, 2007).

Para entendê-la melhor, inicialmente é necessário buscar compreender qual a força exercida em uma carga, por outra. Assim, segundo Griffiths (2011), imaginando uma carga de prova (Q) a uma distância r de uma carga pontual (q) em repouso, é possível determinar a força exercida na direção \hat{r} entre elas por meio da Lei de Coulomb, (equação 2.1) expressa por:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

Nesta equação, a constante $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ é a permissividade do vácuo. Imaginando, portanto, esta interação entre as partículas portadoras de cargas elétricas, faz-se pensar, como uma partícula seria capaz de identificar a outra, mesmo a uma distância r . Para entender esta interação, é necessário compreender o conceito de campo elétrico (\vec{E}). Desta maneira, Tipler e Mosca (2009), explicam o campo elétrico da seguinte forma:

“Uma carga produz um campo elétrico \vec{E} em todos os pontos do espaço e este campo exerce a força na segunda carga. Portanto, é o campo \vec{E} na posição da segunda partícula que exerce a força sobre ela, e não a primeira carga (a qual está a certa distância).” (TIPLER e MOSCA, 2009, p.11).

Essa citação ressalta que a interação eletrostática entre duas cargas é medida pelo campo elétrico que uma delas cria no espaço. Assim, o campo elétrico é uma quantidade vetorial, que varia em sua região de acordo com as cargas fontes e, portanto, embora seja difícil definir precisamente o que é um campo elétrico, ele

pode ser determinado como um meio de calcular as forças elétricas (GRIFFITHS, 2011). Griffiths (2011), ainda recomenda pensar o campo como uma “entidade eletrodinâmica” e que o campo elétrico (\vec{E}) pode ser considerado a força por unidade de carga sobre uma carga de prova, em um dado ponto, como representado pela relação expressa pela equação (2.2):

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2.2)$$

Portanto, ao analisar a presença de mais cargas em uma determinada região do espaço, é possível verificar que, para várias cargas deve-se somar as forças de cada uma delas, assim como expresso pela equação (2.3):

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r} \quad (2.3)$$

De acordo com a relação estabelecida pela equação 2.2 e a força elétrica para uma distribuição de cargas descrita pela equação 2.3, é possível determinar o campo elétrico $\vec{E}(\hat{r})$ das cargas fontes e obter uma relação para ele. Assim como a equação (2.4) expressa:

$$\vec{E}(\hat{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r} \quad (2.4)$$

Dessa forma, como afirma Griffiths (2011), $\vec{E}(\hat{r})$ seria a força por unidade de carga exercida sobre uma carga de prova a uma distância r . Contudo, se a carga for distribuída sobre uma região de forma contínua, é possível integrar essa soma (GRIFFITHS, 2011). Resultando na equação (2.5).

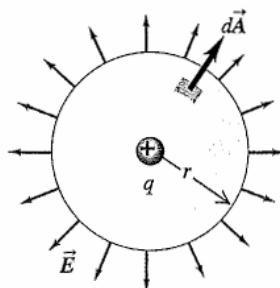
$$\vec{E}(\hat{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{1}{r^2} \hat{r} dq \quad (2.5)$$

O campo elétrico gerado por uma única carga puntiforme positiva “q” possui linhas de campo que se irradiam para fora da carga em todas as direções de maneira uniforme, como representado na Figura 2.1. Considerando essa carga no centro de uma superfície esférica imaginária de raio r , o módulo do campo elétrico em qualquer ponto sobre a superfície pode ser expresso pela equação (2.6) (YOUNG e FREEDMAN, 2009).

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (2.6)$$

A Figura 2.1, a seguir, é uma representação de uma carga puntiforme positiva q localizada no centro de uma esfera, onde as linhas de campo elétrico estão irradiando para fora da carga. Essa figura é usada para ilustrar o conceito de fluxo elétrico através de uma superfície fechada.

Figura 2.1 - Fluxo elétrico através de uma superfície esférica centralizada sobre uma carga puntiforme.



Fonte: Fig.22.9 Young e Freedman, 2009, p.47.

Pode-se perceber que na Figura 2.1, existe um campo elétrico \vec{E} que aponta para fora, sendo gerado por uma carga positiva q . Este campo elétrico atravessa uma superfície esférica S , cujo elemento de área é identificado como $d\vec{A}$, que é equivalente a $d\vec{A} = \hat{n}dA$.

Tipler e Mosca (2009), afirmam que uma quantidade de linhas de campo elétrico \vec{E} que atravessam uma determinada superfície imaginária fechada S , que é chamada de Superfície Gaussiana, podem ser entendidas como fluxo elétrico ϕ_E . Considerando essa uma Superfície Gaussiana fechada, é possível determinar o

fluxo do campo ϕ_E através de uma integral fechada sobre a superfície S do campo \vec{E} e do vetor unitário \hat{n} perpendicular ao elemento de superfície $d\vec{A}$. A equação 2.7 expressa essa relação.

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA \quad (2.7)$$

Contudo, para uma superfície perpendicular ao campo, o fluxo elétrico ϕ_E pode ser obtido pelo produto da magnitude do campo E pela área A da superfície que ele atravessa, (TIPLER e MOSCA, 2009), como expresso pela equação (2.8).

$$\Phi_E = E A \quad (2.8)$$

Sendo assim, de acordo com a equação 2.8, sabendo que a área da superfície gaussiana é igual a de uma esfera ($A=4\pi r^2$) e o módulo do campo elétrico E , representado pela equação (2.6). Obtém-se a seguinte equação (2.9):

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (2.9)$$

Mesmo que no interior da superfície não exista apenas uma carga puntiforme, o campo elétrico total será dado pela soma vetorial do campo gerado pela interação de todas as cargas presentes, sendo considerada a carga interna total q_{int} . Desta forma, é possível relacionar as equações 2.7 e 2.9, na qual encontra-se a relação expressa pela equação (2.10), conhecida como Lei de Gauss elétrica.

$$\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \frac{q_{int}}{\epsilon_0} \quad (2.10)$$

Sobre a Lei de Gauss elétrica, Young e Freedman (2009, p.49) afirmam que “O fluxo elétrico total através de qualquer superfície fechada é igual à carga elétrica

total (líquida) existente no interior da superfície dividida por ε_0 .” Portanto, quanto maior for a carga elétrica, maior serão as linhas de campo que saem dela e, assim, maior será o fluxo de \vec{E} .

2.2 Lei de Gauss magnética

Assim como as forças elétricas atuam sobre uma carga em repouso, considera-se agora o caso de cargas em movimento. Afinal, uma carga estacionária produz somente um \vec{E} no espaço à sua volta, enquanto que uma carga em movimento gera também um campo magnético (\vec{B}) (GRIFFITHS, 2011). Portanto, é necessário analisar a força que esse \vec{B} exerce sobre uma corrente ou uma carga que se move.

Para isso, é importante relembrar algumas propriedades magnéticas, como no caso de um ímã permanente, que possui um pólo norte (N) e um pólo sul (S). Ao manipular dois ou mais ímãs, é possível verificar que, ao aproximar os pólos de mesmo nome, os ímãs se repelem, e ao se aproximar os pólos de nomes contrários, eles se atraem. O mesmo pode ser observado ao analisar uma agulha imantada, como as que são encontradas nas bússolas (NUSSENZVEIG, 2007).

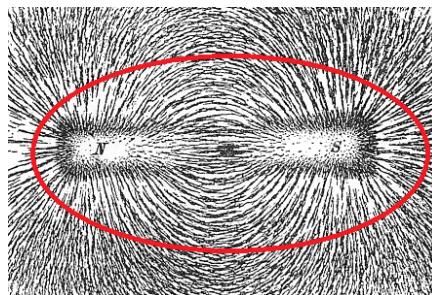
As interações observadas entre os pólos magnéticos dos ímãs levam a refletir sobre a natureza desses fenômenos magnéticos. Embora possuam comportamentos que podem ser comparados aos das cargas elétricas, como a atração e a repulsão, é importante investigar mais a fundo as características dos pólos magnéticos quanto a sua estrutura.

O conceito de pólo magnético pode até parecer ser semelhante ao conceito de carga elétrica; contudo, não existem evidências acerca da existência de pólos magnéticos isolados, assim como existem as cargas positivas e negativas isoladas na natureza (apesar de todas as pesquisas que buscam encontrar um monopolo magnético, ele não foi identificado). Portanto, os pólos magnéticos são sempre encontrados em pares (YOUNG e FREEDMAN, 2009). A análise do campo magnético em torno de um ímã é essencial para compreender suas propriedades e comportamentos.

Sendo assim, Nussenzveig (2007) afirma que, a fim de verificar a posição e o

sentido do campo magnético de um ímã, pode-se utilizar limalha de ferro sobre o ímã, para que os fragmentos de ferro se magnetizem por indução, indicando a direção do seu campo magnético, como pode ser visto na Figura 2.2.

Figura 2.2 - Linhas de campo magnético demonstradas por limalha de ferro onde a magnetização da limalha altera o campo. A linha em vermelho corresponde a uma superfície gaussiana.



Fonte: adaptada de <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Magnet0873.png>>. Acesso em 01 out. 2024.

Na figura 2.2, verifica-se que o campo magnético está ao redor do ímã e que as linhas de campo magnético que saem de um pólo encontram o outro pólo do ímã. Também, nota-se uma região marcada em vermelho que indica uma superfície S que será utilizada para verificar o fluxo de campo magnético ϕ_B de uma determinada região ao redor do ímã.

Segundo Young e Freedman (2009), o campo magnético \vec{B} é uma grandeza vetorial que está associada a cada ponto do espaço onde ele se encontra, assim como o fluxo de campo magnético ϕ_B que atravessa determinada região. O fluxo de campo elétrico ϕ_E é proporcional à carga elétrica dentro de uma dada superfície S , sendo assim, o fluxo de campo magnético ϕ_B que atravessa uma superfície fechada deveria ser proporcional a carga magnética no interior desta superfície. Contudo, não foram encontrados nenhum monopolo magnético livre e, portanto, o ϕ_B sempre será zero. Em resumo, analisou-se, na Figura 2.2, a superfície fechada marcada em vermelho, onde cada linha de campo que entra nesta superfície S também sai da mesma superfície, sendo este o motivo pelo qual o $\phi_B = 0$.

Desta maneira, assim como afirma Young e Freedman (2009, p.210), “O fluxo magnético total através de uma superfície fechada é sempre igual a zero.” E pode ser representado pela Lei de Gauss magnética, expressa pela equação 2.11.

$$\oint_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA = 0 \quad (2.11)$$

2.3 Lei de Faraday

Michael Faraday é considerado um dos maiores experimentadores da Física. Em 1831, realizou um experimento, no qual enrolou 70 metros de fio de cobre em torno de um bloco de madeira e os ligou a um galvanômetro. Outros 70 metros de fio foram enrolados no mesmo bloco e ligados a uma bateria, ambos os fios não estavam ligados entre si (NUSSENZVEIG, 2007). Com este experimento Faraday notou que a corrente presente no circuito ligado à bateria gerava uma deflexão no galvanômetro somente quando o outro circuito era ligado ou desligado. Algumas observações semelhantes também foram observadas por Joseph Henry. As pesquisas de ambos aconteceram quase ao mesmo tempo em locais diferentes e apontam fenômenos semelhantes (NUSSENZVEIG, 2007).

O galvanômetro é um instrumento utilizado para detectar e medir correntes elétricas de baixa intensidade. Desta forma, em outros experimentos realizados por Faraday, ao colocar um ímã permanente próximo de um fio enrolado formando uma bobina conectada a um galvanômetro, foi observado que, com o ímã em repouso, não havia nenhuma medida de corrente elétrica; mas, quando o ímã se movia aproximando-se e afastando-se da bobina, uma corrente era detectada (YOUNG e FREEDMAN, 2009). Ao mover a bobina e manter o ímã em repouso, a corrente também era detectada. A essa corrente foi dado o nome de corrente induzida.

Assim, Faraday verificou que, neste caso, a indução de corrente elétrica possui relação de dependência com o movimento relativo entre o ímã e a bobina e que o resultado desse movimento é uma variação do campo magnético que atravessa a bobina (NUSSENZVEIG, 2007).

Quando a variação de campo magnético é abordada em uma determinada área, relaciona-se a variação do fluxo magnético ϕ_B na bobina. Para compreender melhor, determina-se o fluxo de campo magnético.

Tipler e Mosca (2009), afirmam que o fluxo de qualquer vetor por uma superfície é calculado da mesma maneira que o fluxo elétrico ϕ_E obtido pela

equação 2.7. Desta forma, o fluxo magnético ϕ_B para um elemento de área é dado pela integral fechada sobre a superfície S do campo \vec{B} e do vetor unitário \hat{n} perpendicular ao elemento de superfície $d\vec{A} = \hat{n}dA$, cuja relação pode ser expressa pela equação (2.12).

$$\phi_B = \oint_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA \quad (2.12)$$

Com essa equação, percebe-se que o fluxo ϕ_B indica a quantidade de campo magnético que atravessa uma superfície e é diretamente proporcional à intensidade do campo magnético \vec{B} e à área A que ele atravessa. Portanto, quanto maior o campo \vec{B} e a área, maior será o fluxo magnético.

Sendo assim, a variação desse do fluxo magnético em relação ao tempo pode ser expressa pela equação 2.13.

$$\frac{\partial \vec{\phi}_B}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\oint_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA \right) = \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} dA \quad (2.13)$$

Como exposto anteriormente, essa variação do fluxo de campo magnético é capaz de gerar corrente em uma bobina, chamada de corrente induzida. Todavia, para surgir essa corrente é necessário executar um trabalho por unidade de carga para colocar os elétrons em movimento, chamado de força eletromotriz induzida (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Então, nos experimentos realizados por Faraday, a variação do campo magnético produzida na bobina formada por várias espiras gerou a corrente induzida detectada pelo galvanômetro. Acerca deste fato, Halliday, Resnick e Walker (2009) definem que:

“Se o fluxo magnético ϕ_B através de uma área limitada por uma espira condutora fechada varia com o tempo, uma corrente e uma força eletromotriz são produzidas na espira” (HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 2009. p.290).

Essa afirmação explica a Lei de Faraday, a qual a força eletromotriz (fem) induzida é igual a taxa de variação do fluxo magnético no tempo, com sinal negativo, e que pode ser expressa pela equação 2.14 (YOUNG e FREEDMAN, 2009).

$$\varepsilon = - \frac{\partial \vec{\phi}_B}{\partial t} \quad (2.14)$$

Esse sinal de menos presente na equação 2.14 tem relação com o sentido da fem induzida e foi proposto por Heinrich Friedrich Lenz, que formulou uma regra, conhecida como Lei de Lenz. Esta lei determina que a corrente induzida tem sentido oposto à variação que a produziu.

A força eletromotriz (fem) pode ser expressa em termos da integral do campo elétrico \vec{E} ao longo de um caminho fechado C . Assim, a integral da força eletromotriz é expressa pela equação 2.15:

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (2.15)$$

Ao considerar a equação 2.15 e a equação 2.13 na relação obtida pela Lei de Faraday, presente na equação 2.14, é possível determinar a equação em forma integral da Lei de Faraday, conforme a equação 2.16.

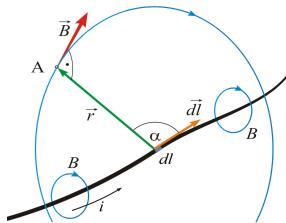
$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} dA \quad (2.16)$$

2.4 Lei de Ampére-Maxwell

Anteriormente, já foi apresentado, neste trabalho, que para uma distribuição de carga simétrica, é possível calcular o campo elétrico usando a Lei de Gauss. E, para determinar um campo magnético que seja produzido por uma distribuição de correntes, existe a Lei de Ampère (TIPLER e MOSCA, 2009). Mas, antes de falar sobre essa lei, será calculado o campo magnético produzido por uma corrente elétrica.

A Figura 2.3 ilustra um fio sendo percorrido por uma corrente elétrica i e que produz o campo magnético \vec{B} . Portanto, se esse fio for dividido em elementos infinitesimais dl será possível definir um vetor comprimento $d\vec{l}$, além de definir um elemento de corrente $i d\vec{l}$, para então determinar o campo $d\vec{B}$ em um ponto A próximo ao fio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Figura 2.3 - Desenho de ilustração representando os termos envolvidos na Lei de Biot-Savart.



Fonte: adaptada de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4f/Biot_Savart.svg/1024px-Biot_Savart.svg.png. Acesso em 20 nov. 2024.

Portanto, esse campo magnético $d\vec{B}$ produzido por um elemento de corrente $i d\vec{l}$ pode ser expresso pela equação 2.17, em que μ_0 é a permeabilidade magnética no vácuo, r é a distância entre o elemento de corrente e o ponto A, e o produto vetorial $i d\vec{l} \times \hat{r}$ entre o vetor comprimento $d\vec{l}$ e o vetor unitário \hat{r} determina a direção do campo magnético.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (2.17)$$

A equação 2.17, representa a conhecida Lei de Biot-Savart, mas que na realidade foi deduzida por Ampère. Nela percebe-se que o campo magnético \vec{B} diminui com o quadrado da distância (r) ao elemento de corrente, e que esse campo é perpendicular ao vetor comprimento $d\vec{l}$. Sendo assim, para obter \vec{B} gerado por todos os elementos de corrente presentes no circuito, basta somar cada $d\vec{B}$ integrando-os. Contudo, este cálculo dependerá da geometria do próprio circuito (TIPPLER e MOSCA, 2009).

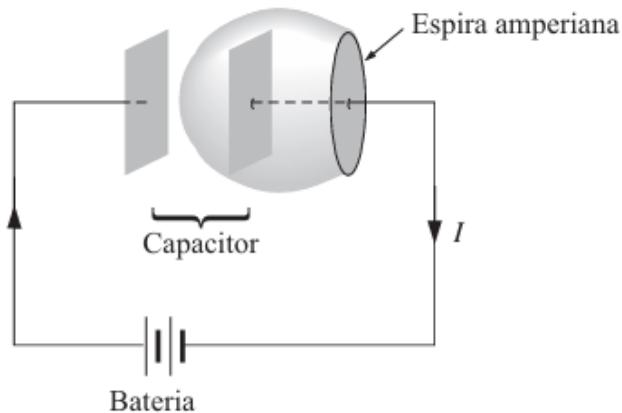
Sendo assim, segundo Halliday, Resnick e Walker (2009), a Lei de Ampère, apesar de ter recebido o nome do físico André-Marie Ampère, foi proposta por James Clerk Maxwell e pode ser demonstrada a partir da Lei de Biot-Savart. Sua equação descreve como o campo magnético \vec{B} se relaciona com a corrente elétrica i , onde a integral do produto escalar $\vec{B} \cdot \vec{dl}$ em uma curva fechada C (chamada de amperiana) é igual a permeabilidade do vácuo (μ_0) multiplicada pela corrente total que passa através de qualquer superfície limitada por C . Cabe também ressaltar que essa lei só vale se as correntes forem contínuas e constantes. Portanto, a equação 2.18 expressa a Lei de Ampère (TIPLER e MOSCA, 2009).

$$\oint_C \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 i \quad (2.18)$$

Assim como a Lei de Gauss, a Lei de Ampère também se mostra útil para determinar campo magnético se houver simetria na distribuição de correntes. No entanto, ela tende a não funcionar para correntes não estacionárias, ou seja, que são variáveis ao longo do tempo, visto que, como já se sabe, o i na equação 2.18 é a corrente total que penetra uma dada superfície, mas existe uma situação onde a corrente não é constante (GRIFFITHS, 2011).

Griffiths (2011) explica que há uma falha na Lei de Ampère ao analisar o processo de carregamento de um capacitor. Ao se construir uma superfície amperiana em formato de um balão, como representado na figura 2.4, verifica-se que, se for considerada somente a superfície plana, denominada na figura 2.4 como espira amperiana, a corrente será capaz de penetrá-la perpendicularmente. Contudo, nem todas as superfícies são válidas, como no caso da superfície em forma de balão, na qual é possível notar que nenhuma corrente passa através dela, o que indica que haveria uma corrente igual a zero pois a carga fica na placa.

Figura 2.4 - Desenho de circuito com uma bateria e um capacitor de duas placas, onde ilustra-se a superfície amperiana construída em torno de uma das placas do capacitor.



Fonte: Fig.7.42 Griffiths, 2011 p.224.

Portanto, considera-se esse processo de carga do capacitor, no qual o fio transporta corrente elétrica de uma placa a outra, fazendo com que a carga Q e o campo elétrico \vec{E} entre as placas aumentem. Consequentemente, o fluxo elétrico ϕ_E , que atravessa a superfície amperiana, também aumenta (YOUNG e FREEDMAN, 2009).

Desta forma, ao analisar a Lei de Ampère (equação 1.18), é perceptível que com ela é possível calcular o campo magnético \vec{B} ao redor de uma corrente i . No entanto, no caso já analisado, ao redor do capacitor não seria possível de se calcular, pois mesmo com a corrente sendo zero naquela região, há um aumento do campo elétrico \vec{E} e do fluxo elétrico ϕ_E entre as placas, à medida que o capacitor recebe as cargas elétricas (YOUNG e FREEDMAN, 2009). Surge, então, a necessidade de uma correção na equação de Ampère.

Para resolver este problema, Maxwell generalizou a lei de Ampère para abranger todas as situações. Ele propôs que, ao invés de levar em consideração somente a corrente i (chamada de corrente de condução), se utilizasse a soma de todas as correntes existentes. Para isso, ele cria uma corrente fictícia i_d chamada de corrente de deslocamento (TIPPLER e MOSCA, 2009). Portanto, na equação 2.19, foi realizada uma correção da equação 2.18 acrescentando a corrente de deslocamento.

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (i + i_d) \quad (2.19)$$

Essa corrente de deslocamento i_d foi utilizada por Maxwell para explicar o fenômeno observado entre as placas de um capacitor (descrito anteriormente), onde, apesar da ausência de corrente elétrica existe um fluxo elétrico. Sendo ela a responsável por gerar efeitos semelhantes aos de uma corrente elétrica, como a criação de um campo magnético no local. A equação 2.20 expressa essa corrente de deslocamento que pode ser definida pela derivada no tempo do fluxo elétrico.

$$i_d = \epsilon_0 \frac{d\vec{\phi}_E}{dt} \quad (2.20)$$

Portanto, substituindo a corrente de deslocamento i_d na equação 2.19, obtém-se a equação 2.21, que é a forma generalizada da Lei de Ampére.

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\vec{\phi}_E}{dt} \quad (2.21)$$

A Lei de Ampère, com a correção realizada por Maxwell, pode, portanto, ser aplicada a qualquer superfície e, por sua vez, será capaz de determinar o campo magnético \vec{B} em qualquer ponto do espaço. Essa análise leva à reflexão de que a variação do campo elétrico \vec{E} produz o campo magnético \vec{B} . Assim como afirmam Tipler e Mosca (2009, p.333) quando dizem que “(...) um campo magnético variável produz um campo elétrico (lei de Faraday) e que um campo elétrico variável produz um campo magnético”. Pode-se, portanto, concluir que os campos elétricos e magnéticos possuem relação de interação.

Buscando compreender o comportamento das correntes, a equação 2.21 será reescrita, considerando uma densidade de corrente elétrica \vec{J} . Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009), para estudar o fluxo de cargas em um condutor utiliza-se a densidade de corrente \vec{J} que atravessa uma dada superfície S , que, por sua vez, possui mesmo sentido e direção que a corrente i ; portanto, determina-se que a

corrente elétrica seja igual a integral da densidade de corrente que atravessa essa determinada superfície, como expressa na equação 2.22:

$$i = \int \vec{J} \cdot \hat{n} dS \quad (2.22)$$

Além disso, para melhor reformular a equação 2.21, há a possibilidade de relacionar a equação 2.20 da corrente de deslocamento i_d e a definição do fluxo elétrico ϕ_E dado pela equação 1.8. Portanto, observa-se que a corrente de deslocamento pode ser relacionada com em função do campo elétrico \vec{E} .

Assim, a Lei de Ampère-Maxwell, que é uma das equações de Maxwell descreve como os campos elétricos e magnéticos interagem. Essa lei é expressa pela equação 2.23:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot \hat{n} dS + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \vec{E} \cdot \hat{n} dS \quad (2.23)$$

Neste capítulo, foram apresentadas as quatro Equações de Maxwell na forma integral, conforme descritas no quadro 2.1. Contudo, o formalismo diferencial não será aqui retratado por envolver conceitos de cálculo vetorial incluindo divergência, rotacional e integração em várias dimensões, o que não faz parte do foco deste trabalho. Contudo, para fins de comparação e observação, as quatro Equações de Maxwell na forma diferencial serão citadas e devidamente nomeadas na seção a seguir.

2.5 As equações de Maxwell na forma diferencial

De acordo com Griffiths (2011), existem quatro leis que definem o divergente e o rotacional dos campos elétrico e magnético e Maxwell reuniu as ideias sobre eletricidade e magnetismo escrevendo-as em um conjunto de equações. Porém, elas foram aprimoradas, afinal o que ele escreveu já estava sendo investigado há bastante tempo. No Quadro 2.2, a seguir, encontra-se um resumo das quatro equações de Maxwell, apresentadas na forma diferencial.

Quadro 2.2 - Resumo das quatro Equações de Maxwell na forma diferencial.

| As Equações de Maxwell, para o vácuo, na Forma Diferencial | |
|---|--|
| Lei de Gauss Elétrica | $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ |
| Lei de Gauss Magnética | $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$ |
| Lei de Faraday | $(\vec{\nabla} \times \vec{E}) = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ |
| Lei de Ampère-Maxwell | $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ |

Fonte: a autora.

De acordo com o resumo representado no Quadro 2.2, observa-se que a Lei de Gauss Elétrica descreve a quantidade de campo elétrico atravessando um ponto ao relacionar a divergência campo elétrico ($\vec{\nabla} \cdot \vec{E}$) com a densidade de carga elétrica ρ e a permissividade do vácuo (ϵ_0). Por sua vez, a Lei de Gauss Magnética busca medir a quantidade de campo magnético atravessando um ponto ao relacionar que o divergente do campo magnético ($\vec{\nabla} \cdot \vec{B}$) é zero, ou seja nulo.

No quadro 2.2 também traz a Lei de Faraday que descreve como um campo magnético, variável no tempo, gera um campo elétrico igualando o rotacional do campo elétrico ($\vec{\nabla} \times \vec{E}$) com o negativo da derivada temporal do campo magnético. E a Lei de Ampère-Maxwell estabelece que o rotacional do campo magnético ($\vec{\nabla} \times \vec{B}$) é igual ao produto da permeabilidade do meio μ_0 e a densidade de corrente total \vec{J} mais a o termo de correção introduzido por Maxwell, $\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, que corresponde à corrente de deslocamento.

A seguir, apresenta-se o capítulo sobre o Produto Educacional e a sua construção.

3 Capítulo 3: Produto Educacional e sua construção

Este capítulo tem como objetivo apresentar as etapas de elaboração da Sequência Didática (SD), a qual constitui o Produto Educacional (PE) resultante deste trabalho. O PE completo pode ser encontrado no Apêndice E (SILVA e FERNANDES, 2025).

As seções a seguir estão divididas entre os objetivos do PE, a descrição e a construção da SD, em que, serão detalhados o processo de elaboração da SD, todos os materiais necessários para o PE, bem como a divisão e a organização das aulas.

3.1 Objetivos

O PE desenvolvido neste trabalho busca elaborar e implementar uma SD para o ensino médio que explore a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética, utilizando abordagens experimentais acessíveis que possam ser facilmente aplicadas pelos professores nas aulas de Física.

Dessa forma, alguns objetivos específicos foram definidos para atingir o propósito geral de desenvolvimento da SD.

- Identificar os conceitos da Lei de Faraday e do processo de indução eletromagnética que são fundamentais para compreensão dos fenômenos estudados.
- Criar experimentos que permitam aos alunos observar diretamente o fenômeno da indução eletromagnética, bem como alguns fenômenos necessários para tal compreensão.
- Elaborar atividades que promovam a problematização e a reflexão dos alunos sobre a aplicação da Lei de Faraday em contextos como motores elétricos, carregadores de celulares e fogões por indução.
- Avaliar a eficácia da SD desenvolvida, por meio de uma análise dos resultados obtidos pelos questionários utilizados.

A seguir, seguem as características da SD elaborada seguindo os objetivos apresentados por esta seção.

3.2 Descrição da Sequência didática

A SD elaborada para este trabalho é composta por 6 aulas de 50 minutos. As características gerais da SD estão descritas no Quadro 3.1, utilizado como ficha técnica sobre as aulas.

Quadro 3.1 - Ficha técnica da sequência didática.

| TÍTULO - Mergulhando no Eletromagnetismo: Experimentos para Desvendar a Lei de Faraday | |
|---|--|
| Duração: 06 aulas de 50 minutos. | Público alvo: alunos do terceiro ano do ensino médio. |
| CONTEÚDOS | <p>CONCEITUAL</p> <p>Experimento de Oersted:</p> <ul style="list-style-type: none">• Corrente elétrica;• Campo magnético; <p>Circuitos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Dispositivos elétricos;• Circuito em série;• Medidas elétricas; <p>Lei de Ampère:</p> <ul style="list-style-type: none">• Corrente Induzida;• Indução eletromagnética; <p>Lei de Faraday:</p> <ul style="list-style-type: none">• Campo Magnético variável no tempo;• Força eletromotriz;• Aplicações tecnológicas;<ul style="list-style-type: none">○ Carregador de celular por indução;○ Motores;○ Fogão por indução. |
| METODOLOGIAS | <ul style="list-style-type: none">• Rotação por estações;• Roda de conversa;• Atividades experimentais;• Simulador. |
| AVALIAÇÃO | <p>Diagnóstica / Conceitual</p> <ul style="list-style-type: none">• Questionário preliminar;• Questionários de análises experimentais. |

Continua...

| | |
|--|---|
| | <p>Procedimental / Atitudinal / Factual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discussão em sala; • Trabalho em grupo; • Atividades experimentais. |
| | <p>Avaliativa / Conceitual / Factual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Questionário avaliativo; • Exercício proposto. |

Fonte: a autora.

O Quadro 3.1 explicita que a SD busca trabalhar vários conceitos necessários para compreensão da Lei de Faraday, utilizando metodologias que buscam aproximar os alunos(as) do conceito a ser estudado e os colocam como peças centrais no processo de aprendizagem.

Em cada aula da SD, são trabalhados alguns conteúdos, tendo como abordagem as atividades propostas na descrição do Quadro 3.2, que descreve portanto, o resumo das 6 aulas propostas pela SD de forma a compreender melhor como a mesma foi estruturada.

Quadro 3.2 - Resumo das aulas.

| Sequência didática | | |
|---------------------------|---|---|
| AULA | CONTEÚDO | ATIVIDADE PROPOSTA |
| Aula 1 | Contextualização sobre Indução eletromagnética. Carregador de celular por indução; Fogão por indução. | Questionário 1- Diagnóstico. Encontrado no Apêndice A (A1: Questionário diagnóstico preliminar). |
| | | Roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética com enfoque nos motores, no fogão e no carregador de celular por indução. |
| Aula 2 | Experimento de Oersted; Campo magnético; Circuitos; Lei de Ampére; Lei de Faraday. | Atividade rotação por estações; Três experimentos: Estação 1: Faça como Oersted; Estação 2: Funcionando o motor elétrico; Estação 3: Gerando corrente induzida. |

Continua...

| | | |
|--------|---|---|
| | | Questionário 2 - Análise experimental atividade rotação por estações. Encontrado no Apêndice A (A2: Questionário 2: Atividade rotação por estações). |
| Aula 3 | Experimento de Oersted; Campo magnético; Transistor; Lei de Ampère; Lei de Faraday. | Revisão dos conceitos: roda de conversa sobre as observações e experiências dos alunos durante as atividades da aula 2. Simulador PhET Colorado; Abordagem sobre o funcionamento do transistor e demais componentes eletrônicos. |
| Aula 4 | Corrente Induzida; Força eletromotriz; Lei de Faraday. | Experimento da Lei de Faraday. Questionário 3- Dados Experimentais: Medida corrente induzida pela distância entre as bobinas. Encontrado no Apêndice A (A3: Experimento da Lei de Faraday). Confecção e interpretação do gráfico ($i \times d$) de corrente induzida pela distância entre as bobinas. |
| Aula 5 | Lei de Faraday; Carregador de celular por indução; Fogão por indução. | Retomada e revisão de conceitos e da Lei de Faraday. Associação dos conceitos com as aplicações: Motores, carregador de celular por indução e fogão por indução. Questionário 4- Organizador de pensamentos. Encontrado no Apêndice A (A4: Questionário de organização de pensamento) |
| Aula 6 | Corrente elétrica; Campo magnético; Experimento de Oersted; Circuitos; Corrente Induzida; | Atividade com algumas questões objetivas. Encontrado no Apêndice A (A5: Questionário questões objetivas) |

Continua...

| | | |
|--|--|--|
| | Indução eletromagnética; Lei de Ampère; Força eletromotriz; Lei de Faraday. | Questionário 5 – Avaliativo. Encontrado no Apêndice A (A6: Questionário Avaliativo final) |
|--|--|--|

Fonte: a autora.

Em algumas aulas, serão aplicados questionários para os alunos(as) no decorrer da SD, com o objetivo de diagnosticar suas concepções e compreensões, o que por sua vez, possibilita a busca por novas abordagens para melhor absorção do conteúdo proposto e identificação de barreiras existentes para a aprendizagem. Esses questionários podem ser encontrados no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) deste trabalho.

3.3 Estrutura das aulas

A seguir, segue a descrição de cada aula planejada para a SD, explicando cada detalhe e as montagens experimentais necessárias para reprodução das mesmas.

Todos os questionários utilizados durante a SD encontram-se disponíveis no Apêndice A- Material do Aluno: Instrumento de coleta de dados, e podem ser impressos e utilizados por outros professores. Bem como, consta no Apêndice B - Material para o professor: Questionários com respostas esperadas, em que o professor(a) pode encontrar as respostas para cada questão e comentários a respeito do que se espera que os alunos compreendam com as atividades.

3.3.1 Aula 1 - Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética.

Esta aula tem como objetivo a realização de uma análise dos conhecimentos prévios (subsunções) dos alunos, sobre os conceitos que serão estudados no decorrer da SD. Buscando identificar algumas de suas compreensões sobre conceitos importantes para entender o processo de indução eletromagnética. Essa busca por subsunções, está diretamente ligada à análise dos conhecimentos prévios dos alunos, que são fundamentais para o desenvolvimento da aprendizagem

significativa. Por meio de um questionário diagnóstico, o professor consegue identificar os subsunções que os alunos já possuem a respeito do tema de indução eletromagnética.

A contextualização do fenômeno de indução eletromagnética em exemplos e aplicações como motores, fogão por indução e carregador por indução, também tem papel importante nesta aula, como tentativa de despertar um maior interesse aos alunos em estudar e compreender a Lei de Faraday. Afinal, esses exemplos contribuem para ampliar o entendimento dos alunos sobre a indução eletromagnética.

Desta forma, no Quadro 3.3 há um esquema sobre a primeira aula, que apresenta o plano da aula 1 e suas características.

Quadro 3.3 - Plano da aula 1.

| Tema: Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética. | |
|---|--|
| I - Conteúdo | Lei de Faraday e contextualização sobre Indução eletromagnética. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none">• Identificar os subsunções sobre alguns dos conceitos que auxiliam na compreensão da Lei de Faraday;• Contextualizar através de exemplos de aplicações que utilizam o fenômeno de indução eletromagnética. |
| III - Objetivos específicos | <p>Questionário diagnóstico:</p> <ul style="list-style-type: none">• Busca identificar as concepções sobre alguns dos conceitos que auxiliam na compreensão da Lei de Faraday, como, as maneiras possíveis de criar campo magnético, a relação existente entre corrente elétrica e campo magnético, o que pode ocorrer ao variar campo magnético, indução eletromagnética suas aplicações e sua relação com a distância e também a possibilidade de existência de carga magnética. <p>Roda de conversa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Apresentar aplicações da indução eletromagnética em motores, carregador de celular por indução e |

Continua...

| | |
|------------------------------|--|
| | <p>fogão por indução.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aproximar os alunos das aplicações do fenômeno a ser estudado, contextualizando e buscando criar predisposição a aprender. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da proposta de ensino; • Aplicação do questionário diagnóstico (individual); • Roda de conversa sobre aplicações. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Lousa e giz; • Questionário impresso; • Tv. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

Nesta aula aplica-se o questionário diagnóstico preliminar (Apêndice A1), que pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados), para verificar os subsunções dos alunos. O questionário é constituído por sete perguntas abertas, e espera-se que os alunos consigam respondê-las de forma adequada. Por este motivo, para correção e análise das respostas serão consideradas as respostas esperadas para cada questão, que podem ser encontradas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), devidamente nomeado como B1: Respostas esperadas para o Questionário diagnóstico preliminar.

Algumas perguntas do questionário diagnóstico preliminar atuam como organizadores prévios, utilizados para identificar os subsunções dos alunos. Elas ajudam a explorar seus conhecimentos prévios sobre conceitos como campo magnético, corrente elétrica, induções eletromagnéticas e suas aplicações, além de promover reflexões sobre a relação entre campo magnético e distância entre corpos e a existência de carga magnética. Essas perguntas são importantes para que o professor compreenda as ideias iniciais dos alunos e possa planejar os próximos passos no processo de ensino.

Após os alunos responderem ao questionário, será realizada uma Roda de Conversa sobre os temas abordados e as percepções dos alunos. Tal metodologia busca aproximar o docente dos alunos, permitindo que eles possam se expressar e dialogar, entendendo a Roda de Conversa como uma possibilidade para uma

comunicação mais dinâmica entre os participantes, buscando uma abordagem sobre possíveis aplicações da indução eletromagnética, sempre questionando e levantando a ideia do funcionamento dos motores, do fogão por indução e do carregador por indução.

Este segundo momento da aula estará destinado a contextualizar o conceito a ser estudado e coletar as concepções dos alunos sobre o tema. O professor terá um papel importante em mediar e instigar os alunos sobre o assunto.

Assim, com essa metodologia da Roda de Conversa, o professor, além de coletar e discutir algumas percepções dos alunos, realiza uma contextualização de exemplos e aplicações da indução eletromagnética, o que também funciona como um organizador prévio. Isso facilita o interesse e a conexão dos alunos com o conteúdo, mostrando a relevância prática dos conceitos que serão aprofundados ao longo da aula e da sequência didática (SD).

Portanto, nesta aula, a diferenciação progressiva ocorre quando os conceitos prévios são enriquecidos com novos conhecimentos durante a aula, à medida que os alunos têm contato com novos conteúdos e exemplos contextualizados (como o funcionamento de motores, fogões por indução e carregadores por indução). Já a reconciliação integradora pode ocorrer quando os alunos, durante a Roda de Conversa, ajustam e organizam suas ideias para integrar novos significados, criando uma compreensão mais coerente e estruturada do processo de indução eletromagnética.

3.3.2 Aula 2 - Atividade rotação por estações

O objetivo desta aula é promover a aprendizagem ativa através da manipulação experimental, descoberta, debate e trabalho em grupo, para auxiliar na construção de alguns conhecimentos por parte de cada aluno. Busca-se, também apresentar a eles alguns fenômenos e conceitos físicos importantes para o desenvolvimento da SD, como compreender que a corrente elétrica, ao atravessar um fio, pode gerar campo magnético; que esse campo magnético criado pode interagir com o campo magnético de ímãs; e que a variação temporal de campos magnéticos dos ímãs pode gerar corrente induzida em um condutor.

Assim, buscando metodologias que auxiliem neste processo, a aula 2 será dedicada à realização de uma atividade de rotação por estações em grupo. À

medida que os alunos interagem com os experimentos e observam fenômenos relacionados à indução eletromagnética, podem ampliar seus conceitos e atribuir novos significados. No Quadro 3.4, encontra-se o esquema sobre a segunda aula, que apresenta o plano da aula 2.

Quadro 3.4 - Plano da aula 2.

| Tema - Atividade rotação por estações. | |
|---|--|
| I - Conteúdo | Experimento de Oersted, campo magnético, circuitos, Lei de Ampére e Lei de Faraday. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none"> • Construir o conhecimento dos alunos através da observação e manipulação; • Compreensão do experimento de Oersted e alguns conceitos que auxiliem na compreensão da Lei de Faraday. |
| III - Objetivos específicos | <p>Rotação por estações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar que corrente elétrica ao atravessar um fio é capaz de gerar campo magnético; • Verificar que o campo magnético criado por uma corrente elétrica ao passar por um fio pode interagir com o campo magnético dos ímãs; • Compreender que quando ocorrem variações do campo magnético de um ímã no tempo é possível gerar uma corrente induzida em um condutor. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> • Montagem das três estações com os materiais necessários; • Divisão da turma em três grupos de 3 a 5 alunos; • Atividade rotação por estações em grupo; • Aplicação do questionário experimental atividade rotação por estações. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Lousa e giz; • Experimentos; • Questionário impresso. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

Sendo assim, a aula 2 utilizará uma metodologia ativa conhecida por rotação por estações. Ela será desenvolvida por meio de 3 experimentos, devidamente separados em 3 estações, realizados em grupos de alunos que permanecerão em torno de 15 minutos em cada estação. Para que os alunos possam realizar os experimentos, o professor fornecerá todos materiais e instruções necessárias para auxiliá-los. Durante a realização de cada experimento, os alunos preencherão um questionário sobre cada estação.

Portanto, no início da aula, os grupos de alunos serão formados e receberão os questionários. As montagens dos materiais das 3 estações já estarão dispostas na sala de aula. A atividade experimental é iniciada com a professora circulando pela sala para sanar eventuais dúvidas dos alunos durante a execução de alguma etapa dos experimentos.

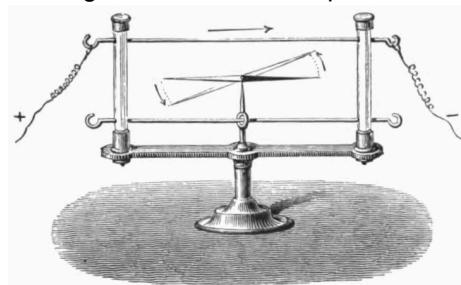
A seguir, descreve-se a montagem e preparação para cada uma das 3 estações construídas para a atividade de rotação por estações.

3.3.2.1 Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted.

O experimento de Oersted é sempre utilizado nos estudos sobre eletromagnetismo, pois ele acreditava que havia uma relação entre os efeitos magnéticos e os elétricos. Assim, realizou experimentos como meio de tentar relacioná-los. Em um experimento (Figura 3.1), Oersted colocou uma agulha metálica em paralelo a um fio metálico por onde é possível percorrer uma corrente elétrica (CHAIB e ASSIS, 2007).

A agulha inicialmente estática é orientada com o campo magnético terrestre. Com a passagem da corrente elétrica pelo fio, Oersted observou que a agulha era defletida, alterando sua direção (CHAIB e ASSIS, 2007).

Figura 3.1 - Imagem ilustrativa do experimento de Oersted.



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oersted_experiment.png>. Acesso em: 23 set. 2023.

A estação 1 foi construída com o objetivo de auxiliar os alunos a identificar que a corrente elétrica ao atravessar um fio é capaz de gerar campo magnético. Buscando verificar tal relação, e tendo como base o experimento de Oersted que acreditava que haveria uma relação entre os efeitos magnéticos e os elétricos, elaborou-se a montagem experimental da estação 1.

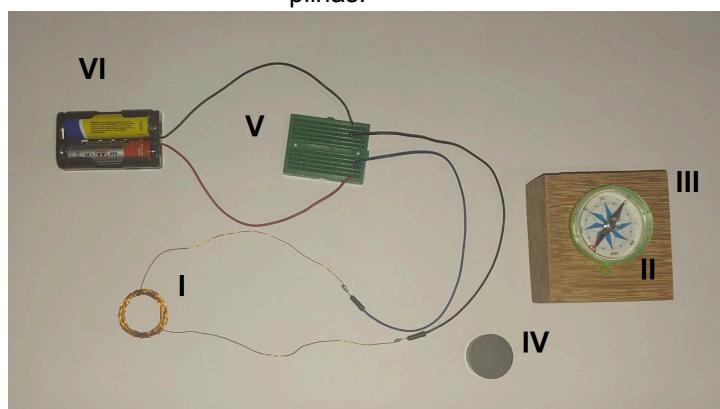
A ideia inicial deste experimento surgiu inspirada nas aulas do MNPEF na disciplina de Eletromagnetismo, que abordaram o experimento de Oersted. Assim, pensando em uma construção experimental em que o aluno possa manipular um ímã e verificar que ele é capaz de fazer o ponteiro de uma bússola mover-se ao aproximá-lo, dessa forma, identificando uma relação entre o campo magnético do ímã e a interação ocasionada no ponteiro da bússola.

Neste contexto, pensando em um meio de relacionar este acontecimento também ao aproximar um fio com corrente elétrica, um circuito simples foi construído, onde a corrente elétrica, assim como o campo magnético do ímã, seja capaz de fazer o ponteiro da bússola se mover.

Este circuito, por sua vez, deveria ser capaz de promover um movimento no ponteiro que fosse de fácil percepção visual, sendo assim, alguns testes foram realizados antes da versão final.

A descrição detalhada de como ocorreu a montagem do experimento e dos materiais utilizados encontra-se no Apêndice C (Guia de Montagem Experimental). Na Figura 3.2 encontram-se todos os materiais e a montagem utilizada para a estação 1.

Figura 3.2 - Imagem fotográfica da montagem experimental da estação 1. Sendo I a bobina com os jumpers, II a bússola, III o apoio de madeira, IV o ímã, V a mini protoboard e VI o suporte com duas pilhas.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

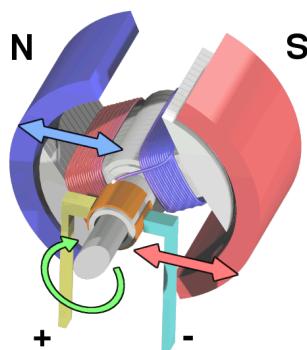
Para realização do experimento da Estação 1, os alunos terão algumas instruções com 3 passos para serem executados, seguidos de duas questões que exigirão um grande diálogo entre os alunos para responder sobre o que estão observando no experimento. Este material pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o nome A2: Questionário: Atividade rotação por estações.

3.3.2.2 Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico.

Os motores elétricos são os responsáveis por converter energia elétrica em mecânica, baseando-se no princípio pelo qual a corrente elétrica quando percorre um condutor (fio metálico) em um campo magnético externo aparece uma força perpendicular ao fio que tende a movimentá-lo. Ao ser utilizada uma bobina contendo mais espiras, imersa ao campo magnético externo, observa-se que, quando a bobina for percorrida por uma corrente elétrica sofrerá interação (SANTIAGO et al., 2018).

A Figura 3.3 mostra um motor elétrico onde, em suas extremidades, está o ímã fixo, representado pelos seus pólos norte N e sul S, que será responsável pelo campo magnético externo à bobina, que se encontra na parte interna conectada a um eixo móvel. Existe uma distância entre o ímã e a bobina, como demonstram as setas da imagem. Ao passar corrente pela bobina, a interação do campo magnético do ímã fará com que ela comece a girar (no centro da Figura 3.4 há uma seta representando o sentido de rotação da bobina).

Figura 3.3 - Desenho ilustrativo do funcionamento de um motor elétrico.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Electric_motor_cycle_3.png>. Acesso em 09 out. 2023.

A estação 2 foi construída com o objetivo de levar o aluno a refletir que o campo magnético criado por uma corrente elétrica, ao passar por um fio, pode interagir com o campo magnético dos ímãs. Isto é, a corrente elétrica é capaz de criar campo magnético, assim como aquele existente num ímã.

Após o entendimento da física existente no funcionamento de um motor elétrico, construir um motor seria uma boa opção para verificar junto aos alunos que a corrente elétrica num condutor pode gerar um campo magnético assim como o de um ímã. Essa corrente pode, inclusive, interagir com um campo magnético externo; o de um ímã permanente, por exemplo. Assim, ao aproximar um circuito alimentado por corrente elétrica, o qual gera um campo magnético ao seu redor, a outro campo magnético haverá interação magnética entre ambos.

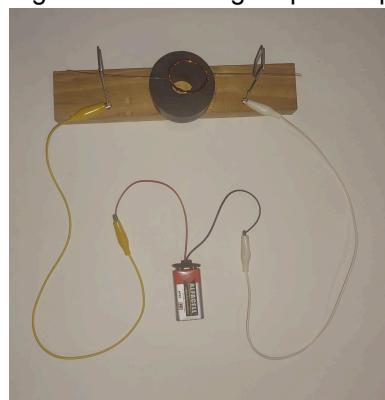
Com o objetivo de criar um motor elétrico utilizando um ímã permanente utilizou-se como referência o vídeo do *Youtube* (MANUAL DO MUNDO, 2014): “Como fazer um MOTOR elétrico com um ÍMÃ (EXPERIÊNCIA de FÍSICA)” - de duração: 6min15s, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM>.

A montagem experimental foi adaptada, após testes, com o objetivo de melhorar o funcionamento do experimento, construindo uma plataforma para ter maior estabilidade e melhor visualização dos fenômenos.

A descrição detalhada de como ocorreu a montagem do experimento da Estação 2: Motor Elétrico e dos materiais utilizados encontra-se no Apêndice C (Guia de Montagem Experimental).

Na Figura 3.4 encontram-se todos os materiais e a montagem utilizada para a estação 2.

Figura 3.4 - Imagem fotográfica da montagem para experimento da estação 2.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

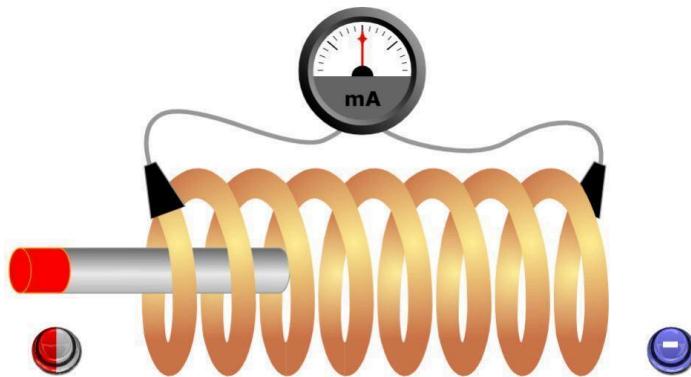
Para realização do experimento referente a Estação 2 os alunos vão receber algumas instruções contendo 3 passos para serem executados seguidos de 3 questões que exigirá um grande diálogo entre os alunos para responder sobre o que estão observando no experimento. Este material pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o nome A2: Questionário: Atividade rotação por estações.

3.3.2.3 Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida.

Faraday descobriu que é possível induzir uma força eletromotriz e uma corrente em uma espira ao variar a quantidade de campo magnético que está atravessando essa espira (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

A Figura 3.5 ilustra um experimento relacionado com a lei de indução de Faraday, onde há espiras ligadas a um amperímetro. Assim, ao aproximar um ímã observa-se que o amperímetro marca uma corrente, por um instante; e, ao afastar o ímã ocorre o mesmo fenômeno.

Figura 3.5 - Desenho experimento relacionado a lei de indução de Faraday



Fonte:

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_indukce_accel&l=pt.

Acesso em 07 out. 2023.

Observa-se, com o experimento da Figura 3.5, que para induzir uma corrente é necessário variar o fluxo de campo magnético em uma bobina. No experimento a seguir, busca-se uma alternativa para variar esse campo magnético e, assim, gerar uma corrente induzida.

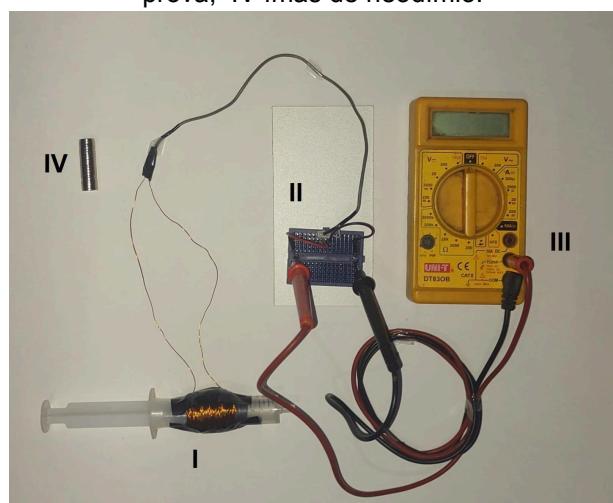
A estação 3 foi construída com o objetivo de que o aluno verifique que ao ocorrerem variações temporais do campo magnético de um ímã é possível gerar uma corrente induzida em uma bobina.

O experimento teve como base a ideia da pesquisadora de que uma pessoa poderia balançar com as mãos um ímã permanente que, assim, geraria corrente elétrica em um condutor, e resultaria no acendimento de um LED. Assim, para a montagem experimental, foi necessário montar um meio de variar o ímã permanente, bem como realizar vários testes para verificar o quanto de corrente elétrica seria gerado em uma bobina, aumentando o número de espiras desta e construindo um circuito que permitisse aos alunos realizar medidas.

A descrição detalhada de como ocorreu a montagem do experimento da Estação 3: Gerando Corrente Induzida e dos materiais utilizados encontra-se no Apêndice C (Guia de Montagem Experimental).

Na Figura 3.6, encontram-se todos os materiais e a montagem utilizada para a estação 3.

Figura 3.6 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 3, sendo I o fio de cobre enrolado na seringa como uma bobina, II as conexões com *jumpers*, III o multímetro com cabos de prova, IV ímãs de neodímio.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Para realização do experimento referente a Estação 3, os alunos receberão algumas instruções contendo 3 passos para serem executados seguidos de 3 questões que exigirão diálogo entre os alunos para responder sobre o que estão observando no experimento. Este material pode ser encontrado no Apêndice A

(Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o nome A2: Questionário: Atividade rotação por estações.

3.3.3 Aula 3 - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações.

Esta aula tem como objetivo realizar uma retomada de conceitos e identificação das observações experimentais por parte dos alunos, relatando e analisando as compreensões e o que visualizaram durante a atividade de rotação por estações aplicada na aula anterior. Busca alcançar as concepções e conceitos desejados por meio de uma análise mais detalhada e discutida dos experimentos. Tem como objetivo também a compreensão e conhecimento do funcionamento de um transistor e alguns componentes eletrônicos que serão importantes para as demais aulas da SD, assim como algumas aplicações.

Sendo assim, o Quadro 3.5 traz um esquema sobre a terceira aula, que apresenta o plano da aula 3.

Quadro 3.5 - Plano da aula 3.

| Tema - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações | |
|--|--|
| I - Conteúdo | Experimento de Oersted, campo magnético, transistor, Lei de Ampère e Lei de Faraday. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none">• Retomada de conceitos;• Identificar as observações e experiências obtidas pelos alunos durante os experimentos da aula anterior;• Compreensão do funcionamento do transistor e demais componentes eletrônicos; |
| III - Objetivos específicos | <ul style="list-style-type: none">• Escutar as experiências dos alunos através da roda de conversa;• Obter um relato das observações dos alunos sobre os experimentos da aula anterior;• Revisão do conteúdo associando corretamente o que foi observado com os conceitos, de acordo com as experiências dos alunos e com auxílio de um simulador computacional. |

Continua...

| | |
|------------------------------|---|
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> • Roda de conversa sobre as observações realizadas; • Realização dos experimentos da aula anterior com novas observações de toda a turma; • Realização de atividade experimental no simulador; • Abordagem sobre o funcionamento de um transistor como chave eletrônica. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Lousa e giz; • Experimentos; • Simulador; • Tv. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica. |

Fonte: a autora.

Nesta aula, será realizada uma revisão sobre alguns conceitos vistos nos experimentos anteriores, revisando o experimento de Oersted, a Lei de Ampère e a Lei de Faraday. Cabe ao professor chamar a atenção dos alunos para o que foi observado em cada etapa dos experimentos, estabelecendo conexões com as leis e conceitos a serem retomados. Nesse momento, o professor demonstra os experimentos e discute o que cada grupo havia observado e relatado na aula anterior.

O questionário aplicado na aula anterior A2: Questionário 2: Atividade rotação por estações que pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) deste trabalho, deverá ser analisado antes da aula 3 para que o professor(a) leve em consideração as respostas dos alunos em cada atividade, assim, deverá buscar suprir as barreiras e deficiências conceituais presentes nas respostas. Para correção e análise serão consideradas as respostas esperadas para cada questão, que podem ser encontradas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), devidamente nomeado como B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações.

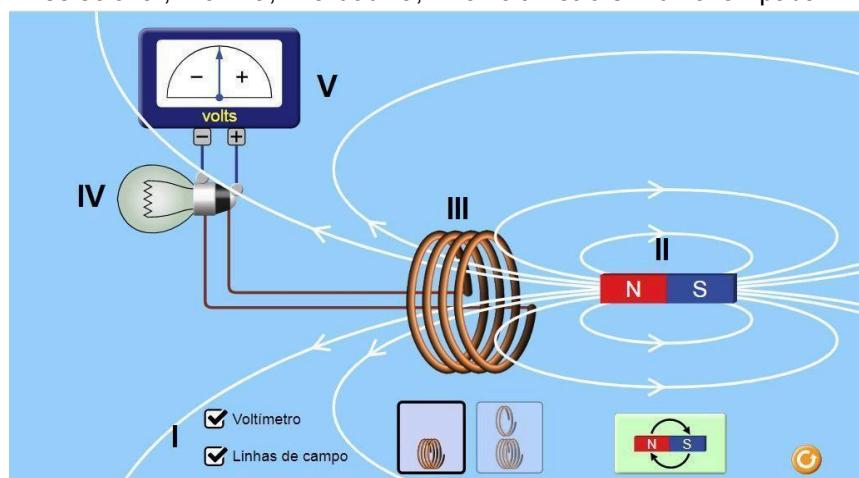
Por meio de uma roda de conversa os alunos juntamente com o professor, vão discutir e realizar passo a passo dos experimentos previstos nas três estações propostas na aula 2, buscando destacar suas experiências em grupo.

Durante essa revisão, os alunos ampliam seus conhecimentos e podem atribuir novos significados, utilizando como subsunçor as suas observações da aula anterior,

servindo, portanto, como base para a construção do conhecimento referente à explicação dos experimentos realizados. Assim, a diferenciação progressiva ocorre quando eles integram os significados obtidos nos experimentos com o conhecimento teórico revisado durante a aula, ampliando, dessa forma, o que foi aprendido nas aulas anteriores.

Em seguida os alunos vão realizar uma prática experimental usando o simulador PhET Colorado Lei de Faraday representado pela Figura 3.7, para auxiliar na compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula, além dos fenômenos físicos vivenciados anteriormente.

Figura 3.7 - Captura de tela do simulador PhET Colorado Lei de Faraday, sendo I as opções para selecionar, II o ímã, III a bobina, IV o voltímetro e V uma lâmpada.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/faradays-law>. Acesso em: 04 out. 2023

Com o simulador, o aluno poderá selecionar as opções voltímetro e linhas de campo (I) para obter uma melhor visualização do experimento. Em seguida, com o mouse, o ímã (II) pode ser arrastado pela tela, aproximando-o e afastando-o da bobina (III). Com isso um questionamento surgirá: Será que o mesmo resultado pode ser obtido se o ímã estiver em repouso ou em movimento? Assim, poderão verificar que, com o ímã em repouso, nada acontece com os ponteiros do voltímetro (IV), mas ao mover o ímã, as linhas de campo magnético também se movimentam e, com isso, o ¹voltímetro (IV) apresenta uma interação indicando a presença de uma tensão elétrica, e uma lâmpada (V) varia sua intensidade luminosa.

¹ Um voltímetro é um instrumento de medição que mede a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um circuito elétrico.

A utilização do simulador, portanto, permite que os alunos visualizem os efeitos da variação temporal do campo magnético, o que pode auxiliar na integração de novos conceitos.

Em seguida também será realizada uma abordagem sobre o funcionamento e as aplicações de transistores de forma que os alunos consigam compreender seu funcionamento como uma chave eletrônica.

Considerando a importância de utilizar recursos visuais, como imagens e vídeos, que ilustram o que se está explicando, para auxiliar na compreensão do aluno, sugere-se o vídeo do *Youtube* (ROMULO ALBUQUERQUE, 2016): “Aula 15 transistor princípios de funcionamento” com duração: 30min51s, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mUK6UwhY6o0>. Trechos do vídeo podem ser empregados como exemplos práticos do funcionamento dos transistores para os alunos.

3.3.4 Aula 4 - Experimento da Lei de Faraday

Esta aula tem como objetivo observar o fenômeno de indução eletromagnética por meio da manipulação experimental. Nela, os alunos vão realizar um experimento para verificar a Lei de Faraday, coletar dados, responder a um questionário baseado nessas observações e construir um gráfico para facilitar a análise dos resultados. Assim, durante essa manipulação experimental, os alunos podem atribuir novos significados aos que já sabiam sobre a variação do campo magnético e a corrente induzida, ao observar o comportamento do circuito com as bobinas geradora e receptora que serão utilizadas no experimento.

Desta forma, no Quadro 3.6, há um esquema sobre a quarta aula, que apresenta o plano da aula 4 com as características sobre a mesma.

Quadro 3.6- Plano da aula 4.

| Tema - Experimento da Lei de Faraday | |
|---|--|
| I - Conteúdo | Corrente induzida, força eletromotriz e Lei de Faraday. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none">• Construir o conhecimento dos alunos através da observação e manipulação; |

Continua...

| | |
|------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Observar o fenômeno de indução eletromagnética. |
| III - Objetivos específicos | <p>Experimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Verificar que o fenômeno de indução eletromagnética que ocorre a distância quando um circuito gerador provoca a variação de um campo magnético e assim, gerar corrente induzida em uma bobina receptora. ● Realizar medidas de corrente induzida pela distância e construção de gráficos; ● Compreender a Lei de indução eletromagnética ou Lei de Faraday; ● Analisar os resultados obtidos interpretando o processo de indução e a relação da distância entre as bobinas. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> ● Realização do experimento da Lei de Faraday; ● Aplicação de questionário de dados experimentais; ● Realização de medidas experimentais; ● Construção de gráfico e análise de dados. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> ● Experimento; ● Lousa e giz; ● Questionário impresso; ● Tv. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

A aula tem como foco principal o experimento de geração de energia à distância, que será realizado pelos alunos, divididos em grupos. Eles deverão observar e medir a variação da corrente induzida de acordo com a distância entre as bobinas. A seguir, analisa-se a montagem e preparação do experimento da Lei de Faraday.

3.3.4.1 Experimento da Lei de Faraday

Antes de analisar a construção do experimento, é importante compreender sua

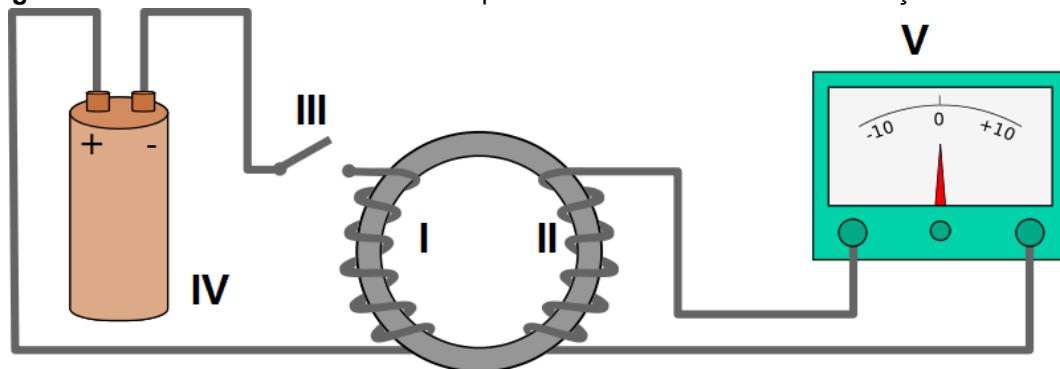
concepção e o processo pelo qual ele foi elaborado. Ainda nas aulas da disciplina de Eletromagnetismo no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF-Polo 20 - UEM), surgiu o interesse e a ideia de construir um experimento didático capaz de gerar corrente induzida em uma bobina, de forma que os alunos do ensino médio pudessem observar a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética.

Com a ideia inicial do experimento, foi realizada a construção de uma bobina geradora (fios enrolados) que, ao se conectar a uma fonte de corrente contínua (pilhas de 1,5V), gera um campo magnético, pois está conectada a um circuito com um transistor NPN capaz de funcionar como um chaveamento eletrônico, fazendo com que o fluxo magnético criado pela bobina geradora varie no tempo. Dessa forma, cria-se um campo magnético variável no tempo que pode interagir com uma bobina receptora (não conectada ao circuito principal), gerando nessa última uma f.e.m (força eletromotriz), que por sua vez, gera uma corrente induzida fazendo com que um LED, conectado à bobina receptora, acenda mesmo estando distante da bobina geradora.

Sendo assim, foi elaborado um experimento relacionado à lei de indução de Faraday, contendo duas bobinas condutoras (I e II) estando próximas, sem encostar uma na outra, e dois circuitos separados como o da Figura 3.8.

Ao ligar a chave III, permite-se que a corrente proveniente da pilha IV passe pela bobina I e, assim, o amperímetro V apresenta, por um instante, uma medida de corrente. Ao desligar a chave III, também se verifica uma medida de corrente no amperímetro, porém, no sentido oposto. Ao manter a chave ligada por um tempo maior, não se observa nenhuma corrente no amperímetro. Assim, observa-se que há uma força eletromotriz induzida na bobina receptora (bobina II) quando a corrente na bobina I está aumentando ou diminuindo, isto é, variando no tempo. Quando a corrente em I é constante no tempo, não há corrente induzida na bobina II (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Figura 3.8 - Desenho ilustrativo de um experimento relacionado à lei de indução de Faraday.



Fonte: adaptado de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2a/Faraday_emf_experiment.svg/1920px-Faraday_emf_experiment.svg.png. Acesso em: 07 out. 2023.

É possível verificar com o experimento da Figura 3.8 que surge uma força eletromotriz induzida quando a corrente está variando na bobina e que a corrente elétrica varia ligando e desligando o circuito. Desta forma, no experimento a seguir, busca-se uma alternativa para variar a corrente elétrica e, assim, gerar uma corrente induzida. Portanto, será utilizado um transistor do tipo NPN (KSP2222A), representado na Figura 3.9.

O transistor é um dispositivo de três terminais que tem como função controlar os sinais elétricos, podendo ser usado para amplificação e chaveamento. Segundo Rezende (2015, p.183), “um sinal variável aplicado a dois terminais de entrada controla eletronicamente o sinal nos dois terminais de saída, sendo um deles comum com a entrada”. Assim, o sinal de entrada é capaz de chavear o circuito, alternando entre um estado com corrente e o outro sem corrente, ou de amplificar o sinal de saída. Existe o transistor bipolar com três camadas de dopagem presentes no mesmo semicondutor, chamadas de emissor (E), base (B) e coletor (C). Eles são divididos em NPN e PNP (REZENDE, 2015).

Figura 3.9 - Transistor NPN (KSP2222A).



Fonte: Arquivos da autora, 2023.

Sendo assim, foi construído um experimento didático capaz de gerar uma corrente induzida em uma bobina para observar a Lei de Faraday.

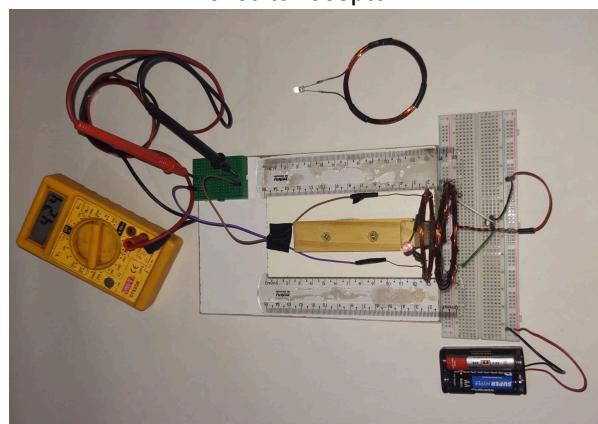
O experimento é constituído de uma bobina geradora que conectada a uma fonte de corrente contínua gera um campo magnético. Neste circuito, o transistor NPN funcionará como uma chave eletrônica fazendo com que o fluxo magnético criado pela bobina geradora varie no tempo.

Assim, o campo magnético variável interage com uma bobina receptora gerando nela uma fem (força eletromotriz), que por sua vez, gera uma corrente induzida fazendo com que o LED que, se encontra na bobina receptora, acenda. Este fenômeno é conhecido como indução eletromagnética e é descrito pela Lei de Faraday. Assim, será possível observar uma corrente induzida na outra bobina e a dependência da corrente induzida com a distância entre as duas bobinas. Para medir essa corrente induzida, um amperímetro será conectado em série com a bobina receptora. Já para identificar a influência do campo magnético e, consequentemente, da corrente induzida na bobina receptora, com a distância entre as bobinas, foi construída uma plataforma de madeira com régua fixas, de forma que seja possível variar a distância da bobina receptora e da bobina geradora e, assim, realizar medidas de distância e da corrente induzida, através do amperímetro.

A descrição detalhada de como ocorreu a montagem do experimento da Lei de Faraday, juntamente com os materiais utilizados e detalhes da construção do circuito gerador e receptor, encontram-se no Apêndice C (Guia de Montagem Experimental).

Na Figura 3.10, encontra-se a montagem completa do Experimento da Lei de Faraday utilizado pelos alunos.

Figura 3.10 - Imagem fotográfica montagem completa do experimento com o circuito gerador e o circuito receptor.



Fonte: Arquivo da autora, 2023.

Para realização do experimento, os alunos vão receber algumas instruções contendo 4 passos a serem executados. Além disso, terão que preencher uma tabela e responder 4 questões em grupo, após o diálogo entre os alunos. Este material pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o nome A3: Questionário Experimento da Lei de Faraday.

Os alunos deverão realizar as medidas da corrente de acordo com a distância, os dados coletados serão preenchidos na tabela presente no material. O experimento deve ser repetido 3 vezes para melhor observar o fenômeno. Em seguida, a ²Média Aritmética das 3 medidas deverá ser calculada para construir um gráfico com os valores de corrente induzida i e da distância d .

3.3.4.2 Medidas do teste realizado

Os resultados coletados no experimento teste encontram-se na Tabela 3.1. A professora realizou o experimento 3 vezes, para melhor observar o fenômeno e verificar as possibilidades de análise do experimento.

Tabela 3.1 - Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i) realizadas.

| Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ |
|---------------------------------------|--|--|--|
| 0,0 | 1,73 | 1,83 | 1,79 |
| 0,5 | 0,75 | 1,00 | 0,84 |
| 1,0 | 0,41 | 0,39 | 0,57 |
| 1,5 | 0,28 | 0,23 | 0,27 |
| 2,0 | 0,18 | 0,11 | 0,09 |
| 2,5 | 0,11 | 0,06 | 0,06 |
| 3,0 | 0,07 | 0,04 | 0,04 |

Continua...

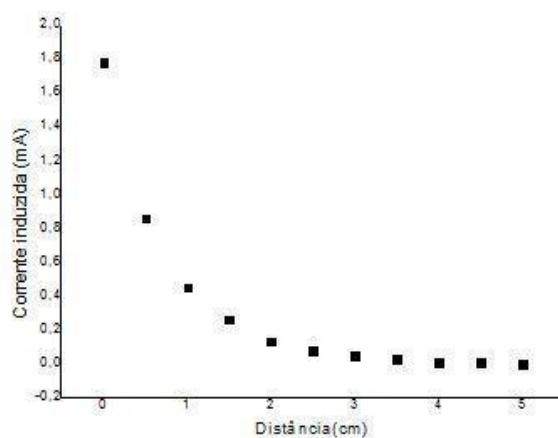
² A média aritmética de uma mesma medida como no caso do exemplo onde foram repetidas 3 vezes a medida experimental, trata-se de uma medida comum de tendência central que costuma ser utilizada em vários casos do cotidiano. Ela é calculada dividindo-se a soma de todos os números dados pela quantidade total desses números. Essa medida nos fornece um valor médio dentro de um conjunto de dados, ajudando a entender a distribuição dos seus valores de forma geral. Portanto, neste exemplo tem-se para cada distância, o total de 3 medidas de correntes induzidas, se considerar cada uma delas como i_1 , i_2 e i_3 , para calcular a média M dessas medidas, utiliza-se a equação $M = i_1 + i_2 + i_3 / 3$.

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 3,5 | 0,04 | 0,02 | 0,03 |
| 4,0 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| 4,5 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 5,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Fonte: a autora.

Em seguida, foram calculadas a média aritmética das medidas de corrente para a construção do Gráfico 3.1, com os valores de corrente induzida i e da distância d entre as bobinas.

Gráfico 3.1 - Corrente induzida na bobina receptora em função da distância entre as bobinas.



Fonte: a autora, construído no programa OriginPro 8, 2023.

Como indica o Gráfico 3.1, ao reduzir a distância entre as bobinas, maior será a corrente induzida na bobina receptora. Portanto, a corrente induzida é inversamente proporcional à distância relativa entre as bobinas.

Realizando uma análise mais detalhada do Gráfico 3.1, identifica-se a distância d no eixo das abscissas (x) e a corrente induzida i no eixo das ordenadas (y). Observando o comportamento da curva experimental obtida, é possível perceber que a corrente induzida possui o seu maior valor na menor distância relativa entre as bobinas (0,5 cm), caindo assintoticamente à zero à medida que a distância entre as bobinas aumenta. Esse comportamento pode ser aproximado ao comportamento de uma função do tipo $\frac{1}{r^2}$, sendo r a distância relativa entre as bobinas com a origem

do sistema de referência no centro da bobina geradora. Uma relação desse tipo, em que a corrente induzida cai com o inverso do quadrado da distância relativa, está de acordo com a lei de Biot-Savart (Equação 1.17).

3.3.5 Aula 5 - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações

Esta aula tem como objetivo revisar alguns conceitos, bem como a compreensão da Lei de Faraday, associando-os com algumas aplicações como compreender o funcionamento de motores, do carregador por indução e do fogão por indução. Também será aplicado o questionário de organização de ideias sobre o que foi estudado até então.

No Quadro 3.7, apresenta-se o esquema sobre a quinta aula, que apresenta o plano da aula 5 com as características sobre a aula.

Quadro 3.7 - Plano da aula 5

| Tema - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações | |
|--|--|
| I - Conteúdo | Lei de Faraday, funcionamento de motores, carregador por indução e fogão por indução. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none">• Revisar os conceitos e da Lei de Faraday;• Associar os conceitos com as aplicações; |
| III - Objetivos específicos | <ul style="list-style-type: none">• Compreender o funcionamento de motores, do carregador por indução e do fogão por indução. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none">• Revisão de conceitos;• Contextualização por vídeos e imagens sobre o funcionamento de motores, do carregador por indução e do fogão por indução.• Aplicação de questionário organizador de ideias. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none">• Lousa e giz;• TV;• Questionário impresso. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

Nesta aula será realizada uma abordagem de todos aspectos observados referente à Lei de Faraday. Em seguida, uma abordagem sobre as aplicações desse fenômeno, levantando hipóteses e tentando explicá-lo. O objetivo é compreender o princípio de operação de motores, do fogão por indução e do carregador por indução. A contextualização ocorrerá por meio de vídeos e imagens ilustrativas e será norteada pelo professor(a), com foco em todo conteúdo já estudado e um olhar questionador acerca dos exemplos do cotidiano, a fim de buscar uma compreensão maior de algumas tecnologias existentes.

Para exemplificar sobre o funcionamento do carregador de celular por indução pode-se utilizar o seguinte vídeo do *Youtube* (INCRÍVEL, 2019): “ Como um Carregador Sem Fio Funciona e Como Ele Pode se Tornar Ainda Melhor” – de duração: 10min10s, disponível em:<https://www.youtube.com/watch?v=jIxAYFmeltg>. Ou ainda, para trabalhar sobre o funcionamento do motor de indução pode-se utilizar o seguinte vídeo do *Youtube* (LESICS PORTUGUÊS, 2021): “ Como funciona o motor por indução?” - de duração: 7min59s. disponível em:https://www.youtube.com/watch?v=AaotM_xbemU.

Por último, será aplicado um questionário organizador que pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) intitulado A4: Questionário de organização de pensamento. Nele, o aluno(a) vai escrever sobre o que compreendeu quanto ao funcionamento dos motores, do carregador por indução e do fogão por indução. Também vai opinar sobre as aulas e as metodologias aplicadas. Assim, os alunos responderão a cinco perguntas de forma individual.

As três primeiras perguntas do questionário, referido acima, possuem respostas esperadas e podem ser encontradas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), devidamente nomeado como B4: Respostas esperadas para o Questionário de organização de pensamento.

3.3.6 Aula 6 - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final.

Esta aula tem como objetivo que o aluno demonstre compreender e identificar algumas aplicações do processo de indução eletromagnética. Além de ter o propósito de determinar o grau de compreensão adquirido pelo aluno sobre a Lei de Faraday e os conceitos relacionados a ela. Para isso, ocorrerá uma roda de

conversa sobre as aplicações e também serão resolvidos alguns exercícios de interpretação. Por fim, será aplicado o questionário de diagnóstico final, que é o mesmo que foi aplicado na primeira aula, permitindo identificar as mudanças nas respostas dos alunos ao longo da SD.

O Quadro 3.8 traz o esquema sobre a sexta aula, que apresenta o plano da aula 6 com as características sobre a mesma.

Quadro 3.8 - Plano da aula 6.

| Tema - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final. | |
|---|--|
| I - Conteúdo | Corrente elétrica, campo magnético, circuitos; corrente induzida, indução eletromagnética, Lei de Ampère, força eletromotriz e Lei de Faraday. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none"> • Compreender aplicações da indução eletromagnética; • Diagnosticar as compreensões dos alunos sobre a Lei de Faraday e alguns conceitos relacionados; |
| III - Objetivos específicos | <p>Questionário exercícios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar conceitos com aplicações; • Verificar a capacidade de identificar conceitos e aplicações em problemas trazidos por exercícios. <p>Questionário diagnóstico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnósticas concepções buscando comparar a compreensão dos conceitos com o decorrer da SD; • Identificar possíveis avanços na compreensão da Lei de Faraday, nas maneiras possíveis de criar campo magnético, na relação existente entre corrente elétrica e campo magnético, no que pode ocorrer ao variar campo magnético, na indução eletromagnética suas aplicações e sua relação com a distância e também a possibilidade de existência de carga magnética. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> • Revisão de conceitos; • Aplicação do exercícios (individual); |

Continua...

| | |
|------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Roda de conversa sobre o funcionamento do dínamo; • Aplicação do questionário diagnóstico (individual); |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Lousa e giz; • Questionário impresso; • Tv. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

A sexta e última aula desta SD, será o momento de verificar o que os alunos conseguiram absorver sobre o conteúdo. Durante a aula será aplicada uma atividade com 4 questões objetivas acerca dos assuntos estudados, que podem ser encontradas no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados), intitulada como A5: Questionário questões objetivas.

Após término, o questionário deve ser entregue ao professor(a) e, em seguida os alunos vão realizar uma roda de conversa onde apresentarão suas respostas e discutir as justificativas que as fundamentam.

Por último, será realizada a aplicação de um questionário que pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados), intitulado A6: Questionário Avaliativo Final. Este questionário será aplicado de forma individual, contendo novamente as 7 perguntas realizadas na aula 1 cujas respostas esperadas já encontram-se detalhadas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) e possui o nome B6: Respostas esperadas para o Questionário Avaliativo Final. As respostas dos alunos servirão como material para buscar identificar se houve uma aprendizagem significativa, ou uma melhor compreensão de determinados conceitos.

4 Capítulo 4 Aplicação do Produto Educacional, Resultados e Análises

Neste capítulo serão apresentados nas seções a seguir a aplicação com os relatos, os resultados e a análise das respostas dos questionários obtidos durante a aplicação do Produto educacional (PE), bem como os critérios de correção utilizados. Quanto à análise, ela seguirá a ordem das aulas, assim como a ordem dos questionários que foram aplicados.

4.1 A aplicação do Produto Educacional

A aplicação do PE ocorreu em uma Escola Estadual do Campo, que pertence ao Núcleo Regional de Educação de Maringá-PR. O termo Escola do Campo, trata-se de uma modalidade de ensino que ocorre em espaços rurais. A turma em que foi aplicada a SD contava com o total de 13 alunos do 3º ano do ensino médio, do período da manhã e a faixa etária dos alunos era entre 17 e 19 anos. Cabe ressaltar que a aplicação foi devidamente autorizada, passando por todas as etapas de liberação previstas pelo MNPEF, como pode ser comprovado pelo Termo de Autorização Institucional presente no Anexo 1 deste trabalho e pela Liberação COPEP (Comitê de ética) no Anexo 2.

O PE fruto deste trabalho foi construído pensando nesta turma, portanto, cabe aqui ressaltar, que caso seja aplicado a turmas com maior número de alunos o professor poderá realizar as adaptações necessárias, sugere-se que aumente o número de aulas e que tenha um maior número de montagens experimentais para que todos os alunos possam participar ativamente das práticas, permitindo que todos realizem os experimentos.

Para melhor compreensão e análise das respostas em relação às atividades realizadas por cada aluno, e como meio de preservar suas identidades; eles serão referidos, cada um com um número. Dessa forma, os alunos foram classificados em todas as atividades como AL1, AL2, AL3, AL4, AL5, AL6, AL7, AL8, AL9, AL10, AL11, AL12 e AL13. Para correção dos questionários também se faz necessário um critério de correção, que está previsto também no PE derivado deste trabalho, e que será apresentado a seguir.

4.2 Os critérios de correção dos questionários do Produto Educacional

Durante a aplicação do PE, os questionários previstos pela SD foram respondidos por todos os alunos participantes da pesquisa no decorrer das aulas. O foco dos questionários era promover um auxílio no diagnóstico das concepções e compreensões dos alunos, para assim possibilitar uma busca por novas abordagens, de forma que os mesmos pudessem ter uma melhor compreensão do conteúdo, assim como buscar identificar possíveis barreiras existentes para a aprendizagem dos conteúdos propostos.

No Apêndice A deste trabalho encontra-se o Material do Aluno(a): Instrumento de Coleta de Dados, que foi utilizado na aplicação deste trabalho e que pode ser utilizado de forma completa ou parcialmente por outros professores interessados na aplicação deste PE em suas respectivas turmas. Este Instrumento conta com questões dissertativas em que os alunos(as) devem elaborar as respostas com suas próprias palavras. Além disso, no Apêndice B deste trabalho consta o Material do Professor: Questionários com respostas esperadas, que pode servir de apoio para o professor realizar a correção das respostas das questões. Desta forma, para analisar os resultados da aplicação da SD, é necessário realizar uma análise qualitativa sobre os argumentos utilizados por eles durante as respostas de cada questão.

Como as respostas dos alunos(as) podem ser escritas de diversas maneiras dependendo da particularidade de cada indivíduo, para avaliá-las será necessário identificar termos em comum ou similares aos das respostas esperadas pela SD. Por este motivo, foram construídos os critérios de correção para avaliar as respostas aos questionários utilizados.

As respostas serão classificadas a partir de quatro critérios: “Insuficiente”, “Parcialmente suficiente”, “Suficiente” e “Adequado”. Será, portanto, classificada como, “Insuficiente”, a resposta que não condiz com nenhum aspecto parecido com o esperado em cada questão, ou não for capaz de responder à pergunta referida. Como “Parcialmente suficiente” quando parte da resposta for coerente, ou a mesma se encontrar somente incompleta. Também como “Suficiente” quando todos os argumentos conseguem responder às perguntas, sendo considerada como uma boa resposta, mesmo que não esteja completamente igual aos argumentos das

respostas esperadas. Ou como “Adequado” quando todos os argumentos estão em perfeita conformidade com o esperado e atende completamente à pergunta.

Cada critério deve ser analisado de acordo com suas características e uma nota atribuída de acordo com o Quadro 4.1, que apresenta a faixa contendo os valores de cada conceito, totalizando no máximo 10 pontos.

Quadro 4.1 - Critérios de correção dos exercícios.

| CONCEITOS | VALOR |
|-------------------------|-------|
| Insuficiente | 0 |
| Parcialmente suficiente | 1 - 5 |
| Suficiente | 6 - 9 |
| Adequado | 10 |

Fonte: a autora.

A participação do aluno(a) nas aulas e durante as diferentes atividades realizadas no decorrer da SD é muito importante e também deve ser levada em consideração. Portanto, em cada aula será atribuída uma nota ao aluno(a) classificando sua participação. Além disso, é necessário levar em consideração as particularidades de cada um. Cada participação, manipulação e discussão realizada pelo aluno durante a aula deve ser considerada ao avaliá-lo.

Para cada aula, deve-se analisar a participação de forma individual e atribuir uma nota ao aluno. Os valores seguem os mesmos citados no Quadro 4.1. Neste caso, o critério “Insuficiente”, será aplicado quando o aluno não estiver presente durante a aula ou estiver realizando qualquer outra atividade que não pertença às propostas pela SD. Como “Parcialmente suficiente” quando o mesmo realizar somente parte das atividades propostas durante a aula. Como “Suficiente” quando realizar todas as atividades e participar de todas atividades, mesmo que com poucas contribuições. E como “Adequado” quando participa integralmente das atividades: realizando as aulas práticas, participando de todas as discussões, argumentando e interagindo com os materiais, colegas e professor(a).

4.3 Aplicação das Aulas da Sequência Didática

A seguir, expõe-se uma análise mais detalhada da aplicação de cada uma das 6 aulas previstas pela SD. Com base no relato do que ocorreu em cada uma das aulas, bem como na apresentação e análise dos resultados obtidos, por meio da correção dos questionários.

4.3.1 Aplicação da Aula 1

Nesta aula, todos os 13 alunos estavam presentes. A aula teve duração de 50 minutos e estava destinada a apresentação da proposta de ensino, a aplicação do questionário diagnóstico preliminar e uma roda de conversa sobre exemplos e as aplicações do fenômeno de indução eletromagnética. A seguir, serão relatados os detalhes de toda a aula, com as participações dos alunos e os encaminhamentos, em seguida, serão descritos e analisados os resultados obtidos no decorrer da aula, por meio do questionário aplicado em sala.

4.3.1.1 Relato da Aula 1

Para dar início à aula, a professora apresentou o tema da SD e explicou que os alunos iriam responder ao questionário diagnóstico e que as respostas deveriam estar de acordo com os conhecimentos pessoais de cada aluno. Este questionário pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno: Instrumento de Coleta de Dados) deste trabalho, descrito como A1 - Questionário Diagnóstico Preliminar.

O tempo estimado pela professora para que os alunos respondessem o questionário diagnóstico foi de 20 minutos. Os alunos estavam um pouco mais agitados do que normalmente costumam ser, demoraram um pouco para responder às questões; contudo, responderam a todas elas. Logo nos primeiros minutos da aula, um aluno recordou-se do que havia visto em algumas aulas anteriores, ele se referia ao experimento com dois fios passando corrente elétrica e criando campo magnético (o experimento de Ampère) e queria associar este experimento às respostas de algumas das questões do questionário.

Os alunos estavam preocupados e a todo momento questionaram a professora se suas respostas estariam no caminho “correto”. Demonstraram que não

sabiam como explicar o que era indução eletromagnética. E, em alguns minutos, citaram que teria alguma relação com o fogão por indução. A professora explicou novamente que eles deveriam responder da maneira que compreendiam, e no caso do conceito de indução, poderiam pensar no significado da palavra, para ajudar assim, na formulação das suas respostas. Enquanto respondiam o questionário, eles comentaram também sobre o ENEM 2023 e foram informados pela professora que nesta prova havia um exercício sobre indução eletromagnética. Foi então que um dos alunos que realizou o ENEM ficou curioso e pensativo, tentando lembrar qual seria esse exercício.

Depois de um tempo do início da aplicação do questionário, ao perceber que alguns alunos possuíam opinião capaz de responder sim ou não a algumas questões, porém não conseguiam explicar e justificar com suas palavras, a professora resolveu ajudá-los com a seguinte orientação: utilizando como exemplo a questão 2, que perguntava se existe relação entre campo magnético e corrente elétrica e que solicitava uma explicação, a professora pediu para que os alunos dessem a sua opinião se havia ou não alguma relação, mesmo que não soubessem explicar qual seria essa relação, e em seguida descrevessem que não conseguiam justificar tal questão. Foi tomada esta postura para evitar que alguns alunos colocassem a resposta “não sei” (como estavam relatando que teriam que responder) por não conseguir justificá-las.

Os alunos não finalizaram o questionário no tempo previsto pela professora, de 20 minutos, pois, segundo relatos, eles não encontravam palavras para explicar ou para justificar suas opiniões. Devido ao tempo da aula a professora precisou questionar algumas vezes se já estavam finalizando.

Em, aproximadamente 30 minutos os alunos concluíram e entregaram todos os questionários respondidos. Em seguida, a professora explicou que os conteúdos abordados no questionário diagnóstico seriam abordados no decorrer das próximas aulas. E assim, deu início à roda de conversa perguntando as opiniões, tentando extrair dos alunos o conceito de indução eletromagnética e onde ela se aplica. Aproveitando que alguns alunos haviam citado o fogão por indução, a professora começou a abordagem utilizando este exemplo, buscando pensar no funcionamento do fogão por indução.

Alguns slides auxiliaram neste momento, trazendo imagens do fogão por indução como uma aplicação. Em seguida, a professora realizou alguns

questionamentos para motivar o diálogo. Iniciou questionando “o que vocês compreendem por indução eletromagnética e onde se aplica?”. Após instigá-los a responder foram obtidas as seguintes respostas dos alunos AL13: “ímãs”, AL12: “atrair e repelir” e AL4: “é a indução de um corpo com outro”. Neste momento, os alunos estavam bem quietos, aparentemente com receio em responder de forma incorreta.

Foi solicitado então pela professora que os alunos relacionassem as respostas dadas com o funcionamento do fogão por indução para verificar se teriam mais algum argumento a acrescentar. Neste momento, a professora perguntou se “ocorre indução eletromagnética no fogão por indução?” e “o que está acontecendo no fogão por indução?”, um aluno então respondeu (AL13) “está passando gás por ali”, foi então que a professora fez a seguinte pergunta, “todo fogão usa gás?”, alguns alunos responderam que “não” e outros ficaram pensativos. Em seguida, a professora mostrou outras imagens na televisão, presentes em seus slides, de um fogão por indução e recordou um comentário de um dos alunos momentos antes, que dizia que induzir “é a indução de um corpo com outro” e perguntou novamente mostrando a imagem da comida sendo preparada no fogão por indução, “possui dois corpos diferentes?”, os alunos então notaram que não havia chamas e que precisava de dois corpos, o fogão e a panela, assim, citaram também a semelhança com o celular carregando por indução.

Neste momento, a professora também mostrou as imagens do carregador por indução e perguntou, apontando os dois exemplos: “O que será que está acontecendo entre os dois corpos?”. Um dos alunos respondeu: “Está induzindo um ao outro, só não sei o que” (AL13); outro aluno completou: “Energia” (AL5). Então a professora perguntou: “Como carregamos normalmente nosso celular?”. Eles responderam: “Na tomada”. Novamente ela perguntou: “A tomada vai fornecer o que para o celular?”. Então os alunos constataram que o celular recebe energia por meio de indução; um aluno completou que indução “é um transporte” (AL4).

Em seguida, a professora retornou ao funcionamento do fogão por indução, lembrando o funcionamento do chuveiro ao passar corrente elétrica, e então os alunos associaram que a panela vai esquentar o alimento, pois está ocorrendo indução eletromagnética. Já o carregador por indução vai carregar uma bateria. Em seguida, foi questionado sobre as panelas utilizadas no dia a dia, e os alunos relataram que nem toda panela deveria funcionar no fogão por indução. Então foram

revisados alguns materiais condutores e, assim, após conversar sobre estes tipos de panelas que eles conheciam, a professora apresentou alguns dos tipos de panelas que funcionam neste fogão por indução e quais delas não funcionam. Os alunos assistiram a um trecho de um vídeo que mostra o funcionamento das panelas e como o fogão por indução é capaz de aquecê-la. Esse vídeo é de um canal do *Youtube* (CADÊ O GATO?, 2021) que tem como título “Cooktop de indução - EOS CHEFF GOURMET” do canal “Cadê o gato?” e com duração: 08min45s, disponível em: <https://youtu.be/Y0fxHO8EIEg>.

O debate seguiu refletindo se seria uma boa opção ter um fogão por indução, e alguns acharam que seria legal ter um fogão desses em casa. No entanto, alguns alunos questionaram que, na ausência de energia, não teria como fazer comida, inclusive ressaltaram que na localidade onde eles moram costuma faltar energia com uma certa frequência. Então, alguns disseram que não acham que seria viável para tal localidade. Ao final, a professora perguntou se, ao colocar a mão na boca do fogão por indução, ele iria esquentar, e eles responderam que não, pois não iria induzir.

Alguns alunos citaram que já viram ou utilizaram carregador por indução, mas, que, para eles, não compensa muito se comparado aos carregadores tradicionais, pois carregam mais lentamente. Porém, ressaltaram que existem carregadores deste tipo que não são originais, da fábrica do celular e isso poderia influenciar. Lembraram também que nem todo celular funcionaria com este tipo de carregamento, mas que, para utilizar, por exemplo, em painéis do carro onde o celular já deve estar apoiado, alguns citaram poder ser uma boa opção. Desta forma, finalizou-se a aplicação da primeira aula da SD.

Por meio deste relato da aula 1, é possível observar que alguns comentários e questionamentos realizados pelos alunos durante a Roda de Conversa indicam uma diferenciação progressiva quando os alunos, a partir do que já sabiam, começaram a associar e aprofundar alguns conceitos. Também observa-se uma reconciliação integradora quando os alunos começam a integrar o conceito de indução eletromagnética com o conceito de transferência de energia, formando uma compreensão mais coerente de como a indução realmente funciona. Além disso, ao longo da conversa, os alunos passaram a integrar não apenas os exemplos apresentados na aula (fogão e carregador por indução), mas também suas próprias

experiências e dúvidas sobre o tema, resolvendo inconsistências e criando uma visão mais coerente do conhecimento.

As respostas coletadas pelo Questionário diagnóstico preliminar foram analisadas pela professora e os resultados estão representados na seção a seguir.

4.3.1.2 Resultados da Aula 1

Nesta seção, serão analisados os resultados obtidos na aula 1 pelo Questionário diagnóstico preliminar. O questionário contém sete questões abertas, as quais foram respondidas individualmente pelos alunos, de acordo com seus conhecimentos prévios.

Para análise das respostas, foram levadas em conta as respostas esperadas para cada questão, indicadas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B1: Respostas esperadas para o Questionário diagnóstico preliminar. E também considerando os critérios de correção já citados na seção 3.2. Assim, foram analisadas as respostas dos 13 alunos em cada uma das sete questões (classificadas como Q1, Q2, ... Q7), e as notas obtidas estão representadas na Tabela 4.1 a seguir, ressaltando que, os alunos foram classificados por AL1 até AL13 como meio de preservar suas identidades.

Tabela 4.1 - Notas do questionário diagnóstico preliminar referente às sete questões respondidas pelos 13 alunos da turma.

| Alunos | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| AL1 | 8 | 0 | 4 | 5 | 3 | 0 | 0 |
| AL 2 | 5 | 5 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 |
| AL 3 | 10 | 10 | 3 | 2 | 4 | 2 | 0 |
| AL 4 | 8 | 5 | 0 | 2 | 7 | 2 | 0 |
| AL 5 | 5 | 10 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 |
| AL 6 | 5 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 |
| AL 7 | 9 | 6 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| AL 8 | 5 | 8 | 2 | 5 | 0 | 2 | 0 |
| AL 9 | 9 | 5 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 |

Continua...

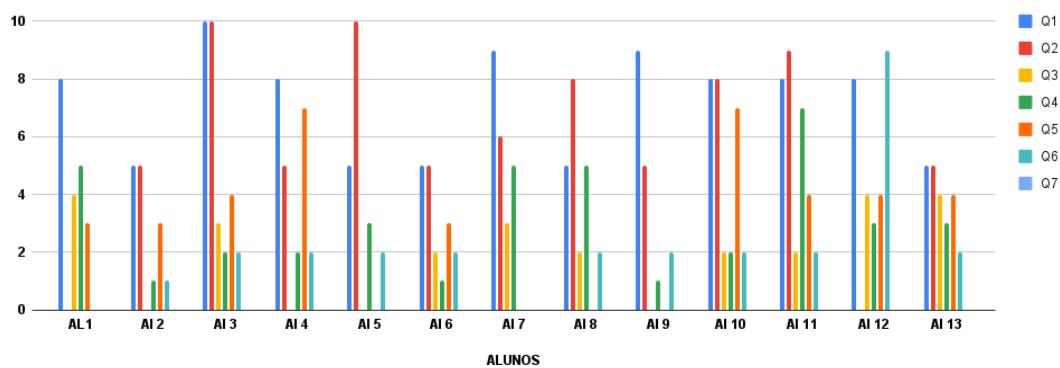
| | | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|
| AL 10 | 8 | 8 | 2 | 2 | 7 | 2 | 0 |
| AL 11 | 8 | 9 | 2 | 7 | 4 | 2 | 0 |
| AL 12 | 8 | 0 | 4 | 3 | 4 | 9 | 0 |
| AL 13 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 2 | 0 |

Fonte: a autora

A Figura 4.1 a seguir mostra como foi o desempenho dos alunos nas sete questões do questionário diagnóstico preliminar, apresentando o valor da sua nota em cada questão. Na Figura 4.1, apresenta-se um gráfico onde o eixo “y” representa as notas obtidas e o eixo “x” os alunos e as respectivas questões. Uma legenda ao lado auxilia a compreensão, indicando a ordem das notas de cada questão como Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7, para cada aluno (AL1 até AL13). Portanto, cada aluno possui uma representação em coluna para as sete questões, com as suas respectivas cores contidas na legenda ao lado. Algumas colunas não aparecem na figura, demonstrando que o aluno obteve nota zero para tal questão.

Figura 4.1 - Notas do questionário diagnóstico preliminar referente às sete questões respondidas pelos 13 alunos.

Notas alunos questionário diagnóstico preliminar



Fonte: elaborada pela autora, no programa Google Planilhas, 2024.

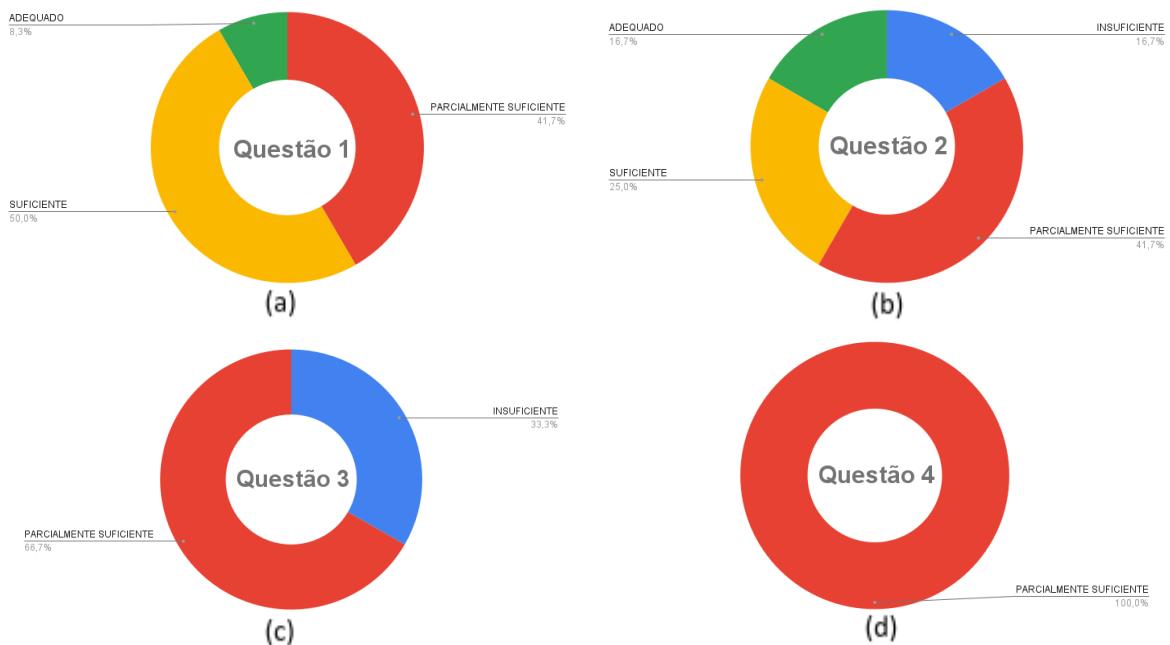
Como é possível notar, poucos alunos em poucas respostas obtiveram nota 10 (dois alunos, em 3 questões), classificadas como “Adequada”. A grande maioria das respostas obteve notas inferiores a 5, sendo, portanto, classificadas como “Parcialmente Suficiente” ou até mesmo “Insuficiente”, que foram os casos onde, na Figura 4.1, não existe a barra marcando algumas das questões (Q1, Q2, ... Q7).

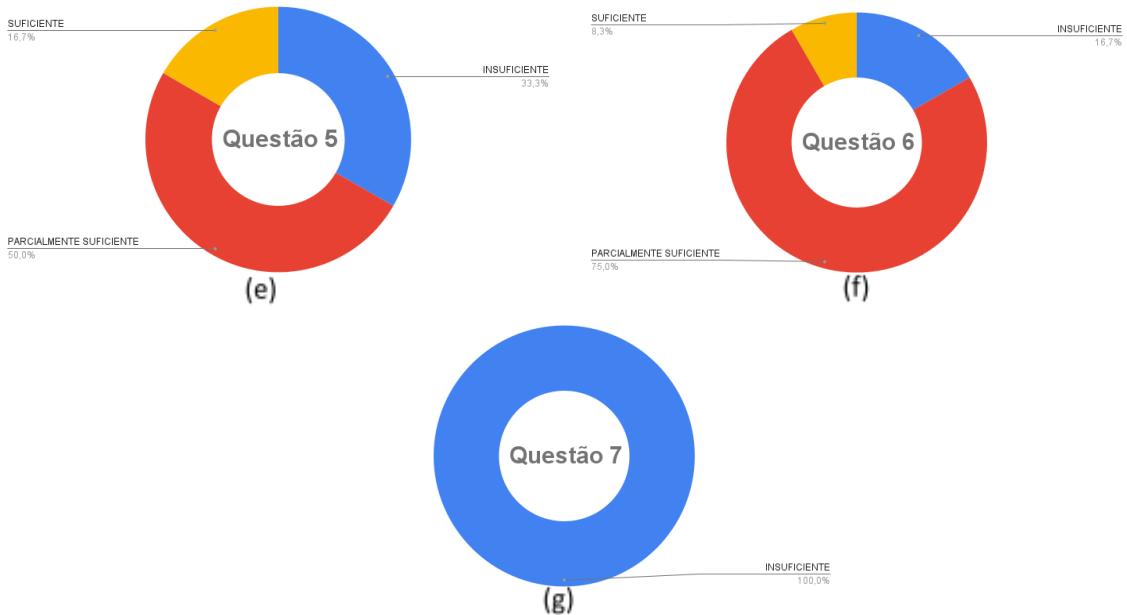
Quanto à classificação das respostas de cada aluno, realiza-se uma análise mais detalhada em cada uma das sete questões. Contudo, posteriormente será feita uma comparação das respostas e notas obtidas deste questionário diagnóstico com o questionário avaliativo final, aplicado na última aula da SD.

No entanto, uma informação importante para esta comparação deve ser levada em consideração. Um dos alunos (AL11), por motivos pessoais, só esteve presente na aula 1; portanto, não respondeu ao questionário avaliativo final e nem aos demais no decorrer das aulas. Sendo assim, para que seja possível ter uma real comparação de resultados obtidos, o aluno AL11 não será considerado nas análises a seguir.

Na Figura 4.2, encontra-se a porcentagem referente a cada conceito alcançado nas respostas das questões de 1 à 7, para os 12 alunos considerados nesta análise.

Figura 4.2 - Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos em cada uma das 7 questões do questionário diagnóstico preliminar.





Legenda: (a) Questão 1; (b) Questão 2; (c) Questão 3; (d) Questão 4; (e) Questão 5; (f) Questão 6; (g) Questão 7. As cores representam a porcentagem de alunos que obtiveram as respostas classificadas com os respectivos conceitos sendo, azul como “Insuficiente”; vermelha “Parcialmente suficiente”; amarela “Suficiente”; e verde “Adequado”.

Fonte: elaborado pela autora, no programa Google Planilhas, 2024.

A Figura 4.2(a) apresenta os conceitos das respostas da questão 1 do questionário diagnóstico preliminar, que continha a seguinte pergunta: “Para você, quais as maneiras possíveis de criar campo magnético? Cite pelo menos uma.” Como pode ser verificado na Figura 4.2(a), as respostas de 5 alunos foram classificadas como “Parcialmente suficiente” (41,7% dos alunos). Esta classificação ocorreu, pois só apresentaram uma maneira de criar campo magnético.

Outros 6 alunos foram classificados como “Suficiente” (50,0% dos alunos), pois associaram a resposta ao que lembraram do experimento de Ampère (visto em aulas anteriores). Contudo, relacionaram a criação de campo magnético somente quando ocorre atração e repulsão magnética, ou por não apresentarem o conceito de corrente elétrica e sim eletricidade de um modo geral. E a resposta de 1 dos alunos foi classificada como “Adequado” (8,3% dos alunos), pois o mesmo citou o ímã e correntes elétricas como maneiras de criar campos magnéticos.

A Figura 4.2(b), mostra os conceitos das respostas da questão 2 do questionário diagnóstico preliminar, que continha a seguinte pergunta: “Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético? Explique:”. As

respostas de 2 alunos foram classificadas como “Insuficiente” (16,7% dos alunos), pois acreditam não haver relação ou criaram justificativa que não correspondia a relação desejada. Outros 5 alunos foram classificados como “Parcialmente suficiente” (41,7% dos alunos), pois acreditavam existir sim alguma relação, porém não conseguiram justificar nem apresentaram qual seria essa relação.

Já outros 3 alunos foram classificados como “Suficiente” (25,0% dos alunos), pois afirmaram haver relação citando, por exemplo, ter “uma mesma propriedade magnética” (AL7), ou explicaram que “os fios criam campo magnético” (AL8), ou por não utilizarem o termo corrente elétrica e explicarem como “energia passando por dois fios” (AL10). Desta forma, as respostas utilizam argumentos que respondem à pergunta, contudo não utilizam os termos adequados e esperados como resposta. Contudo 2, alunos tiveram classificação como “Adequado” (16,7% dos alunos), afinal explicaram que campo magnético é criado por corrente elétrica.

Com a Figura 4.2(c), verificam-se os conceitos das respostas da questão 3 do questionário diagnóstico preliminar que continha a seguinte pergunta: “O que você imagina que possa ocorrer ao variar (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.” As respostas de 4 alunos foram classificadas como “Insuficiente” (33,3% dos alunos), pois eles relataram que não sabiam a resposta. Já os outros 8 alunos não responderam corretamente que, ao variar o campo magnético, pode-se induzir uma força eletromotriz que estabelece uma corrente elétrica, mas alguns citaram alteração na “intensidade”, ou que ocorre uma variação de uma “força”, ou por existir “atração e repulsão” Assim, as respostas de 66,7% dos alunos foram classificadas como “Parcialmente suficiente”, tendo, portanto partes das respostas coerentes, porém incompletas e de forma que não respondiam de forma suficiente à pergunta.

Já com a Figura 4.2(d), verificam-se os conceitos das respostas da questão 4 do questionário diagnóstico preliminar que continha a seguinte pergunta: “O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.” Verificou-se que todas as 12 respostas foram classificadas como “Parcialmente Suficiente” o que representa 100% dos alunos, pois todos eles responderam a questão, mas demonstraram não compreender a indução eletromagnética como um fenômeno relacionado ao surgimento de uma corrente elétrica em um condutor que seja exposto a uma variação de campo magnético. Alguns citaram em suas respostas que seria um fenômeno físico outros relataram que “induz a energia

magnética” (AL4), que seria “induzir, forçar algo” (AL6), ou um “transporte de eletromagnetismo por meio de campos” (AL7), também relataram que “os corpos se induzem, causando um campo magnético” (AL10).

Analisando a Figura 4.2(e), é possível verificar os conceitos das respostas da questão 5 do questionário diagnóstico preliminar com a seguinte pergunta: “Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?”. Com esta questão, esperava-se que os alunos tivessem a compreensão de que a indução eletromagnética pode ser aplicada em geradores, motores, carregador por indução e fogão por indução, produzindo corrente elétrica a distância. Assim a correção destas respostas levou em conta se os alunos reconheciam alguma aplicação desta forma.

Como pode ser verificado na Figura 4.2(e) a resposta de 4 alunos foram classificados como “Insuficiente” (33,3% dos alunos), por demonstrarem não reconhecer onde se aplica tal processo, já as respostas dos outros 6 alunos foram classificadas como “Parcialmente suficiente” (50,0% dos alunos), por apresentar parcialmente a resposta, citando somente exemplos. E 2 alunos receberam “Suficiente” (16,7% dos alunos), por apresentar, ao menos, um exemplo de aplicação como o aluno (AL4), que respondeu que “podemos usar o fogão por indução para esquentar o alimento.”

Com a Figura 4.2(f), analisam-se os conceitos das respostas da questão 6 do questionário diagnóstico preliminar com a seguinte pergunta: “Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique.” Assim, 2 alunos obtiveram suas respostas classificadas como “Insuficiente” (16,7% dos alunos), pois responderam que não sabiam se existe alguma relação e nem sabiam explicar. Outros 9 alunos tiveram as respostas classificadas como “Parcialmente suficiente” (75,0% dos alunos), pois acreditavam existir alguma relação, entretanto não conseguiram explicar qual seria ela. Contudo, suas respostas devem ser consideradas parcialmente e, desta forma, a maioria recebeu nota dois para esta questão. Somente 1 aluno recebeu “Suficiente” (8,3% dos alunos), pois sua resposta foi “Sim, quanto mais perto maior a força de seu campo” (AL12), demonstrando compreender que existe uma interação entre campos magnéticos e, que esta depende da distância entre os corpos.

Por fim, na Figura 4.2(g) é possível verificar os conceitos das respostas da questão 7 do questionário diagnóstico preliminar, com a seguinte pergunta: “Assim

como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta". Todos os 12 alunos receberam "Insuficiente", ou seja 100% dos alunos, pois, alguns deles responderam que existe cargas magnéticas ou que não sabiam a resposta. Tal porcentagem pode ser constatada devido ao termo "carga magnética" pois, ao que tudo indica, este termo confundiu um pouco os alunos na hora de interpretar a questão.

Como foi possível notar, alguns alunos em suas respostas utilizaram termos como ímãs, campo magnético, eletricidade, energia, força e corrente elétrica. Contudo, os resultados do questionário diagnóstico preliminar aplicado na aula 1 revelam a falta de alguns subsunções, conceitos prévios dos alunos, que desempenham um papel crucial no processo de aprendizagem significativa. No caso dos alunos analisados, observou-se que muitos conceitos físicos, como o campo magnético e a indução eletromagnética, não estavam bem compreendidos, resultando em respostas parcialmente suficientes ou insuficientes. Como no caso dos alunos que mencionaram "eletricidade" de maneira geral, em vez de descreverem com precisão a relação entre corrente elétrica e campo magnético, o que indica que esses alunos não possuíam todos os subsunções necessários para compreender essa conexão de forma mais profunda.

Essas lacunas de conhecimento, são obstáculos para a aprendizagem significativa, pois dificultam a assimilação de novos conteúdos que dependem da compreensão de conceitos fundamentais. Contudo, a aplicação de atividades posteriores e a interação com novos conhecimentos podem proporcionar oportunidades para superar esses obstáculos, permitindo que os alunos construam uma melhor compreensão dos conceitos físicos.

Considerando que a participação do aluno em aula é muito importante, sendo um fator que pode auxiliar na compreensão dos conteúdos. Afinal, a Teoria da Aprendizagem Significativa, defende que aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando o aluno está predisposto a integrar novos conhecimentos com aqueles que ele já possui. Essa disposição em aprender pode ser observada pelo esforço ao tentar responder ao questionário diagnóstico e pela participação dos alunos na aula, por meio da roda de conversa, demonstrando curiosidade ao realizar alguns questionamentos.

A análise desta participação dos alunos durante a aula também é muito importante para o desenrolar deste trabalho e da SD de modo geral. Portanto, as

notas de participação durante a aula 1 foram classificadas levando em consideração as particularidades de cada aluno e os critérios de correção estabelecidos e já citados na seção 4.2 deste trabalho. No Quadro 4.2 a seguir, encontram-se os conceitos e notas de cada aluno acerca de sua participação durante toda a aula.

Quadro 4.2 - Notas e conceitos da participação na aula 1 da SD.

| ALUNO | CONCEITO | NOTA |
|-------|------------|------|
| AL1 | Suficiente | 9 |
| AL2 | Suficiente | 9 |
| AL3 | Suficiente | 9 |
| AL4 | Adequado | 10 |
| AL5 | Suficiente | 9 |
| AL6 | Suficiente | 9 |
| AL7 | Suficiente | 9 |
| AL8 | Adequado | 10 |
| AL9 | Suficiente | 9 |
| AL10 | Suficiente | 9 |
| AL11 | Suficiente | 9 |
| AL12 | Adequado | 10 |
| AL13 | Adequado | 10 |

Fonte: a autora.

Nesta aula estavam todos os 13 alunos presentes. Como visto no Quadro 4.2, nove alunos receberam o conceito “Suficiente” pois responderam ao questionário e estavam presentes na roda de conversa, porém, estes não trouxeram contribuições verbais ao assunto. Já os outros 4 alunos receberam “Adequado”, afinal, na atividade de roda de conversas, trouxeram uma ou mais respostas para contribuir durante a atividade.

4.3.2 Aplicação da Aula 2

Nesta aula estavam presentes 10 alunos, que foram divididos em 3 grupos sendo grupo 1 com três alunos (AL2, AL3 e AL7), grupo 2 com quatro alunos (AL4, AL5, AL12 e AL13), e grupo 3 com três alunos (AL1, AL6 e AL10). Os alunos AL8, AL9 e AL11 faltaram e, portanto, não tiveram suas notas computadas nesta atividade. A aula teve duração de 50 minutos e foi destinada à realização da atividade de rotação por estações, que contava com três atividades experimentais.

A seguir, serão relatados os detalhes de toda a aula, descrevendo as participações dos alunos e os encaminhamentos durante ela, em seguida, serão descritos e analisados os resultados obtidos no decorrer da aula e por meio do questionário da atividade de rotação por estações.

4.3.2.1 Relato da Aula 2

No início da aula, a professora explicou que os alunos iriam realizar uma atividade de rotação por estações, dividiu a turma em três grupos, sendo dois grupos com 3 integrantes e um grupo com 4 integrantes. Também explicou, brevemente, sobre os temas de cada estação, sendo a Estação 1 - Faça como Oersted; Estação 2 - Motor elétrico; e Estação 3 - Gerando corrente induzida. Um roteiro das estações com questionário foi entregue para os alunos e pode ser encontrado no Apêndice A (Instrumento de Coleta de Dados) deste trabalho, sendo descrito como A2 - Questionário 2: Atividade rotação por estações. O tempo estimado pela professora de duração de cada estação foi de 15 minutos.

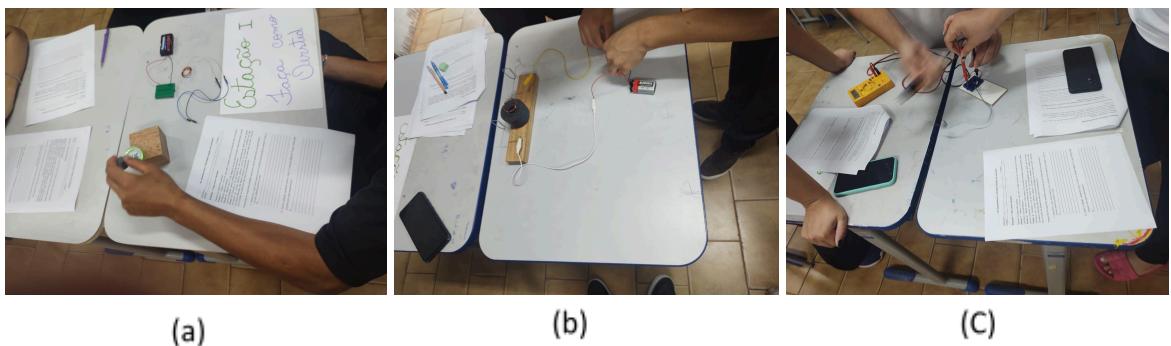
Neste dia, 3 alunos faltaram (AL8, AL9 e AL11). Para dar início à atividade, a divisão dos grupos ficou da seguinte forma:

- Grupo 1, com três alunos (AL2, AL3 e AL7), começou a atividade na Estação 1 - Faça como Oersted.
- Grupo 2, com quatro alunos (AL4, AL5, AL12 e AL13), começou a atividade na Estação 2 - Motor elétrico.
- Grupo 3, com três alunos (AL1, AL6 e AL10), começou a atividade na Estação 3 - Gerando corrente induzida.

Os alunos reuniram-se nos respectivos grupos e começaram a identificar a estação que estavam (cada estação tinha duas carteiras e uma placa com o

respectivo nome da estação). Os alunos leram as instruções e começaram a realizar o que estava sendo solicitado em cada passo. Enquanto isso, a professora andava entre os grupos, observando-os. Os alunos perguntavam constantemente se estavam executando os passos de forma correta. Na Figura 4.3, é possível identificar os alunos executando cada uma das três estações proposta pela atividade.

Figura 4.3 - (a) Imagem fotográfica dos alunos realizando o experimento da Estação I - Faça como Oersted; (b) Imagem fotográfica dos alunos realizando o experimento da Estação II - Motor elétrico; (c) Imagem fotográfica dos alunos realizando o experimento da Estação III - Gerando corrente induzida.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Ao se aproximar da mesa do grupo 3, que estava realizando o experimento na estação 3, a professora explicou onde estava a conexão na mini *protoboard* para que os alunos conseguissem medir com o multímetro a corrente elétrica em série. Ela observou também que, inicialmente, os alunos deste grupo estavam com receio de utilizar o multímetro e perguntaram como iriam ligá-lo. Então, a professora perguntou qual era a unidade de medida que estavam querendo medir para que procurassem no multímetro e, assim, colocaram o multímetro na escala do mA. Os alunos seguiram lendo as instruções e observaram a medida da corrente elétrica. Neste momento, a professora também notou que o êmbolo se desprendia da seringa dependendo da maneira que os alunos manipulam o mesmo. Contudo, foi possível realizar o experimento perfeitamente, bastando somente cuidado ao segurar a seringa. Desta forma, ressalta-se que, poderia ser vedada a seringa para evitar que os ímãs não saíssem de dentro dela.

Em seguida, a professora foi até os alunos do grupo 1, que estavam na estação 1. Eles estavam refletindo como ligar a bobina em série, utilizando a mini *protoboard*. A professora então relembrou como funciona a mini placa *protoboard*,

mostrando como são as ligações embaixo dela, para que os alunos conseguissem montar e, assim, eles realizaram a atividade.

Na estação 2, os alunos do grupo 2 estavam tentando conectar e fazer a bobina girar, porém, precisou de alguns ajustes por parte da professora, deixando as pontas soltas da bobina, retas e demonstrando como os alunos deveriam impulsioná-la para iniciar o giro. Assim, conseguiram fazer o motor elétrico funcionar.

Alguns alunos pediram auxílio para interpretar as perguntas da estação 3 e a professora explicou o que estava sendo perguntado nas questões. Ao notar que estavam com dúvidas sobre o que haviam visto, ela pediu para refazer uma parte do experimento, para que, juntos, conseguissem verificar o que estava sendo perguntado. Nesta primeira rodada, todos os 10 alunos presentes no dia participaram das atividades. Os alunos responderam às questões de suas estações em grupo, porém o grupo 2, que estava inicialmente na estação 2, demorou um pouco mais de tempo para responder em relação aos demais.

Decorridos 11 minutos da atividade, como os grupos 1 e 3 já haviam terminado de responder, eles trocaram de estação enquanto o grupo 2 ainda estava finalizando a estação 2.

Novamente, a professora auxiliou na montagem da estação 3, mostrando como iriam realizar a medida em série na mini protoboard. O grupo 1, então, questionou a diferença do ímã utilizado, pois na estação anterior eles utilizaram ímãs de ferrite, enquanto na estação 3 eram de neodímio, e visualmente são bem diferentes. Assim, a professora explicou que, apesar de menores os ímãs de neodímio eram mais fortes do que os de ferrite.

Um aluno do grupo 2, observando o experimento do motor elétrico, propôs colocar mais uma bobina em cima daquela que estavam utilizando, também conectada a outros clipes como uma associação das bobinas em paralelo, e perguntou se o motor funcionaria da mesma forma. Então, a professora comentou que a corrente elétrica iria se dividir pelo circuito, portanto, em cada bobina a corrente que iria passar seria menor. E, também questionou o aluno “Se ela estiver muito acima do ímã, será que vai interagir?”. Neste momento, ele disse que “não” e, em seguida, questionou sobre criar um gerador de energia elétrica com o que estava vendo no experimento. Então, a professora relembrou o princípio do gerador elétrico, que necessita dessa interação.

Após 20 minutos, o grupo 2 concluiu o experimento do motor elétrico da estação 2 e trocou para a estação 3. Sempre que os grupos novos iniciavam um experimento, a professora passava as instruções necessárias de acordo com as dúvidas que os grupos anteriores apresentaram. A bobina do experimento da estação 2 é bem delicada e se não estiver totalmente reta, dificulta a execução do mesmo. Sendo assim, caso haja dificuldades em executar, existem algumas mudanças que podem melhorar o desempenho, como diminuir a distância entre os clipe, mantendo assim a bobina um pouco mais estável, ou aumentar a fonte de tensão utilizada no experimento (12V).

Um aluno do grupo 1, ao realizar o experimento da estação 3, desconectou todos os fios que já estavam previamente conectados na mini *protoboard* através de um suporte com duas pontas que encaixava perfeitamente na *protoboard* e, ao conectar novamente, não os colocou no devido lugar. Assim, quando o outro grupo de alunos (grupo 2) foi realizar o experimento, o multímetro não media a corrente elétrica ao balançar os ímãs dentro da seringa. Desta forma, os alunos solicitaram a presença da professora para testar o experimento com eles. A professora verificou que não estava realizando as medidas no multímetro, a primeira ação adotada pela professora foi verificar se as conexões estavam soltas. Contudo, ela não desconectou os fios, somente verificou e, aparentemente, parecia estar tudo correto, não detectando visualmente o erro. Neste momento, o aluno do outro grupo que havia desmontado os fios da placa lembrou e avisou a professora que havia trocado as pontas dos fios, identificando assim exatamente onde estaria o problema.

O grupo 3 teve uma menor dificuldade ao realizar o experimento do motor elétrico da estação 2, que funcionou na primeira tentativa do grupo. Assim, os grupos foram concluindo os experimentos e respondendo aos questionários que foram entregues com todas as respostas ao término da aula.

4.3.2.2 Resultados da Aula 2

Nesta seção serão analisados os resultados obtidos na aula 2 pelo Questionário 2: Atividade rotação por estações. Este questionário de análise experimental da atividade de rotação por estações possuía, no total, 8 questões e três experimentos para serem realizados em grupo.

Cabe ressaltar que a ordem de execução das estações são independentes, mesmo que o aluno inicie no experimento da estação 3 e depois retorne para a 1, ele conseguirá executá-las perfeitamente, lembrando também que o questionário que eles respondem todas as três estações é o mesmo. Portanto, a qualquer momento, eles podem retornar e alterar suas respostas caso identifiquem alguns conceitos ou tenham opiniões diferentes.

Para análise das respostas foram levadas em consideração as respostas esperadas e os critérios de correção citados na seção 3.2. Como a atividade é dividida em três estações, a seguir serão descritas, separadamente, cada uma delas.

Estação 1: Faça como Oersted

Na primeira estação, existem duas questões a serem respondidas. Para análise das respostas a seguir, serão levadas em conta as respostas esperadas para cada questão, que podem ser encontradas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações.

A questão 1 faz a seguinte pergunta: “Descreva o que você observa com o ponteiro da bússola ao passar o ímã e o circuito elétrico próximo a ela.”. Espera-se que, após terem realizado o experimento, os alunos consigam perceber que tanto o ímã quanto o circuito elétrico ligado fazem o ponteiro da bússola variar devido ao seu campo magnético, que interage com o campo magnético do ponteiro.

As respostas obtidas pelos grupos de alunos para as duas questões da Estação 1: Faça como Oersted, podem ser analisadas através do Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Respostas e notas de cada grupo para as duas questões da Estação 1: Faça como Oersted.

| Grupos | Respostas à questão 1 | Respostas à questão 2 |
|---------------|--|---|
| Grupo 1 | “Que o ponteiro da bússola fica desequilibrado.” | “Componentes elétricos tem a mesma propriedade magnética. Podemos concluir que o magnetismo e o circuito elétrico tem a mesma propriedade.” |

Continua...

| | Nota: 6 | Nota: 5 |
|---------|---|--|
| Grupo 2 | “Observo que quando a corrente elétrica passa pelo fio ela gera corrente elétrica.” | “Os dois tem campo magnético, que existe magnetismo no planeta Terra.” |
| | Nota: 0 | Nota: 5 |
| Grupo 3 | “Que o ponteiro se movimenta com mais velocidade e facilidade. já com o circuito elétrico o movimento e a velocidade é menor.” Continua... | “Os dois possuem corrente elétrica.” |
| | Nota: 7 | Nota: 0 |

Fonte: a autora.

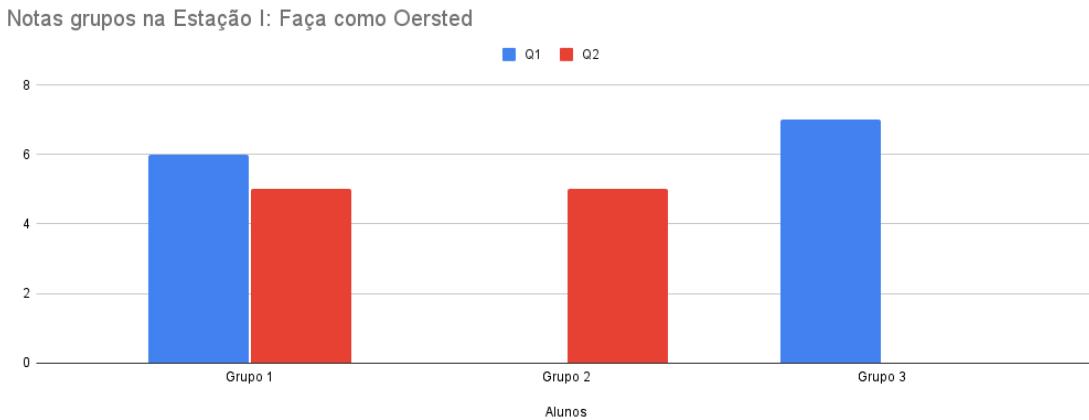
Com o Quadro 4.3, é possível verificar que o grupo 1 e o grupo 3 citaram a movimentação ou desequilíbrio do ponteiro da bússola, descrevendo o que observaram durante o experimento. Contudo, não associaram esse movimento a presença de campo magnético; dessa forma, suas respostas foram classificadas como “Suficiente”, pois respondem à pergunta cada qual a sua maneira. O grupo 3 ainda ressaltou que o movimento é maior com a presença do ímã do que com o circuito elétrico. Já o grupo 2 não descreveu o que ocorreu com o ponteiro da bússola, nem o motivo pelo qual ela se movimenta. Analisando a resposta apresentada na questão 1, aparentemente os alunos não compreenderam muito bem a pergunta, e sua resposta foi classificada como “Insuficiente”. Estas respostas podem ser conferidas no Quadro 4.3.

A questão 2, traz a indagação : “Qual a relação existente entre o ímã e o circuito elétrico? O que você pode concluir com este experimento?”. Assim, espera-se que os alunos percebam que ambos possuem campo magnético e concluam que corrente elétrica em um condutor pode gerar campo magnético semelhante ao de um ímã.

O grupo 1 e 2 tiveram suas respostas classificadas como “Parcialmente Suficiente”, pois suas tinham constatações coerentes ao comentarem a relação entre ambos, relacionando que possuem campo magnético ou propriedades magnéticas. Porém, não conseguiram concluir em suas respostas que a corrente elétrica é quem gera campo magnético em torno do condutor.

Com a Figura 4.4 são apresentadas as notas obtidas pelos três grupos para as duas questões da Estação 1 deste questionário.

Figura 4.4 - Notas dos grupos para as respostas das questões 1 e 2 da Estação 1: Faça como Oersted. De azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1) do questionário e em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2).



Fonte: elaborada pela autora, no programa Google Planilhas, 2024.

A Figura 4.4, apresenta um gráfico em que o eixo “y” representa as notas obtidas pelos três grupos de alunos e o eixo “x” os grupos (1, 2 e 3). As colunas em azul representam as notas da questão 1 (Q1), enquanto as colunas em vermelho representam as notas obtidas na questão 2 (Q2). Algumas colunas não aparecem na figura, demonstrando que os alunos obtiveram nota zero para tal exercício. De acordo com a Figura 4.4, pode-se ressaltar também, que apenas o grupo 1 obteve alguma nota em ambas as questões, mesmo que não seja a mais alta entre eles, afinal o grupo 2 e o 3 obtiveram zero em uma das questões.

Estação 2: Motor elétrico

Na segunda estação, existem três questões para serem respondidas. Para análise das respostas, a seguir serão levadas em conta as respostas esperadas para cada questão que pode ser encontrada no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações.

A questão 1 possui a seguinte pergunta: “Descreva o que acontece quando giramos a bobina com o circuito ligado e com os ímãs abaixo dela. Tente explicar por

qual motivo isso está acontecendo.” Espera-se com esta questão, que os alunos tenham verificado com o experimento que a bobina continua girando enquanto o circuito está ligado e os ímãs próximos, pois a corrente elétrica que flui pela bobina está gerando, segundo a Lei de Ampère, um campo magnético ao seu redor, que por sua vez interage com o campo magnético dos ímãs próximos e isso gera uma força resultante sobre a bobina fazendo com que ela continue a girar. As respostas obtidas pelos grupos de alunos para as três questões da Estação 2: Motor elétrico, podem ser analisadas através do Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Respostas e notas de cada grupo para as duas questões da Estação 2: Motor Elétrico.

| Grupos | Respostas à questão 1 | Respostas à questão 2 | Respostas à questão 3 |
|---------------|---|---|--|
| Grupo 1 | “Acontece um movimento com a bobina e ele acontece por conta de magnetismo.” | “Que um depende do outro.” | “Sim. O oposto também ocorre, porque ele é capaz de gerar por indução.” |
| | Nota: 4 | Nota: 5 | Nota: 7 |
| Grupo 2 | “A corrente elétrica passa pelos dois clipe fazendo que chegue na bobina, a qual o campo magnético do ímã faz ela girar.” | “Interação dos campos elétricos e magnéticos.” | “Sim é capaz pois uma forma de gerar energia por exemplo é as usinas hidrelétricas.” |
| | Nota: 5 | Nota: 5 | Nota: 7 |
| Grupo 3 | “Ele começa a girar, pela força do ímã.” | “O circuito ajuda junto com o ímã a impulsionar.” | “Sim acreditamos que ocorre.” |
| | Nota: 4 | Nota: 5 | Nota: 4 |

Fonte: a autora.

Na questão 1, os alunos precisam identificar o que ocorre e explicar qual o motivo de isso ocorrer. Assim, os três grupos identificaram o movimento da bobina. Contudo, na justificativa, o grupo 1 somente cita que o “magnetismo” faz isso acontecer, e os grupos 2 e 3 ressaltaram que o campo magnético dos ímãs que faz a bobina girar. Portanto, não fazem relação com a interação entre o campo

magnético gerado pela bobina e o dos ímãs. Desta forma, cada grupo obteve uma nota diferente, contudo, foram classificadas como “Parcialmente suficiente”, por não conseguir explicar corretamente o motivo pelo qual a bobina seguia girando. As respostas também podem ser analisadas no Quadro 4.4.

Na questão 2, há a pergunta: “Descreva o que acontece quando giramos a bobina com o circuito ligado e com os ímãs abaixo dela. Tente explicar por qual motivo isso está acontecendo”. Nesta questão, espera-se que os alunos percebam que ambos possuem campo magnético. Afinal, o experimento solicitava que, em alguns testes, os ímãs fossem afastados e o circuito desconectado da bateria, para que os alunos percebessem que a interação de ambos era importante para a bobina continuar a girar, afinal trata-se de uma interação entre os dois campos magnéticos.

As respostas dos três grupos apontam essa interação e dependência entre o circuito elétrico e o ímã. O grupo 1 cita a dependência, enquanto o grupo 2 fala da interação de campos, contudo, apresenta relação entre “campo elétrico”. Quanto ao grupo 3, sua resposta diz que o circuito ajuda a impulsionar junto com o ímã. Porém, nenhum dos grupos responderam que, tanto o circuito, quanto os ímãs possuem campo magnético e, que essa seria a relação entre eles, desta forma, as respostas dos grupos foram classificadas como “Parcialmente suficiente”. As respostas obtidas nesta questão podem ser encontradas no Quadro 4.4.

Quanto à questão 3 que pergunta: “Você acredita que corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético? Se sim, será que o oposto também funciona, ou seja, o campo magnético seria capaz de gerar corrente elétrica? Justifique sua resposta”. Espera-se que os alunos reflitam que corrente elétrica é sim capaz de gerar campo magnético, assim, como verificaram no experimento, que o oposto também é válido. Contudo, para que o campo magnético seja capaz de gerar corrente elétrica ele precisa variar no tempo.

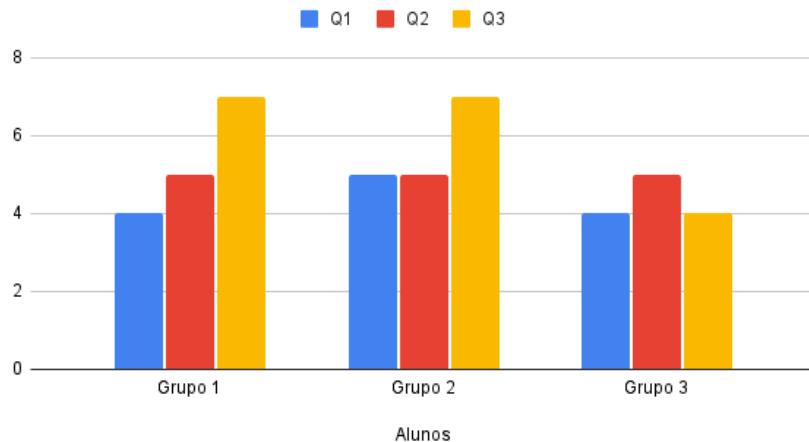
Nas respostas da questão 3, todos os grupos afirmaram que a corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético. Contudo, a justificativa do grupo 1 foi que seria capaz de ser gerada por indução. Já o grupo 2, explicou que esta seria a forma de gerar energia utilizada nas hidrelétricas. E o grupo 3 não justificou sua afirmativa. Desta forma, o grupo 3 teve a resposta classificada como “Parcialmente suficiente”, enquanto os demais foram classificados como “Suficiente”, pois apresentaram justificativas válidas, porém não obtiveram nota máxima.

Com a Figura 4.5, são apresentadas as notas obtidas pelos três grupos para as três questões da Estação 2 deste questionário.

Figura 4.5 - Notas dos grupos para as respostas da questão 1, 2 e 3 da Estação 2: Motor Elétrico.

De azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1) do questionário, em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2) e em amarelo as notas referente à questão 3 (Q3).

Notas dos grupos na Estação II: Motor Elétrico



Fonte: elaborada pela autora, no programa Google Planilhas, 2024.

Na Figura 4.5, há um gráfico em que o eixo “y” representa as notas obtidas pelos três grupos de alunos e o eixo “x” os grupos (1, 2 e 3). As colunas em azul representam as notas da questão 1 (Q1), enquanto as colunas em vermelho representam as notas obtidas na questão 2 (Q2), e as colunas amarelas representam as notas obtidas na questão 3 (Q3). De acordo com a Figura 4.5, pode-se ressaltar que o grupo 3 obteve as menores notas para as três questões.

Estação 3: Gerando Corrente Induzida

Para a terceira estação, existem três questões para serem respondidas. Para análise das respostas a seguir serão levadas em conta as respostas esperadas para cada questão que podem ser encontradas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações.

A questão 1 possui a seguinte pergunta: “Com os ímãs parados, o que se observa no multímetro? E com os ímãs em movimento, o que foi observado?”

Espera-se, com esta questão, que os alunos tenham observado que com os ímãs parados o multímetro não apresenta medida de corrente elétrica já com os ímãs em movimento apresenta medidas de corrente elétrica.

As respostas obtidas pelos grupos para as três questões da Estação 3: Gerando Corrente Induzida podem ser analisadas por meio do Quadro 4.5.

Quadro 4.5 - Respostas e notas de cada grupo para as duas questões da Estação 3: Gerando Corrente Induzida.

| Grupos | Respostas à questão 1 | Respostas à questão 2 | Respostas à questão 3 |
|---------|--|--|---|
| Grupo 1 | “Que com os ímãs parados o multímetro fica zerado (parado) e com os ímãs em movimento mostra a amperagem.” | “Ao variar a posição do campo magnético ele irá carregar, assim passando amperagem.” | “Sim, pode ocorrer por meio de indução magnética.” |
| | Nota: 9 | Nota: 3 | Nota: 4 |
| Grupo 2 | “Os ímãs parados o multímetro fica 0 e os ímãs em movimento gera corrente elétrica.” | “O movimento dos ímãs com a interação do fio de cobre forma a corrente elétrica.” | “Sim, ele é capaz, ao chacoalhar os campos dos ímãs acontece a interação com o fio de cobre gerando corrente elétrica.” |
| | Nota: 10 | Nota: 4 | Nota: 8 |
| Grupo 3 | “Com os ímãs parados não ocorre a passagem de energia, já em movimento, sim.” | “Ao se movimentar produz corrente elétrica, a variação do campo magnético que produz corrente elétrica.” | “Sim, através do movimento.” |
| | Nota: 8 | Nota: 4 | Nota: 9 |

Fonte: a autora.

Na questão 1, os três grupos observaram o que ocorreu no experimento. As respostas foram satisfatórias. Contudo, as respostas dos grupos 1 e 3 foram classificadas como “Suficiente”, pois responderam corretamente, embora alguns termos tenham sido utilizados de forma imprecisa, como “amperagem” e “energia”,

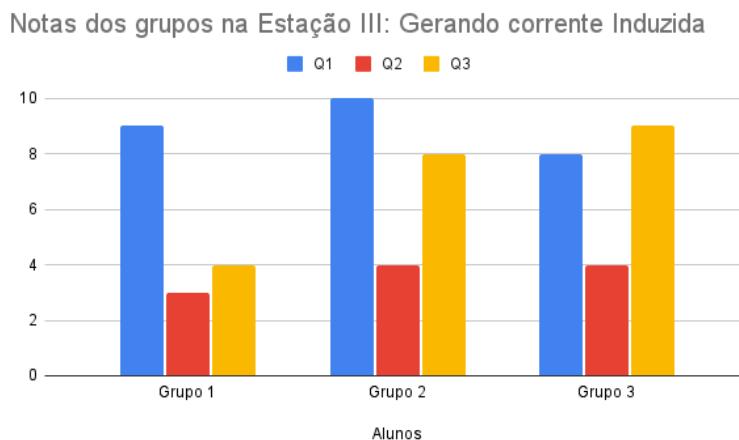
ao invés de “corrente elétrica”. Já o grupo 2 recebeu “Adequada”, pois sua resposta corresponde ao esperado.

A questão 2 tem a seguinte pergunta: “Ao variar a posição dos ímãs, o que acredita que acontece com o campo magnético? Explique”. Assim, espera-se que os alunos compreendam que ao variar a posição do ímã, o seu campo magnético também irá variar. Ao analisar as respostas, percebe-se que os três grupos responderam que a variação vai gerar corrente elétrica. Essa resposta condiz com o que a variação produz, porém, aparentemente, eles não compreenderam que a pergunta pedia o que ocorre com o campo magnético ao variar a posição do ímã. Sendo assim, as respostas dos três grupos foram consideradas “Parcialmente suficiente”, pois relataram bem o que este movimento produz em questão.

A questão 3 tem a seguinte pergunta: “Campo magnético é capaz de gerar corrente elétrica? Tente explicar como isso pode ocorrer”. Espera-se que os alunos respondam que somente a variação do campo magnético no tempo é capaz de gerar uma corrente induzida, assim como o experimento demonstra que o ímã em repouso não gera corrente. O grupo 1 acredita ser possível, porém não relacionou sua resposta com a variação do campo para gerar corrente, portanto sua resposta foi considerada “Parcialmente suficiente”. Já o grupo 2 responde relacionando com o fato ocorrido no experimento de ter que “chacoalhar os ímãs”, isso indica a necessidade de movimentar o campo, assim como o grupo 3 citou a necessidade de um movimento, contudo suas respostas foram consideradas como “Suficiente”. As respostas para esta questão também podem ser encontradas no Quadro 4.5.

Com a Figura 4.6, são apresentadas as notas obtidas pelos três grupos para as três questões da Estação 3 deste questionário.

Figura 4.6 - Notas dos grupos para as respostas da questão 1, 2 e 3 da Estação 3: Gerando Corrente Induzida. De azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1) do questionário, em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2) e em amarelo as notas referente à questão 3 (Q3).



Fonte: elaborada pela autora, no programa Google Planilhas, 2024.

Na Figura 4.6, há um gráfico onde o eixo “y” representa as notas obtidas pelos três grupos de alunos, e o eixo “x” os grupos (1, 2 e 3). A coluna azul representa as notas da questão 1 (Q1), enquanto a coluna vermelha representa as notas obtidas na questão 2 (Q2), e a coluna amarela representa as notas obtidas na questão 3 (Q3). De acordo com a Figura 4.6, pode-se perceber que somente o grupo 2 possui uma nota 10, e que os grupos tiveram notas distintas em cada questão.

Em geral, este questionário de análise foi um importante instrumento diagnóstico sobre os conceitos vistos nos experimentos, a professora por sua vez precisou corrigi-lo antes da aplicação da terceira aula da SD.

Nessa análise das respostas dos alunos, é possível identificar a presença de subsunções que incluem os conceitos de campo magnético, corrente elétrica, interação magnética entre os circuitos e os ímãs. Ao longo das estações, observa-se uma diferenciação progressiva quando os alunos ajustam suas explicações sobre os fenômenos observados ao decorrer dos experimentos, para incorporar o entendimento da interação dos campos magnéticos, como a relação entre corrente elétrica e campo magnético. Esse ajuste gradual é característico da aprendizagem significativa, onde os alunos conectam novos conceitos ao que já sabem.

Também observa-se uma reconciliação integradora que ocorre quando os alunos começam a integrar as novas informações ao seu conhecimento prévio,

ajustando suas explicações como na Estação 3, em que eles relacionam a variação do campo magnético com a geração de corrente elétrica.

As notas de participação da aula 2 foram classificadas levando em consideração as particularidades de cada aluno. Nesta aula, os alunos realizaram a atividade de rotação por estações e, em grupos, realizaram os experimentos e responderam ao questionário. O que permite notar uma disposição em aprender por meio do esforço ao tentar responder ao questionário e realizar os experimentos.

Cabe ressaltar que todos os alunos que estavam presentes no dia da aula participaram da atividade proposta, exceto os que faltaram que foram os alunos AL8, AL9 e AL11. No Quadro 4.6, encontram-se os conceitos e notas de cada aluno acerca de sua participação durante toda a aula.

Quadro 4.6 - Notas e conceitos da participação na aula 2 da SD.

| ALUNO | CONCEITO | NOTA |
|-------|----------|------|
| AL1 | Adequada | 10 |
| AL2 | Adequada | 10 |
| AL3 | Adequada | 10 |
| AL4 | Adequada | 10 |
| AL5 | Adequada | 10 |
| AL6 | Adequada | 10 |
| AL7 | Adequada | 10 |
| AL8 | FALTA | 0 |
| AL9 | FALTA | 0 |
| AL10 | Adequada | 10 |
| AL11 | FALTA | 0 |
| AL12 | Adequada | 10 |
| AL13 | Adequada | 10 |

Fonte: a autora.

4.3.3 Aplicação da Aula 3

Nesta aula estavam presentes 11 alunos. Neste dia os alunos AL6 e AL11 faltaram. A aula teve duração de 50 minutos.

A seguir, serão relatados os detalhes de toda a aula, descrevendo as participações dos alunos na roda de conversa e nos diálogos, bem como na participação no experimento realizado *online*, em seguida, serão descritos e analisados os resultados obtidos no decorrer da aula.

4.3.3.1 Relato da Aula 3

Os alunos foram convidados a sentar nas cadeiras que estavam posicionadas formando um semicírculo em volta da mesa onde estavam os materiais necessários para os experimentos das três estações que eles haviam realizado na aula anterior, como representado na Figura 4.7. Assim foi realizada a retomada dos conteúdos abordados nos experimentos da aula 2.

Figura 4.7 - Imagem fotográfica demonstra a disposição das cadeiras e materiais necessários para a aula 3 da sequência didática.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

No início, a professora relembrou as instruções que estavam presentes no material de apoio para a Estação 1 - Faça como Oersted. Assim, ela começou pegando um ímã e aproximando de uma bússola e os alunos constataram que o ponteiro da bússola se movia. Em seguida, apresentou a bobina (desconectada) que

será utilizada no experimento, aproximou-a da bússola e questionou se acontecia algo, neste momento alguns alunos falaram que “não”, em seguida, ela perguntou “Por que será que não acontece nada?” e um aluno respondeu “Porque não está tendo energia” (AL1), então a professora questionou novamente se o ímã teria “energia”, e responderam “tem energia de ferro ou energia magnética” (AL1), a professora questionou se poderia ser o campo magnético, e alguns alunos afirmaram que “sim”. Assim, foi realizada uma revisão sobre os conceitos de campo magnético, e os processos de atração e repulsão.

O próximo passo do experimento foi testar a bobina ligada em um circuito em série com duas pilhas e observar o que estaria ocorrendo. A professora perguntou se estaria passando algo pela bobina e os alunos responderam que tem “energia” (AL13). Então a professora alertou sobre os elétrons que estariam passando pelo fio, buscando a compreensão dos alunos acerca da corrente elétrica que está passando pelo fio. Ao aproximar a bobina da bússola, houve um movimento no ponteiro da bússola, e um dos alunos constatou que não se moveu tanto quanto ao aproximar o ímã, mas que se moveu.

Após realizar o experimento completo, a professora fez a seguinte pergunta aos alunos: “O que tem neste circuito que também tem no ímã?”, um respondeu que “O ímã não precisa carregar” (AL1), e outro respondeu, “Campo magnético” (AL5). Sendo assim, a professora perguntou o que os alunos podem concluir, visto que, o fio sem estar conectado não apresenta campo magnético e ao ligá-lo, ele aparentemente passa a apresentar campo magnético. Os alunos então constatam que para o ponteiro da bússola mover precisa de campo magnético, falaram inclusive que “O ímã tem campo magnético próprio e a bobina não tem, só se ela for ligada ali” (AL1), respondeu uma aluna apontando para as pilhas. Também citaram que o campo magnético dos dois não são iguais e a professora fez a seguinte pergunta: “Se aumentar a corrente que passa no fio vai aumentar alguma coisa?”, então responderam que iria aumentar o campo magnético.

A professora instigou os alunos a pensarem qual seria a relação que Oersted percebeu, que eles acabaram de observar com o experimento, e responderam “Que pode gerar campo magnético com a energia” (AL13), desta forma, a professora reformulou o que eles falaram, fazendo-os chegar a uma relação de que a corrente elétrica em um condutor gera campo magnético em sua volta. Com base nisso, foi explicado o fenômeno observado através do experimento da Estação 1.

Ao mostrar um ímã sobre a mesa, a professora perguntou aos alunos: “Este ímã parado tem campo magnético?”, com outro ímã em sua mão e movendo-a perguntou: “E este que está se movimentando tem campo magnético?”, desta forma, quis saber qual a diferença entre o campo magnético de ambos. Os alunos responderam que os dois possuíam campo magnético, a diferença seria que “Um está estável e o outro oscilando” (AL5). A professora então explicou que em respostas obtidas nos questionários das aulas anteriores, alguns alunos tinham associado o campo magnético somente a essa variação ou movimento.

Em seguida, deu início a revisão da Estação 2 - Motor elétrico, relembrando os passos para montar o experimento, e após toda montagem a professora perguntou aos alunos: “O que acontece ao passar corrente elétrica nessa bobina?”, alguns alunos responderam: “Cria campo magnético”.

Ao iniciar o experimento e perceber que o motor elétrico não continuava girando por muito tempo, um aluno falou para trocar a bateria e a professora resolveu medir a tensão que estava com 8,7V e, em seguida, com uma lixa de unha resolveu lixar as pontas do fio da bobina para melhorar o contato. Neste momento, uma aluna foi alinhar a bobina para montar o experimento. Ao notar que os fios da bobina não estavam alinhados corretamente, ela tentou arrumá-lo

Assim, a professora questionou se o ímã que estava embaixo da bobina fosse retirado teria aquela interação, e os alunos falaram que não, pois o campo criado na bobina não vai interagir com nada. Então, a professora ressaltou que o motor elétrico precisa das duas regiões: o campo magnético do ímã e o criado pela corrente elétrica passando na bobina. Neste momento um aluno perguntou se: “Nesta interação eles ficam passando elétron um para o outro?” (AL12), e a professora explicou que a interação entre os dois campos magnéticos faz com que a bobina se movimente através da atração e repulsão, utilizando uma imagem projetada na televisão, do motor elétrico, ela explicou a atração e repulsão pela diferença dos polos.

Após revisar o que havia ocorrido no experimento a professora questionou: “Campo magnético, será que é capaz de gerar corrente elétrica?”, eles acreditavam que “sim” e foi desta forma que iniciaram a Estação 3 - Gerando corrente induzida, e para esta prática alguns alunos que montaram e executaram o experimento.

A professora então perguntou o que iriam medir no multímetro e eles respondem a escala de mA, que é uma medida de corrente elétrica, ao iniciar o

experimento os alunos observam que ao balançar os ímãs no interior da bobina em uma seringa é possível medir corrente elétrica, enquanto que, quando os os ímãs em repouso nenhuma medida é realizada no multímetro. Então a professora pergunta: “Ímã em repouso gera corrente elétrica?”, somente alguns alunos dizem que não, então ela demonstra com um ímã próximo à bobina e mostra que o multímetro não apresenta medidas, em seguida pergunta: “O que produz corrente elétrica?”, e respondem “a variação do campo magnético” (AL5).

Um aluno questionou por qual motivo o multímetro às vezes apresentava um sinal negativo enquanto realizava a medida da corrente, e a professora preferiu explicar com um simulador computacional.

Assim, utilizando o simulador PhET Colorado Lei de Faraday (PHET INTERACTIVE SIMULATIONS, 2017) os alunos conseguiram manipular e observar a representação do campo magnético, e o que ocorria quando o ímã estava em repouso e em movimento.

Logo após, a professora respondeu a pergunta sobre o sinal negativo observado durante a medida da corrente elétrica no experimento, solicitando que os alunos observassem no simulador como era realizada essa medida ao aproximar e afastar o ímã da bobina tanto pela direita quanto pela esquerda. Ela explicou que este fenômeno era conhecido como Lei de Lenz, na qual, quando aproximava-se o campo magnético da bobina, a corrente elétrica adotava um sentido, e enquanto afastava-se o campo magnético da bobina, a corrente adotava um sentido oposto. Por este motivo, o multímetro fica variando e marcando valores positivos e negativos, que por sua vez representam o sentido da corrente elétrica no circuito.

Assim, foi realizada uma revisão dos experimentos realizados na aula 2 e alguns conceitos importantes foram trabalhados. Desta forma, a professora dialogou com os alunos o que seria o conceito de indução e obteve respostas como “induzir algo” (AL1), “influenciar” (AL13), e “induzir a cometer um crime”(AL7). Assim, chegaram a ideia de que a indução de corrente elétrica seria quando um corpo faz com o outro produzir corrente elétrica.

Neste momento, a professora trouxe a ideia de um experimento onde seria capaz de acender um LED por indução e instigou os alunos a pensar se um campo magnético de um ímã em repouso seria capaz de gerar a corrente elétrica, que alimentaria e acenderia a uma lâmpada ou LED. Assim, os alunos concluíram que se somente o campo magnético deste ímã estivesse em movimento seria capaz de

gerar corrente elétrica. Desta forma, a professora questionou que a variação teria que ser bem rápida para que um LED acendesse, e que alguém precisaria ficar ligando e desligando o circuito durante o experimento, supondo a ideia de que um dos alunos poderiam executar esta atividade. Contudo, eles mesmos notaram que uma pessoa não seria capaz de variar a corrente elétrica na frequência necessária para acender o LED e que, neste momento, seria necessário utilizar algo para esta variação. Desta forma, os alunos foram apresentados ao transistor, que seria capaz de executar este papel. Utilizando a televisão, a professora mostrou como é o funcionamento de um transistor e para que são utilizados em circuitos.

4.3.3.2 Resultados da Aula 3

Nesta seção serão analisados os resultados obtidos na aula 3. Contudo, como nesta aula não estava prevista a aplicação de nenhum questionário, a análise se dará por meio da atividade de roda de conversa e a participação em aula. Realizando uma avaliação diagnóstica das experiências e compreensões dos alunos, para assim, identificar e detectar o que necessita ser reforçado.

A atividade de roda de conversa foi norteada de acordo com as respostas do questionário analisado da aula anterior. Trazendo perguntas e revisando os fenômenos observados nos três experimentos.

Por meio do relato da aula 3, a diferenciação progressiva pode ser vista nas interações dos alunos com os conceitos de campo magnético, corrente elétrica, e interações entre os experimentos. À medida que os alunos revisitam os experimentos da aula anterior, eles começam a integrar essas experiências com novos conteúdos, como a ideia de que a corrente elétrica gera campo magnético.

Assim, a Reconciliação Integradora pode ser observada quando os alunos conectam conceitos sobre campos magnéticos e corrente elétrica durante os experimentos.

As notas de participação da aula 3 foram classificadas levando em consideração as particularidades de cada aluno. Como nesta aula os alunos realizaram uma roda de conversa para retomada dos conceitos e revisão dos experimentos, também realizaram atividades experimental com o simulador PhET Colorado e responderam a várias perguntas norteadoras que a professora fez

durante a aula. Desta forma, a participação e contribuição dos alunos na roda de conversa e nas atividades foram analisadas durante toda a aula.

Neste dia os alunos AL6 e AL11 faltaram. No Quadro 4.7, encontram-se os conceitos e notas de cada aluno acerca de sua participação durante toda a aula.

Quadro 4.7 - Notas e conceitos da participação na aula 3 da SD.

| ALUNO | CONCEITO | NOTA |
|-------|------------|------|
| AL1 | Adequada | 10 |
| AL2 | Suficiente | 8 |
| AL3 | Suficiente | 8 |
| AL4 | Adequada | 10 |
| AL5 | Adequada | 10 |
| AL6 | FALTA | 0 |
| AL7 | Adequada | 10 |
| AL8 | Suficiente | 8 |
| AL9 | Suficiente | 9 |
| AL10 | Suficiente | 9 |
| AL11 | FALTA | 0 |
| AL12 | Adequada | 10 |
| AL13 | Adequada | 10 |

Fonte: a autora.

4.3.4 Aplicação da Aula 4

Nesta aula, estavam presentes 8 alunos. Os alunos que faltaram, portanto, não tiveram suas notas computadas nesta atividade. A aula teve duração de 50 minutos e estava destinada à realização do experimento para verificar a Lei de Faraday, obtendo as medidas, respondendo ao questionário, construindo e analisando os gráficos.

A seguir, serão relatados os detalhes de toda a aula, descrevendo as participações dos alunos e os encaminhamentos. Em seguida, serão descritos e

analisados os resultados obtidos no decorrer da aula e por meio do questionário de atividade experimental da Lei de Faraday.

4.3.4.1 Relato da Aula 4

No início da aula, a professora informou que o objetivo da aula era que os alunos compreendessem a Lei de Faraday e o que seria indução eletromagnética. Assim, ela relembrou o que foi visto nas aulas anteriores, como os exemplos e aplicações abordados e os experimentos realizados.

Nesta aula, estavam presentes 8 alunos, que foram divididos em três grupos para realizar esta atividade experimental, ficando divididos da seguinte forma: grupo 1 com três alunos (alunos AL2, AL7 e AL9), grupo 2 com dois alunos (alunos AL5, AL13), e grupo 3 com três alunos (alunos AL4, AL6 e AL12).

Como os alunos vão realizar um experimento de indução eletromagnética que irá acender um LED. A professora inicia a abordagem mostrando na televisão a Figura 3.10, já citada no capítulo anterior, nela encontra-se um desenho da montagem de um possível experimento. A professora apresenta então os dois circuitos e da Figura 3.10, e indica que o fio enrolado representa uma bobina, assim, mostra a ligação feita pelas duas bobinas condutoras, onde uma (II) está ligada em série com um multímetro (V) para medir a corrente, e a outra bobina (I) ligada a uma pilha ou bateria (IV). Desta forma, relaciona os itens da Figura 3.10 com os materiais que os alunos vão utilizar e encontram-se dispostos sobre a mesa.

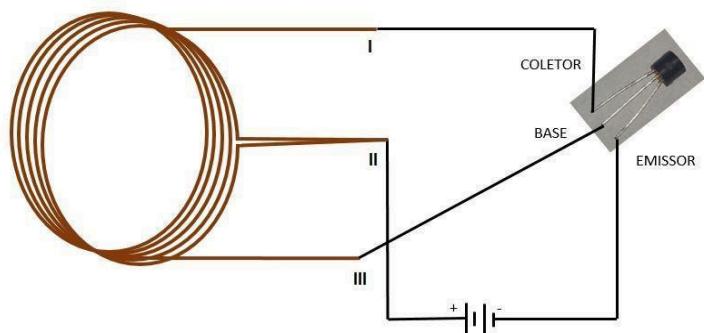
Mostrando a chave eletrônica presente do item III, a professora faz o seguinte questionamento: “Esta bobina não está passando corrente elétrica porque está desligada, ela tem campo magnético?”, os alunos respondem que “não” pois, a mesma encontra-se desligada. A professora questiona: “Então quando não tem corrente o campo magnético vale quanto?” e dois alunos respondem, “zero” (AL5, AL12). Então, a professora demonstra que é possível fechar o circuito na chave eletrônica do item III, e em seguida pergunta: “Variou o campo?” e um aluno respondeu, “De zero aumentou” (AL5), a professora então explica que nas aulas anteriores foram citados uma variação da posição do campo magnético e então demonstra com um imã em suas mãos que ao aproximar e afastá-lo a intensidade do campo magnético varia em uma determinada região. E então, ela relembra um questionamento da aula anterior: “Será que somente o campo magnético parado

gera corrente elétrica?", e alguns respondem que não, assim, a professora questiona: "O que precisa acontecer?" e o aluno responde: "Precisa variar" (AL5).

A professora recorda que, ao ligar o circuito com a corrente elétrica, varia o campo magnético. Em seguida, faz os alunos pensarem se, mantendo o circuito ligado, o campo magnético continuaria a variar. Nesse momento, eles percebem que é necessário variar a corrente. Dessa forma, a professora propõe que um aluno fiquei ligando e desligando consecutivamente a chave eletrônica (III) do circuito da Figura 3.10 para variar o campo magnético, e questiona se seria possível acender um LED que esteja ligado a uma outra bobina próxima. Um aluno responde que o LED irá “acender e apagar” (AL7), e a professora complementa que o aluno deveria variar a chave eletrônica muito rápido para que o LED permaneça aceso. Então, lembra-os de um componente já citado em aulas anteriores que funciona como chave eletrônica chamado transistor.

Neste momento a professora revisa o que haviam estudado sobre o transistor. A professora mostra então a Figura 4.8, com um desenho ilustrativo representando o circuito gerador onde o transistor está ligado a uma fonte e uma bobina. Aponta também a representação dos terminais do transistor e explica que ao passar corrente elétrica pelo transistor ele fica variando-a e chega até a bobina.

Figura 4.8 - Desenho ilustrativo da montagem do circuito gerador.

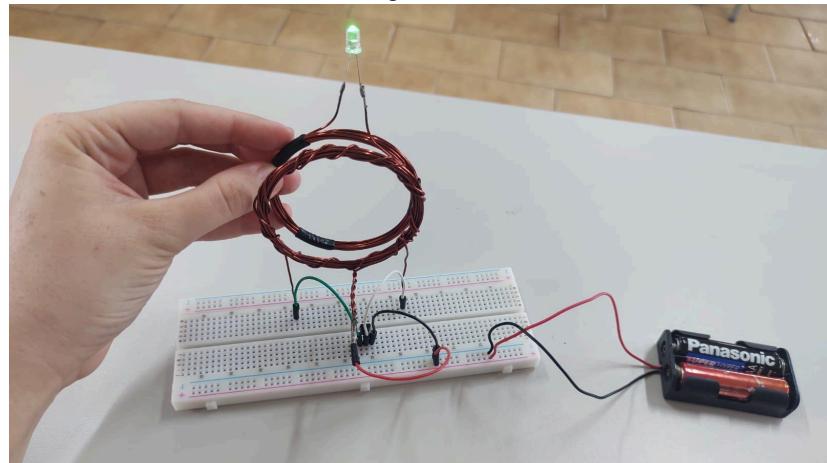


Fonte: a autora (baseado em EL-PRO-CUS- electronics, projects, focus; Wireless Power Transfer Circuit and Its Working; <https://www.elprocus.com/wireless-power-transfer-circuit-and-working/>, acesso em 05/11/2023).

Com uma bobina receptora nas mãos, a professora demonstra o experimento (Figura 4.9), que é capaz de ligar um LED ao aproximar a bobina do circuito primário onde o transistor está criando uma corrente variável, que produz um campo magnético variável e assim induz corrente elétrica na outra bobina fazendo o

LED acender. Alguns alunos também testaram o experimento com suas mãos fazendo com que o LED acenda.

Figura 4.9 - Imagem fotográfica experimento demonstração de como acender um LED com indução eletromagnética.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

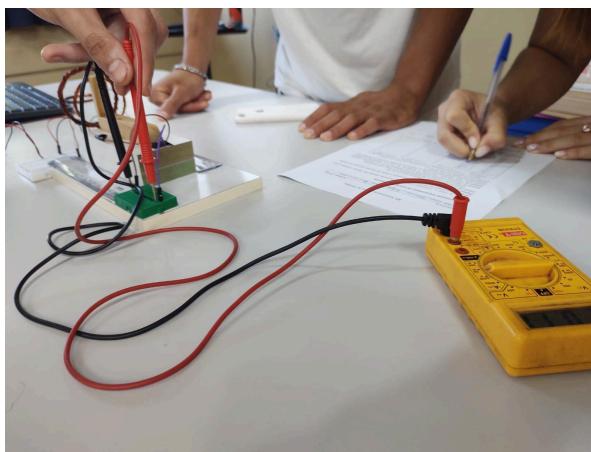
Para conseguir medir o valor desta corrente induzida, a professora mostrou então uma outra bobina em um circuito receptor, já representado pela Figura 3.10 no capítulo anterior. Este circuito foi construído em uma plataforma de madeira capaz de deslizar, e variar a distância entre as bobinas, e que pode ser conectada a um multímetro.

Os alunos foram divididos em três grupos para realizar esta atividade experimental: Grupo 1 com três alunos (AL2, AL7 e AL9), grupo 2 com dois alunos (AL5, AL13), e grupo 3 com três alunos (AL4, AL6 e AL12).

Para esta atividade, os alunos receberam um roteiro com questionário, que pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de Coleta de Dados) deste trabalho, descrito como A3: Experimento da Lei de Faraday. Este material possuía os passos necessários para montagem e realização das medidas com o experimento da Lei de Faraday. Assim, os alunos mediram a distância entre as bobinas e a corrente induzida para posteriormente construir um gráfico. A professora também informou que seria necessário realizar três vezes as medidas de cada distância, repetindo portanto o experimento e anotar os respectivos valores na tabela presente no material de apoio. Ao final, deveriam calcular a média aritmética destas três medidas realizadas para construir o gráfico da corrente induzida pela distância.

Durante a execução do primeiro grupo, a professora acompanhou e deu instruções necessárias sobre a organização da montagem e da realização das medidas. Ela pediu para eles determinarem quem realizaria cada atividade, pois, seria necessário variar a distância das bobinas por 5 cm, realizar uma medida de corrente com o multímetro a cada 0,5 cm variado, e anotar todas as medidas no material de apoio. A professora também orientou que os alunos tivessem cuidado para não deslocar a bobina geradora da posição inicial durante o experimento, e aconselhou a não deixarem o transistor ligado por muitos minutos para que ele não aqueça muito. Assim, realizaram o experimento como pode ser observado na Figura 4.10.

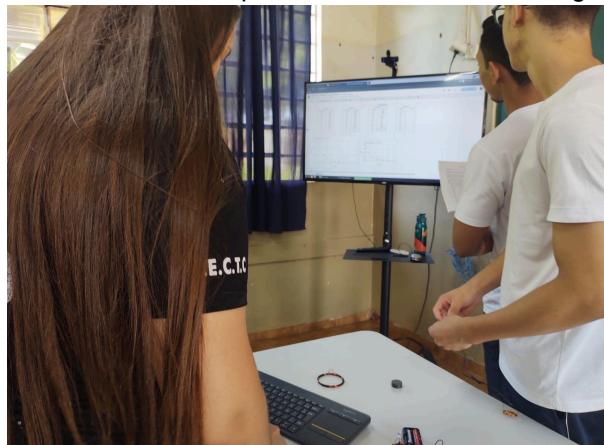
Figura 4.10 - Imagem fotográfica dos alunos realizando o experimento da Lei de Faraday e anotando as medidas de corrente induzida e da distância entre as bobinas.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Após terminar as três medidas do experimento, utilizando a calculadora do celular, os alunos calcularam a média aritmética das correntes para cada uma das distâncias. Cada grupo preencheu uma tabela com os seus dados no Google Planilhas, utilizando o computador disposto na sala de aula. Ao final, a professora ensinou-os a selecionar os dados e construir o gráfico, como é possível ver na Figura 4.11. O Google Planilhas é um programa de planilhas gratuito e online, acessível a quem possui conta Google, sendo assim, a escolha de utilizá-lo ocorreu, pois, cada aluno da escola possui uma conta do Google (@escola) e portanto, tem acesso a estes recursos. Contudo, foi necessário que a professora ensinasse a eles como construir o gráfico através dos dados que preencheram em uma tabela construída no programa.

Figura 4.11 - Imagem fotográfica dos alunos construindo o gráfico da corrente induzida pela distância entre as bobinas utilizando o computador da sala de aula e o google planilhas.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Como havia somente uma montagem do experimento para que todos os alunos realizassem, eles foram divididos em três grupos, de dois e três alunos, para que pudessem ter uma maior participação durante a prática. O tempo para realizar a atividade experimental foi maior que o esperado. Desta forma, mais uma aula de 50 minutos foi utilizada para concluir o que estava previsto para esta etapa, com autorização da professora regente da disciplina. Aconselha-se, portanto, que algumas alterações sejam feitas, podendo construir mais montagens experimentais para que mais grupos possam realizar ao mesmo tempo, ou ampliar o tempo previsto para execução do experimento aumentando o número de aulas previsto na SD.

Nesta aula adicional, a professora seguiu explicando os dados que os alunos obtiveram e analisando com eles os resultados obtidos pelos gráficos. Ao pedir para analisar o gráfico do primeiro grupo a professora questionou: “Conforme eu aumento a distância, a corrente aumenta ou diminui?” e os alunos responderam que diminui, em seguida ela torna a questionar: “isto quer dizer que ele é diretamente proporcional ou inversamente proporcional?”, então eles começaram a pensar o que seria o diretamente e o inversamente proporcional. A professora então citou: “Conforme eu aumento a distância” e o aluno AL12 completou: “Menor é a tensão”, então chegaram a conclusão que seria inversamente proporcional, pois, quanto maior a distância menor é a corrente elétrica induzida.

Contudo, é importante observar no gráfico se a relação entre as grandezas seria proporcional. Nesse sentido, a professora relembrou os conceitos de função

linear e não linear. Ao explicar as diferenças entre as duas, e observando o gráfico, a professora perguntou qual seria a função que poderia representar este gráfico e o aluno AL7 respondeu: “exponencial”. Assim, a professora explicou que o comportamento dos gráficos obtidos assemelha-se a uma função exponencial decrescente. Este questionamento seria uma revisão para auxiliar a responder as questões presentes no questionário.

A professora lembrou os alunos de quando estudaram força elétrica, que conforme aproximavam duas cargas a força aumentava com o quadrado da distância. Neste gráfico, quando varia o primeiro 1 cm entre as bobinas percebe-se que a corrente elétrica diminui bastante, e quanto maior a distância essa variação vai diminuindo.

Enquanto os alunos respondiam às questões eles observavam e relembravam o que aconteceu no experimento como meio de saber descrever os fenômenos observados.

Reunidos em seus grupos, os alunos responderam às quatro questões presentes no questionário, e assim concluíram as atividades previstas em aula. Os alunos levaram um tempo maior para responder as questões que exigiam bastante interpretação. Sendo assim, aconselha-se dividir esta aula em duas para poder explorar melhor o gráfico e revisar o processo de indução eletromagnética.

4.3.4.2 Resultados da Aula 4

Nesta seção serão analisados os resultados obtidos na aula 4 pelo Questionário A3: Experimento da Lei de Faraday. Este questionário de análise experimental possui 4 passos a serem seguidos, uma tabela para realizar medidas experimentais e 4 questões a serem respondidas em grupo. Para análise das respostas foram levadas em consideração os critérios de correção citados na seção 3.2, e as respostas esperadas que podem ser encontradas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B3: Respostas esperadas para o Questionário Experimento da Lei de Faraday.

Os alunos realizaram as três medidas experimentais, da distância e da corrente induzida. Na tabela 4.2, a seguir, serão apresentadas as medidas de cada grupo, já calculadas as médias aritméticas da corrente induzida. Também foi

calculada uma média entre as medidas dos três grupos, e estes valores foram representados na Tabela 4.2.

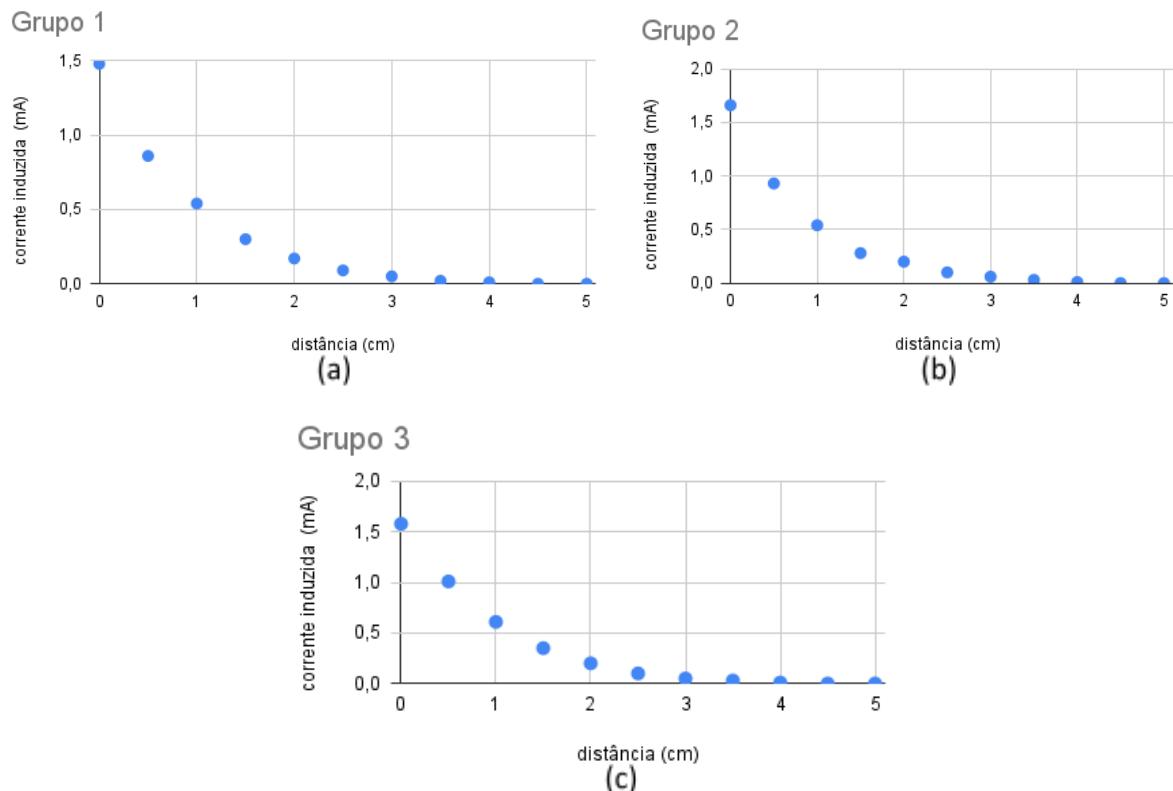
Tabela 4.2 - Medidas da distância (d) entre as bobinas e as médias das medidas da corrente induzida (i) de cada grupo e a média geral de todos os três grupos;

| | Média Grupo 1 | Média Grupo 2 | Média Grupo 3 | Média dos três grupos |
|---------------------------------------|---|---|---|---|
| Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ |
| 0,0 | 1,48 | 1,66 | 1,58 | 1,57 |
| 0,5 | 0,86 | 0,93 | 1,01 | 0,93 |
| 1,0 | 0,54 | 0,54 | 0,61 | 0,56 |
| 1,5 | 0,30 | 0,28 | 0,35 | 0,31 |
| 2,0 | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 0,19 |
| 2,5 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| 3,0 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,05 |
| 3,5 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 4,0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 4,5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Fonte: a autora.

Com as medidas realizadas, os alunos construíram uma tabela no Google Planilhas com os valores da média da corrente elétrica e da distância. Na sequência, os alunos construíram gráficos com estes valores de corrente elétrica e de distância. A Figura 4.12(a) representa o gráfico criado com os dados do grupo 1, a Figura 4.12(b) representa o gráfico criado com os dados do grupo 2, e a Figura 4.12(c) com os dados do grupo 3.

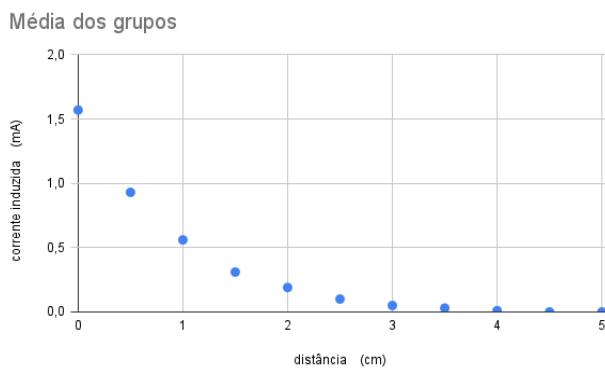
Figura 4.12 - (a) Gráfico de corrente induzida pela distância, construído com os dados obtidos pelo grupo 1; (b) Gráfico de corrente induzida pela distância, construído com os dados obtidos pelo grupo 2; (c) Gráfico de corrente induzida pela distância, construído com os dados obtidos pelo grupo 3.



Fonte: a autora e alunos da turma, construído no programa Google Planilhas, 2023.

Os três grupos construíram gráficos semelhantes, verifica-se que quanto menor for a distância entre as bobinas, maior será a corrente induzida nela. Portanto, a indução é inversamente proporcional à distância entre elas. Contudo, essa relação não é linear, afinal a cada vez que foi variada 0,5 cm na distância, a variação da corrente induzida não tem a mesma variação. Assim, os gráficos mostram que não se trata de uma função linear. Nota-se também que os valores obtidos foram bem semelhantes, tendo calculado a média aritmética entre os resultados dos três grupos (Tabela 4.2) pode-se construir um gráfico geral e verificar se possui o mesmo comportamento dos anteriores, que encontra-se representado na Figura 4.13.

Figura 4.13 - Gráfico de corrente induzida pela distância, construído com a média dos dados obtidos pelo grupo 1, 2 e 3.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

Com a Figura 4.13, observa-se que o comportamento obtido é bem semelhante ao que cada grupo construiu. Isto mostra que foram realizadas boas medidas e que estão próximas da esperada.

A atividade conta também com 4 questões, a questão 1 faz a seguinte pergunta: “A distância influencia na corrente induzida? Qual a relação do campo magnético com a distância entre as bobinas?”. Espera-se que os alunos tenham compreendido com o experimento que a distância influencia na corrente induzida, pois, quanto mais longe as bobinas se encontram, menor será a corrente induzida. Também ao aproximar as bobinas o fluxo de campo magnético da bobina geradora é mais intenso, sendo assim, quanto maior este fluxo maior será a corrente induzida na bobina receptora.

No Quadro 4.8, encontram-se as respostas obtidas por cada um dos grupos de alunos para a questão 1 deste questionário e as notas em que alcançaram com suas respostas.

Quadro 4.8 - Respostas e notas de cada grupo para a questão 1 do questionário.

| Grupos | Respostas à questão 1 |
|----------------|--|
| Grupo 1 | “Sim, a distância afeta quanto maior for menor é a intensidade do campo magnético consequente será a corrente induzida.” |
| | Nota: 10 |
| Grupo 2 | “Sim, quanto mais longe vai ficando mais fraca.” |

Continua...

| | |
|----------------|--|
| | Nota: 8 |
| Grupo 3 | “Sim, a relação é que o campo magnético varia com a distância entre as bobinas.” |
| | Nota: 8 |

Fonte: a autora.

Analizando as respostas da questão 1, verifica-se que os grupos 2 e 3 foram classificados como “Suficiente”, pois as respostas encontravam-se um pouco incompletas. Enquanto o grupo 1 respondeu ambas as perguntas relacionando a corrente induzida e o campo magnético com a distância, assim como pedia a questão, portanto, o critério de sua resposta foi classificado como “Adequado”.

A questão 2 indaga: “Qual interpretação você conseguiu concluir do gráfico construído? A relação do campo magnético com a distância é uma relação diretamente proporcional?”. Como é possível notar existem duas perguntas, e assim é esperado que os alunos, ao analisar o gráfico, percebam que a relação da corrente induzida com a distância entre as bobinas é que ela não é linear, e que a relação do campo magnético com a distância não é diretamente proporcional. Quanto menor for a distância, maior será o fluxo de campo magnético e, por sua vez, maior será a corrente induzida, contudo esse aumento da corrente induzida não é linear.

No Quadro 4.9 encontram-se as respostas obtidas por cada um dos grupos de alunos para a questão 2 deste questionário e as notas em que alcançaram com suas respostas.

Quadro 4.9 - Respostas e notas de cada grupo para a questão 2 do questionário.

| Grupos | Respostas à questão 2 |
|----------------|--|
| Grupo 1 | “Quanto maior a distância menor é a corrente.” |
| | Nota: 5 |
| Grupo 2 | “Concluímos que quanto maior a distância menor o mA, não porque quanto maior a distância menor o campo magnético.” |
| | Nota: 9 |
| Grupo 3 | “A interpretação que o gráfico mostra quanto maior a distância menor |

Continua...

| | |
|--|---|
| | a corrente e a relação não é diretamente proporcional." |
| | Nota: 9 |

Fonte: a autora.

Como havia duas perguntas em uma, verifica-se pelo Quadro 4.9 que o Grupo 1 respondeu apenas a uma parte da questão, sua resposta foi classificada como "Parcialmente suficiente". Já as respostas dos demais grupos foram consideradas "Suficiente", pois responderam à pergunta integralmente, mesmo que não tenham explicitamente mencionado que se trata de um gráfico não linear.

Quanto à questão 3, há a seguinte pergunta: "De acordo com o que estudamos sobre o Transistor. Explique qual o papel dele no circuito? Diga se sem ele seria capaz de gerar a corrente induzida no experimento realizado?". Com esta questão espera-se que os alunos tenham compreendido que somente o campo magnético não é capaz de gerar uma corrente induzida, portanto, é necessário criar um campo magnético variável no tempo. Sabendo que ao ligar e desligar um circuito elétrico a corrente gera um campo magnético variável, desta forma, será necessário utilizar um transistor como uma chave de ligar e desligar o circuito. Contudo, sem o transistor seria necessário encontrar uma outra maneira de variar a corrente elétrica no circuito.

No Quadro 4.10, encontram-se as respostas obtidas por cada um dos grupos de alunos para a questão 3 deste questionário, juntamente com as respectivas notas atribuídas a essas respostas.

Quadro 4.10 - Respostas e notas de cada grupo para a questão 3 do questionário.

| Grupos | Respostas à questão 3 |
|----------------|--|
| Grupo 1 | "Ele varia a corrente, sem ele não seria capaz de gerar corrente induzida no experimento pois ele fica ligando e desligando para acender o LED." |
| | Nota: 8 |
| Grupo 2 | "O transistor faz a corrente variar, sem ele não seria capaz de fazer a corrente induzida no experimento da escola." |

Continua...

| | |
|----------------|--|
| | Nota: 6 |
| Grupo 3 | “O papel dele no circuito é variar o campo magnético com a bobina e ele é capaz de gerar corrente induzida.” |
| | Nota: 5 |

Fonte: a autora.

A resposta apresentada pelo grupo 3 não explicou corretamente o papel do transistor e a sua relevância, sendo assim, foi classificado como “Parcialmente suficiente”. Já as respostas dos grupos 1 e 2 estão um pouco mais completas e respondem as duas perguntas realizadas, contudo, alguns detalhes passam despercebidos e por isso cada uma recebeu uma nota diferente, porém ambas foram classificadas como “Suficiente”.

Já na questão 4, que pergunta: “Tente descrever passo a passo do funcionamento do experimento, utilizando todos os conhecimentos adquiridos sobre o assunto.”. Espera-se com esta pergunta que os alunos identifiquem todos os fenômenos presentes no experimento, citando que a bobina geradora ao ser alimentada por uma fonte de corrente contínua, gera um campo magnético. Com um transistor NPN funcionando como uma chave eletrônica no circuito, será possível variar a corrente elétrica fazendo então, variar o fluxo do campo magnético no tempo. Assim, o campo magnético variável irá interagir com a bobina receptora gerando uma corrente induzida, que por sua vez, também gera uma fem (força eletromotriz), fazendo com que o LED acenda. O valor da corrente pode ser medido com o multímetro conectado à bobina receptora. Além disso, espera-se que percebam que quanto mais próximas as bobinas estão, mais intenso é o fluxo do campo magnético e por esse motivo, maior será a corrente induzida.

No Quadro 4.11, encontram-se as respostas obtidas por cada um dos grupos de alunos para a questão 4 deste questionário e as notas em que alcançaram com suas respostas.

Quadro 4.11 - Respostas e notas de cada grupo para a questão 4 do questionário.

| Grupos | Respostas à questão 4 |
|----------------|--|
| Grupo 1 | “Passa corrente elétrica pelo transistor que fica variando, assim acendendo o LED campo magnético produz corrente elétrica variável, |

Continua...

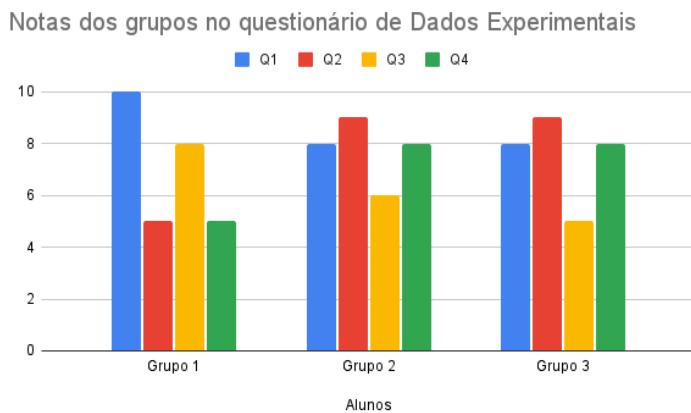
| | |
|----------------|---|
| | esta é a Lei de Faraday.” |
| | Nota: 5 |
| Grupo 2 | “A energia da pilha passa pelo transistor variando a corrente elétrica para que varie o campo magnético produzindo corrente induzida, assim, acendendo a luz ao se aproximar e a apagando quando se distancia.” |
| | Nota: 8 |
| Grupo 3 | “Duas pilhas para mandar corrente elétrica para o transistor que é responsável para variar o campo elétrico da bobina gerando um campo magnético que interage com a outra bobina, gerando assim corrente induzida, responsável para acender o LED na segunda bobina.” |
| | Nota: 8 |

Fonte: a autora.

O grupo 1 concluiu que campo magnético gera corrente elétrica, contudo, não citou o processo realizado pela bobina geradora e alguns outros detalhes passaram despercebidos, sendo assim, sua resposta foi classificada como “Parcialmente Suficiente”. Já os grupos 2 e 3 descreveram o processo de variação de corrente elétrica gerando campo magnético variável e induzindo corrente em outra bobina, porém somente alguns detalhes não foram apresentados e a resposta foi classificada como “Suficiente” por se tratar de uma boa explicação do experimento.

Após correção destas 4 questões, foi construído na Figura 4.14, um gráfico que demonstra as notas obtidas pelos três grupos desta atividade para as quatro questões que foram avaliadas. O gráfico apresenta um comparativo das notas de cada grupo nas respectivas questões (Q1, Q2, Q3 e Q4).

Figura 4.14 - Notas dos grupos para as respostas da questão Q1, Q2, Q3 e Q4 do questionário de dados experimentais. De azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1), em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2), em amarelo as notas referente à questão 3 (Q3) e em verde as notas referente à questão 4 (Q4).



Fonte: elaborada pela autora, no programa Google Planilhas, 2024.

Na Figura 4.14, há um gráfico onde o eixo “y” representa as notas obtidas pelos três grupos de alunos, e o eixo “x” os grupos (1, 2 e 3). A coluna em azul representa as notas da questão 1 (Q1), enquanto a coluna vermelha representa as notas obtidas na questão 2 (Q2), a coluna amarela representa as notas obtidas na questão 3 (Q3), e a coluna verde representa as notas obtidas na questão 4 (Q4). De acordo com a Figura 12, pode-se perceber que somente o grupo 1 alcançou uma nota máxima (10), e que de um modo geral todos os grupos obtiveram notas iguais ou superiores a 5. Considerado, portanto, um bom desempenho dos três grupos que participaram.

As notas de participação da aula 4 foram atribuídas considerando as particularidades de cada aluno. No início da aula, realizou-se uma roda de conversa para revisar conceitos e apresentar uma situação problema que auxiliasse os alunos na realização do experimento. Além disso, a avaliação da participação levou em conta o envolvimento dos alunos em grupo na montagem e nas medições do experimento, na construção do gráfico e nas respostas às questões da atividade. Os alunos AL1, AL3, AL8, AL10 e AL11 faltaram neste dia. O Quadro 4.12 apresenta os critérios e as respectivas notas de participação de cada aluno ao longo da aula 4.

Quadro 4.12 - Notas e conceitos da participação na aula 4 da SD.

| ALUNO | CONCEITO | NOTA |
|-------|------------|------|
| AL1 | FALTA | 0 |
| AL2 | Suficiente | 9 |
| AL3 | FALTA | 0 |
| AL4 | Adequado | 10 |
| AL5 | Adequado | 10 |
| AL6 | Adequado | 10 |
| AL7 | Adequado | 10 |
| AL8 | FALTA | 0 |
| AL9 | Suficiente | 9 |
| AL10 | FALTA | 0 |
| AL11 | FALTA | 0 |
| AL12 | Adequado | 10 |
| AL13 | Adequado | 10 |

Fonte: a autora.

4.3.5 Aplicação da Aula 5

Nesta aula, com duração de 50 minutos, estavam presentes 11 alunos. A seguir, serão relatados os detalhes de toda a aula, descrevendo as participações dos alunos durante as revisões dos experimentos da aula anterior, e as análise das aplicações do processo de indução eletromagnética como os motores, carregadores por indução, fogão por indução e dínamos. Em seguida, serão descritos e analisados os resultados obtidos no decorrer da aula e por meio do questionário aplicado em sala.

4.3.5.1 Relato da Aula 5

No início da aula o experimento da Lei de Faraday foi refeito a fim de relembrar os fenômenos observados no processo de indução. Como revisão a professora perguntou: “O que o transistor faz com o circuito?” e os alunos

responderam: “Liga e desliga” (AL12), e “Fica oscilando” (AL7), assim, ele cria um campo magnético que varia e induz corrente na outra bobina.

A professora explicou o experimento da aula anterior, mostrando que o circuito gerador tem uma fonte com duas pilhas onde a corrente elétrica irá passar pela bobina primária e ficar variando, assim, criará um campo magnético variável, que por sua vez, será capaz de gerar corrente elétrica na outra bobina. Após demonstrar o experimento a professora questionou: “Como é o nome deste processo?” e o aluno AL7 respondeu: “indução eletromagnética”, foi então que a professora perguntou: “O que isso tem relação com o carregador de celular por indução?”. Em seguida demonstrou com a bobina, que quando está longe o LED não acende, e quanto mais se aproxima aumenta o fluxo do campo magnético.

Foi relembrado também, o comportamento do gráfico que os alunos construíram na aula anterior. Eles citaram algumas aplicações da indução eletromagnética e, com base no que foi observado no experimento, definiram o que diz a Lei de Faraday. Para compreender as aplicações a professora perguntou: “Como vocês explicariam o funcionamento de um motor elétrico?”, alguns alunos conversaram entre si e a professora precisou instigá-los a explicar, o aluno AL7 então disse: “Têm as bobinas em volta e os ímãs no meio”. A professora, utilizando imagens na televisão, exemplificou o conceito. Assim, para demonstrar melhor seu funcionamento foi apresentado aos alunos um trecho de um vídeo do *Youtube* sobre motores elétricos (LESICS PORTUGUÊS, 2021).

Abordando também o carregador de celular por indução, a professora perguntou se haveria uma bobina neste carregador, e um aluno respondeu: “Atrás tem, na capinha do celular” (AL7). Utilizando imagens de um aparelho carregando por indução, a professora questionou o que seria necessário para carregar, e responderam que “precisa variar o campo magnético” (AL7). Foi questionado também sobre a distância entre o aparelho e o carregador e se seria necessário o contato, afinal, o celular geralmente é colocado em cima do carregador; contudo uma aluna que já havia utilizado o carregador afirmou que o celular carrega mesmo estando com capa, portanto, não é o contato o responsável pelo carregamento, afinal, indução eletromagnética não precisa de contato. Em seguida, foi questionado sobre a capacidade do carregamento em comparação aos carregadores tradicionais, e alguns alunos ressaltaram que demora mais que o tradicional. Para demonstrar o funcionamento do carregador de celular por indução, foi apresentado aos alunos um

trecho de um vídeo do *Youtube* sobre carregadores (INCRÍVEL, 2019).

Foi retomada a discussão a respeito do funcionamento do fogão por indução, imaginando o seu funcionamento e como ele seria capaz de aquecer a comida, assim os alunos seguiram o processo de indução para aquecer a panela. Foi ressaltado também os materiais utilizados nas panelas que são bons condutores.

Nesta aula, também foi apresentado o funcionamento de um dínamo, por meio de imagens, e explicado o seu funcionamento. Depois dessas reflexões, os alunos responderam o questionário de organização de pensamento que continha 3 questões sobre conceitos estudados, e 2 que perguntavam a opinião dos alunos sobre a SD. Este questionário pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de Coleta de Dados) deste trabalho, descrito como A4: Questionário de organização de pensamento.

Para esta atividade os alunos trocaram ideias com os colegas, como meio de auxiliá-los na escrita das respostas, afinal assim como notado nas aulas anteriores, houve um melhor desempenho da escrita nas respostas desenvolvidas em grupo, pois, aparentemente se sentiram mais seguros para responder.

4.3.5.2 Resultados da Aula 5

Nesta seção, serão analisados os resultados obtidos na aula 5 pelo Questionário de organização de pensamento. A aplicação do questionário organizador, propõe que o aluno escreva o que compreendeu sobre o funcionamento dos motores, do carregador por indução e do fogão por indução. Além disso, busca coletar a opinião dos alunos sobre as aulas e metodologias aplicadas. Portanto, os alunos responderam às cinco perguntas do questionário.

Para análise das respostas, foram levadas em consideração os critérios de correção citados na seção 3.2 e as respostas esperadas, que podem ser encontradas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B4: Respostas esperadas para o Questionário de organização de pensamento.

Na questão 1, tinha-se a seguinte pergunta: “De acordo com todos os conceitos estudados em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday”. Espera-se que os alunos respondam que a Lei de Faraday estabelece que quando houver variação do fluxo magnético através de um circuito

surgirá uma força eletromotriz induzida, capaz de gerar uma corrente induzida. No Quadro 4.13 encontram-se as respostas obtidas pelos alunos para a questão 1.

Quadro 4.13 - Respostas e notas de cada aluno para a questão 1, “De acordo com tudo o que foi estudado em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday?”.

| Alunos | Respostas à questão 1 | Notas |
|--------|---|-------|
| AL1 | “É uma lei física que descreve a relação entre a variação do fluxo magnético.” | 5 |
| AL2 | “A lei de Faraday, estabelece que a variação do fluxo magnético.” | 5 |
| AL3 | “Descreve como a mudança do campo magnético produz corrente elétrica.” | 8 |
| AL4 | “A lei de Faraday explica que o ímã em movimento próximo a bobina varia o campo magnético resultando uma corrente elétrica induzida.” | 10 |
| AL5 | FALTA | 0 |
| AL6 | “Afirma que a variação no fluxo de campo magnético através de materiais condutores induz o surgimento de uma corrente elétrica.” | 10 |
| AL7 | “Estabelece que com a variação de um campo magnético em relação a uma superfície induz corrente elétrica.” | 10 |
| AL8 | “A lei de Faraday prevê como um campo magnético interage com um circuito elétrico para produzir força eletromotriz.” | 9 |
| AL9 | “Estabelece que a variação do fluxo magnético através de uma superfície fechada induz uma força eletromotriz nessa superfície, resultando em uma corrente elétrica induzida.” | 10 |
| AL10 | “Lei da Indução eletromagnética, ela prevê como um campo magnético interage com um circuito elétrico para produzir uma força eletromotriz.” | 9 |
| AL11 | FALTA | 0 |
| AL12 | “A lei de Faraday diz que quando um ímã em movimento próximo a bobina varia o campo magnético resultando em corrente elétrica induzida.” | 10 |
| AL13 | “A lei de Faraday diz que a variação no fluxo de campo magnético através de materiais condutores.” | 5 |

Fonte: a autora.

Como pode ser visto no Quadro 4.13, os alunos que receberam as maiores notas associaram a variação do campo magnético ou do seu fluxo, com a produção de uma corrente induzida, contudo, alguns não citaram essa variação, somente descreveram o campo magnético sendo assim, receberam notas que foram classificadas como “Suficiente”. Outros não concluíram que a Lei de Faraday trata da produção de corrente induzida e, portanto, suas respostas encontravam-se incompletas e foram classificadas como “Parcialmente suficiente”, pois, associavam a lei somente ao do fluxo de campo magnético.

A segunda questão traz a seguinte pergunta: “Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia”. Espera-se que os alunos tenham compreendido que o funcionamento do motor elétrico se baseia em dois princípios fundamentais do eletromagnetismo: a repulsão entre dois ímãs (ou eletroímãs) e a geração de campos magnéticos por cargas elétricas em movimento. O motor possui em suas extremidades um ímã fixo que será responsável por fornecer um campo magnético externo à uma bobina que se encontra na parte interna próximo ao rotor (eixo móvel no interior do motor). O rotor do motor precisa de um torque para começar a girar, e este torque é produzido ao passar corrente elétrica pela bobina que sofre uma repulsão eletromagnética pelo campo do ímã fixo, que fará com que ela comece a girar produzindo assim a energia mecânica. No Quadro 4.14, encontram-se as respostas dos alunos para a questão 2.

Quadro 4.14 - Respostas e notas de cada aluno para a questão 2, “Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia?”.

| Alunos | Respostas à questão 2 | Notas |
|--------|--|-------|
| AL1 | “Converte energia elétrica em mecânica.” | 2 |
| AL2 | “O princípio presente no processo de transformação de energia é o princípio da indução eletromagnética de Faraday.” | 5 |
| AL3 | “Ele gera energia por meio da indução eletromagnética (principal princípio) ele funciona através da interação de campo magnético com corrente elétrica.” | 7 |
| AL4 | “O motor elétrico transforma a energia elétrica em mecânica o qual essa energia gira as bobinas.” | 2 |

Continua...

| | | |
|-------------|--|----|
| AL5 | FALTA | 0 |
| AL6 | “O motor elétrico funciona pela repulsão entre dois ímãs (eletroímãs).” | 5 |
| AL7 | “O motor elétrico funciona convertendo energia elétrica em energia mecânica através do princípio da interação entre campos magnéticos e correntes elétricas .” | 7 |
| AL8 | “O motor elétrico tem como função transformar energia elétrica em energia mecânica.” | 2 |
| AL9 | “Funciona por meio da interação entre um campo magnético e corrente elétrica. O princípio é igual a lei de Faraday.” | 6 |
| AL10 | “Funciona por meio dos dois princípios fundamentais do eletromagnetismo. O que expressa que os campos magnéticos que possuem a mesma polaridade se repelem e o princípio que expressa que cargas elétricas em movimento conseguem criar um campo magnético.” | 10 |
| AL11 | FALTA | 0 |
| AL12 | “Com o campo magnético e corrente elétrica interagindo no motor gera corrente elétrica induzida, essa interação gera força eletromagnética que faz a bobina girar, convertendo energia elétrica em energia mecânica.” | 7 |
| AL13 | “O motor funciona com a repulsão de dois ímãs um natural e um não natural, onde os princípios são que campos magnéticos com a mesma polaridade se repelem e que as cargas elétricas conseguem criar campo magnético.” | 8 |

Fonte: a autora.

De acordo com o Quadro 4.14, nesta questão a pergunta está dividida em duas partes, como funciona o motor elétrico e qual princípio está presente neste processo, portanto, os alunos que só responderam a uma das partes foram classificados como “Parcialmente suficiente”. Alguns outros alunos responderam as duas partes da pergunta e alcançaram uma nota superior de acordo com sua resposta.

Na terceira questão há a seguinte pergunta: “O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias existentes hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de

carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?”. Espera-se que os alunos compreendam que no fogão por indução a corrente elétrica cria um campo eletromagnético, que varia na parte interna do fogão. Esse campo interage com o material ferromagnético do interior da panela, gerando correntes induzidas que circulam, aquecendo-a, e assim, aquecendo a comida em seu interior. Já o carregador de celular por indução possui uma bobina eletromagnética em seu interior que cria um campo magnético variável. Esse campo interage com outra bobina presente no interior do celular, capaz de receber e armazenar a corrente induzida pela variação do campo produzido pelo carregador. No Quadro 4.15 encontram-se as respostas dos alunos para a questão 3.

Quadro 4.15 - Respostas e notas de cada aluno para a questão 3, “O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias que existem hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?”.

| Alunos | Respostas à questão 3 | Notas |
|--------|--|-------|
| AL1 | “O fogão por indução utiliza bobinas de cobre que geram um campo magnético alterado. Já o carregador por indução funciona através de um processo similar o carregador possui uma bobina que gera um campo magnético alterado.” | 8 |
| AL2 | “O fogão aquece nossa comida através do princípio da condução térmica, onde as chamas ou resistência elétrica transferem calor para os alimentos.” | 0 |
| AL3 | “O carregador utiliza campo magnético que gera energia através das bobinas. O fogão aquece a comida por meio da condução térmica que “passa” calor.” | 2 |
| AL4 | “O fogão aquece nossa comida através do princípio da condução térmica. Já o carregador para gerar corrente elétrica em uma bobina receptora.” | 2 |
| AL5 | FALTA | 0 |
| AL6 | “Os carregadores possuem uma bobina eletromagnética no seu interior que funciona como uma bobina de indução. No fogão a energia elétrica que passa por um indutor que gera um campo magnético entra a parte inferior do fogão e o interior da panela criando o calor.” | 7 |
| AL7 | “O fogão aquece a comida através da condução térmica | 3 |

Continua...

| | | |
|------|--|---|
| | onde as chamas e a resistência elétrica transfere o calor para os alimentos, já o carregador por indução utiliza os campos magnéticos para gerar corrente elétrica.” | |
| AL8 | “A energia elétrica que passa por um indutor que gera um campo magnético entre a parte interna do fogão e o interior da panela, criando o calor. Assim como os carregadores possuem uma bobina eletromagnética no seu interior que funciona como bobina de indução.” | 7 |
| AL9 | “Ele aquece a comida através do princípio da condução térmica, onde as chamas ou a resistência elétrica transferem calor para o alimento.” | 0 |
| AL10 | “No fogão a corrente elétrica passa através das resistências elas esquentam e transferem calor para a panela. Os carregadores possuem uma bobina eletromagnética no seu interior que funciona como bobina de indução.” | 3 |
| AL11 | FALTA | 0 |
| AL12 | “Embaixo do fogão há uma bobina passando corrente elétrica e há uma com o material magnético junto com uma panela condutora e capaz de esquentá-la. Já o carregador de celular utiliza campos magnéticos para induzir corrente elétrica em uma bobina receptora que é convertida para carregar o equipamento.” | 6 |
| AL13 | “O fogão funciona por meio de bobinas que cria um campo eletromagnético que faz com que esquente a panela. Os carregadores funcionam por meio de duas bobinas, uma no carregador e outra no celular, para carregar basta que elas se toquem ou fiquem extremamente próximas.” | 6 |

Fonte: a autora.

Analizando a questão e as respostas do Quadro 4.15, é possível perceber que nela havia duas perguntas. Alguns alunos responderam somente uma, ou confundiram o funcionamento do fogão por indução com os fogões convencionais com resistência.

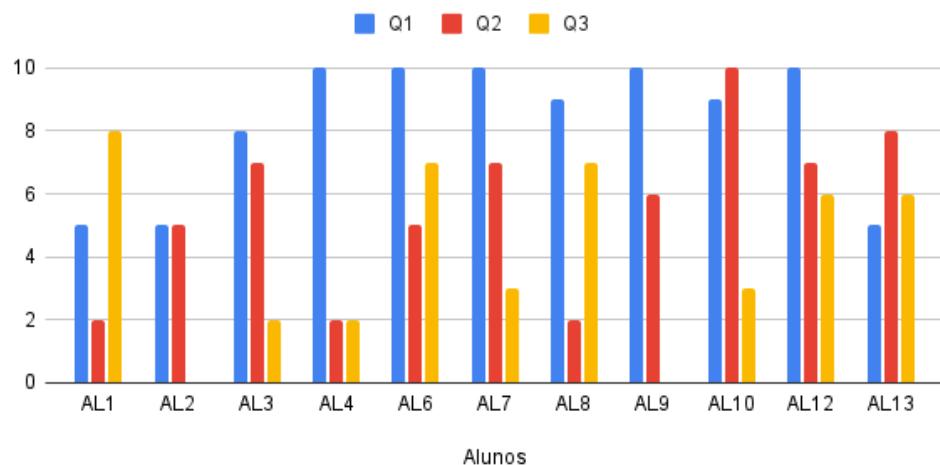
As outras duas questões, 4 e 5 são pessoais e, portanto, não podem ser classificadas segundo os critérios de correção.

Para melhor analisar o desempenho dos alunos nas três primeiras questões após correção, foi construído na Figura 4.15, um gráfico que demonstra as notas obtidas por cada aluno nas três questões que foram avaliadas. O gráfico contém um

comparativo das notas de cada aluno nas respectivas questões deste questionário (Q1, Q2 e Q3). Cabe ressaltar que os alunos AL5 e AL11 faltaram e portanto não realizaram esta atividade, sendo assim, não foram representados na Figura 4.15.

Figura 4.15 - Notas dos grupos para as respostas da questão Q1, Q2 e Q3 do questionário de organização de pensamento. Em azul encontram-se as notas obtidas na questão 1 (Q1), em vermelho as notas referente à questão 2 (Q2) e em amarelo as notas referente à questão 3 (Q3).

Notas dos alunos no questionário de organização de pensamento



Fonte: elaborada pela autora, no programa Google Planilhas, 2024.

Na Figura 4.15, há um gráfico onde o eixo “y” representa as notas obtidas, e o eixo “x” os alunos que responderam a este questionário. A coluna em azul representa as notas da questão 1 (Q1), enquanto as colunas em vermelho representam as notas obtidas na questão 2 (Q2), e as colunas em amarelo representam as notas obtidas na questão 3 (Q3). De acordo com a Figura 4.15, pode-se perceber que alguns alunos não possuem uma das colunas (AL2 e AL9) pois receberam nota zero nas mesmas. Pode-se notar também que alguns alunos foram muito bem em uma das questões, porém, não atingiram notas muito altas nas outras. A Figura 4.15, mostra os índices de acertos individuais de cada aluno.

As outras duas questões, 4 e 5 são pessoais, portanto não foram classificadas segundo os critérios de correção. No entanto, as respostas dos alunos são importantes para verificar o desempenho da SD e das metodologias utilizadas, para cada aluno.

A questão 4 continha o questionamento: “Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta”. Já, a questão 5 pergunta: “Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou”. No Quadro 4.16, encontram-se as respostas dos alunos para as questões 4 e 5.

Quadro 4.16 - Respostas de cada aluno para a questão 4, “Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta.” e para a questão 5 “Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou”.

| Alunos | Respostas à questão 4 | Respostas à questão 5 |
|--------|--|--|
| AL1 | “Cada experimento me deixou cada vez mais curiosa querendo saber o processo.” | “A levar esses experimentos para o futuro.” |
| AL2 | “Sim.” | “Sim.” |
| AL3 | “Sim, por conta que vendo como realmente acontece ajuda a compreender melhor.” | “Sim o momento dos experimentos.” |
| AL4 | “Sim demonstrou que esses experimentos realizados são verdadeiros.” | “Sim, o que mais me motivou foi o experimento de indução que foi explicado na aula.” |
| AL5 | FALTA | FALTA |
| AL6 | “Sim, pois trazem mais curiosidade e vontade de saber mais.” | “Sim, ficar por dentro e aprender mais.” |
| AL7 | “Sim, porque tivemos experimentos que comprovam tudo que aprendemos.” | “Sim porque vimos na prática como funciona o campo elétrico, campo magnético e o processo de indução.” |
| AL8 | “Sim, vendo como funciona é mais fácil entender.” | “Sim, os experimentos motivaram por ser mais interessante.” |
| AL9 | “Sim.” | “Sim.” |
| AL10 | “Sim, pois a prática de | “Sim, pois tornou mais divertido.” |

Continua...

| | | |
|-------------|---|--|
| | experimentos colabora para a compreensão do conteúdo.” | |
| AL11 | FALTA | FALTA |
| AL12 | “Sim pois me mostrou que esses experimentos realizados na sala de aula são provados empiricamente.” | “Sim, me mostrou que estudar Física não é apenas fórmulas e teorias.” |
| AL13 | “Sim, pois estamos fazendo presencialmente os experimentos que ajudam na hora de tirar dúvidas.” | “Sim, o que me motivou foi quando fomos nós mesmos fazer os experimentos.” |

Fonte: a autora.

Como é possível notar pelas respostas do Quadro 4.16, a maioria dos alunos acredita que os experimentos auxiliaram na compreensão dos fenômenos. O que mais chamou a atenção deles foi o fato de poderem aprender conceitos físicos por meio de experimentos que eles mesmos manipularam.

Quanto às notas de participação da aula 5, foram classificadas levando em consideração as particularidades de cada aluno. Nesta aula, por meio de uma roda de conversa, foi demonstrado o experimento da Lei de Faraday como uma maneira de relembrar os fenômenos observados no processo de indução. Também foi realizada uma revisão de vários conceitos e do comportamento do gráfico construído na aula anterior. Algumas aplicações de indução eletromagnética foram estudadas e a Lei de Faraday foi definida, para melhor exemplificar o funcionamento do motor elétrico e do carregador por indução foi apresentado aos alunos dois vídeos de cada uma das aplicações que explicavam seus funcionamentos, para serem discutidos em sala. Ao término também foi aplicado o questionário de organização de pensamento.

Ao decorrer de toda esta abordagem alguns alunos tiveram maior participação durante a roda de conversa, e isto foi levado em consideração. Neste dia, os alunos AL5 e AL11 faltaram. No Quadro 4.17 encontram-se os conceitos e notas de cada aluno acerca de sua participação durante toda a aula 5.

Quadro 4.17 - Notas e conceitos da participação na aula 5 da SD.

| ALUNO | CONCEITO | NOTA |
|-------|------------|------|
| AL1 | Suficiente | 9 |
| AL2 | Suficiente | 9 |
| AL3 | Suficiente | 9 |
| AL4 | Adequado | 10 |
| AL5 | FALTA | 0 |
| AL6 | Suficiente | 9 |
| AL7 | Adequado | 10 |
| AL8 | Adequado | 10 |
| AL9 | Suficiente | 9 |
| AL10 | Suficiente | 9 |
| AL11 | FALTA | 0 |
| AL12 | Adequado | 10 |
| AL13 | Adequado | 10 |

Fonte: a autora.

4.3.6 Aplicação Aula 6

Nesta aula estavam presentes 12 alunos. A seguir, serão relatados os detalhes de toda a aula, descrevendo as participações dos alunos durante as atividades propostas e analisadas as respostas dos questionários: de questões objetivas e no questionário avaliativo final.

4.3.6.1 Relato Aula 6

No início da aula, foi realizada uma revisão dos conceitos sobre indução eletromagnética e o funcionamento de alguns equipamentos. Nesta aula, também foi apresentado o funcionamento de um dínamo, por meio de imagens, e explicando o seu funcionamento.

Em seguida, os alunos responderam ao questionário de questões objetivas com quatro perguntas contendo alternativas de múltipla escolha, que tratavam de

aplicações e alguns dos conceitos já estudados.

Durante a realização deste questionário, um aluno lembrou que, após a primeira aula, ele e alguns colegas encontraram a professora no corredor do colégio e conversaram sobre o que seria “cargas magnéticas”. Neste dia, lembraram que haviam respondido a uma questão do questionário diagnóstico preliminar que perguntava sobre este assunto, e então a professora relembrou que a algumas aulas anteriores eles haviam realizado uma atividade em sala que perguntava o que ocorria ao quebrar um ímã em barra, ao meio, e que neste momento aprenderam que não existem monopolos magnéticos, contudo, na última questão do primeiro questionário estes alunos disseram que não haviam relacionado este conceito de monopolo magnético ao termo “carga magnética” que estava presente na questão 7 do questionário diagnóstico preliminar.

Desta forma, a professora realizou uma revisão do que seriam cargas elétricas e quais seus nomes, fazendo um comparativo do que seriam cargas magnéticas e associando aos pólos norte e sul magnéticos.

Ao término desta revisão, a professora decidiu conversar com os alunos sobre o questionário, e informou ser desta maneira que os vestibulares costumam abordar sobre indução eletromagnética em suas provas. Ressaltou também que, em vestibular, é necessário interpretar todas as palavras de uma afirmativa para buscar a resposta mais coerente à questão. Então, ela leu com eles as questões objetivas do questionário, para que pudessem discutir o que cada uma delas se tratava. Os alunos então apresentavam as respostas que haviam associado às questões, podendo então verificar se os seus raciocínios estavam corretos. Tal questionário aplicado pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de Coleta de Dados) deste trabalho, descrito como A5: Questionário questões objetivas.

Por fim, os alunos responderam ao questionário avaliativo final que continha as mesmas 7 questões que responderam na primeira aula. Tal questionário pode ser encontrado no Apêndice A (Material do Aluno(a): Instrumento de Coleta de Dados) deste trabalho, descrito como A6: Questionário Avaliativo final. Para responder, os alunos se espalharam pela sala e foi solicitado que buscassem responder a todas as questões com as suas palavras e de acordo com o que aprenderam no decorrer das aulas da SD.

4.3.6.2 Resultados Aula 6

Nesta seção serão analisados os resultados obtidos na aula 6 pelos questionários aplicados. Como na aula foram aplicados dois questionários, cada um deles será analisado separadamente.

Questionário questões objetivas

Para análise das respostas foram levadas em conta as respostas corretas para cada questão que pode ser encontrada no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B5: Respostas e comentário sobre Questionário questões objetivas. Nesta atividade os alunos tinham que assinalar as respostas de 4 exercícios do ENEM e vestibular que envolviam os assuntos tratados nas aulas anteriores.

Responderam a este questionário os 12 alunos, assim, no Quadro 4.18 encontram-se as quantidade de alunos que acertaram ou que erraram cada questão.

Quadro 4.18 - Número de acertos e erros dos 4 exercícios do questionário questões objetivas.

| Exercícios | Número de acertos | Número de erros |
|-------------|-------------------|-----------------|
| Exercício 1 | 12 | 0 |
| Exercício 2 | 8 | 4 |
| Exercício 3 | 12 | 0 |
| Exercício 4 | 12 | 0 |

Fonte: a autora.

Os alunos foram bem nesta atividade acertando a grande maioria das questões. Somente no exercício 2 que quatro alunos responderam a alternativa A e a resposta era alternativa B. Todavia estas respostas incorretas podem ter ocorrido pois a alternativa citava o termo “temperatura” e a questão tratava de um forno.

Questionário Avaliativo final

Para análise das respostas deste questionário foram levadas em conta as respostas esperadas que podem ser encontradas no Apêndice B (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B6: Respostas esperadas para o Questionário Avaliativo final e os critérios de correção já citados na seção 3.2.

As notas obtidas por cada aluno estão representadas na Tabela 4.3. Vale ressaltar que um dos alunos (AL11) por motivos pessoais não respondeu ao questionário e participou somente da primeira aula da SD, portanto as notas do mesmo não foram computadas na Tabela 4.3 a seguir.

Tabela 4.3 - Notas do questionário avaliativo final referente às sete questões respondidas pelos 12 alunos.

| Alunos | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|
| AL1 | 5 | 8 | 4 | 10 | 3 | 0 | 0 |
| AL2 | 10 | 7 | 8 | 10 | 2 | 1 | 0 |
| AL3 | 10 | 10 | 0 | 2 | 8 | 2 | 0 |
| AL4 | 8 | 10 | 8 | 10 | 8 | 2 | 0 |
| AL5 | 10 | 10 | 8 | 8 | 3 | 2 | 0 |
| AL6 | 5 | 5 | 9 | 7 | 8 | 2 | 0 |
| AL7 | 10 | 6 | 7 | 10 | 7 | 0 | 0 |
| AL8 | 10 | 7 | 8 | 0 | 8 | 2 | 0 |
| AL9 | 5 | 10 | 6 | 10 | 7 | 2 | 0 |
| AL10 | 10 | 10 | 9 | 7 | 7 | 2 | 0 |
| AL11 | - | - | - | - | - | - | - |
| AL12 | 8 | 0 | 8 | 10 | 8 | 9 | 0 |
| AL13 | 5 | 8 | 4 | 3 | 6 | 2 | 0 |

Fonte: a autora.

Para inferir o desenvolvimento dos alunos ao longo da aplicação da SD, será realizada uma comparação das notas, respostas e porcentagem de acertos obtidos pelos alunos nos dois questionários como meio de identificar o antes e depois das respostas de cada aluno.

Na comparação dos questionários diagnóstico preliminar (A1), e avaliativo final (A6), ambos compostos por sete questões norteadoras, é possível comparar os resultados de acordo com os conceitos recebidos pelos alunos em cada questão. Considerando as notas que foram adotadas no critério de correção deste trabalho, de 0 a 10, pode-se calcular uma média destas notas como sendo 5. Pode-se, então, dividir estes critérios em dois grupos, o grupo com respostas “acima da média”, que será composto pelas respostas que se encaixam nos conceitos “Suficiente” e “Adequado”, e no grupo com respostas consideradas “abaixo da média”, que será composto pelas respostas que se encaixam nos conceitos “Insuficiente” e “Parcialmente suficiente”.

A Tabela 4.4 apresenta o número de alunos classificados em cada conceito, por questionário referente às suas respostas da questão 1.

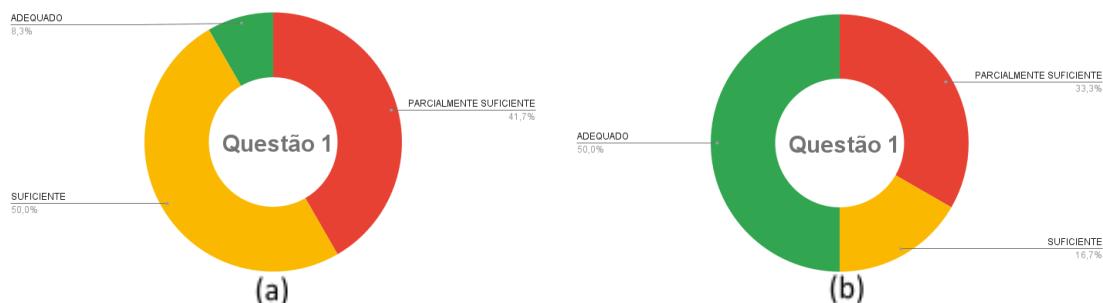
Tabela 4.4 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 1 dos questionários diagnóstico e avaliativo.

| Conceitos | Questionário diagnóstico | Questionário avaliativo |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Insuficiente | 0 | 0 |
| Parcialmente suficiente | 5 | 4 |
| Suficiente | 6 | 2 |
| Adequada | 1 | 6 |

Fonte: a autora.

Comparando as notas das respostas obtidas nos dois questionários, a Figura 4.16(a) apresenta a porcentagem de alunos em relação a cada nível de compreensão alcançado nas respostas da questão 1 do questionário diagnóstico. Na Figura 4.16(b), mostra a porcentagem de alunos em relação a cada nível de compreensão alcançado nas respostas da questão 1 do questionário avaliativo.

Figura 4.16 - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 1 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 1 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor vermelha a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como “Adequado”.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

Como é possível notar pela Tabela 4.4, no exercício 1 do questionário avaliativo final 6 alunos alcançaram o conceito de resposta como “Adequado”, isso aconteceu pois eles citaram a corrente elétrica como maneira de criar campo magnético. Pode-se notar uma melhora significativa, afinal, de acordo com a Figura 4.15(b), 50% dos alunos atingiram a nota máxima em suas respostas, representando um aumento de 41,7% dos alunos que chegaram ao conceito de resposta “Adequado”, se comparado com o resultado do questionário diagnóstico preliminar (Figura 4.15(a)).

A Figura 4.16(a) mostra que para a questão 1, inicialmente no questionário diagnóstico 58,3% dos alunos tiveram suas respostas consideradas “acima da média” e no questionário final (Figura 4.16(b)), houve um aumento dessa porcentagem para 66,7%, sendo a maioria destas respostas classificadas com o conceito “Adequado” (50,0%). Desta forma, no Quadro 4.19 é possível analisar as mudanças nas respostas dos alunos em ambos questionários.

Quadro 4.19- Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 1 (Para você, quais as maneiras possíveis de criar campo magnético? Cite pelo menos uma:”)

| Alunos | Resposta do questionário diagnóstico | Resposta do questionário avaliativo |
|--------|--|-------------------------------------|
| AL1 | “Ímã e energia passando em dois fios.” | “O ímã.” |

Continua...

| | | |
|-------------|--|---|
| AL2 | “Ímã.” | “Uma maneira de criar um campo magnético é por meio de uma corrente em um condutor, como um fio e o ímã.” |
| AL3 | “Ímã. Através das correntes elétricas.” | “Cargas elétricas em movimento, ímã.” |
| AL4 | “Energia passada por dois fios e pelo ímã.” | “Dois fios conectados em uma bateria e ímã.” |
| AL5 | “Com energia passada por dois cabos, geram campo magnético.” | “Corrente elétrica no fio e ímã.” |
| AL6 | “Sim, ímã.” | “Com o ímã.” |
| AL7 | “É possível criar um campo magnético através da eletricidade e por ímãs.” | “Através da corrente elétrica podemos gerar campo magnético e ímãs.” |
| AL8 | “Um ímã é capaz de criar campo magnético.” | “Cargas elétricas em movimento e o ímã.” |
| AL9 | “Ímã, eletricidade.” | “Ímã.” |
| AL10 | “Ímã, energia entre dois fios.” | “Passando corrente elétrica através de um fio, e o ímã.” |
| AL11 | “Ímã, energia passando em dois fios.” | ALUNO NÃO RESPONDEU |
| AL12 | “Uma maneira podemos utilizar dois ímãs aproximando ambos, assim gerando campo magnético, outra maneira é com corrente elétrica para isso é utilizado duas linhas passando corrente contínua as linhas se aproximam já corrente alternada elas aproximaram.” | “Um fio conectado a uma bateria gera campo magnético e um ímã.” |
| AL13 | “A energia conduzida por fios.” | “Sim, a utilização de ímãs permanentes.” |

Fonte: a autora.

Como pode ser visto no Quadro 4.19, alguns termos como “corrente elétrica”, “condutor”, “cargas elétricas em movimento” não haviam aparecido no questionário diagnóstico preliminar, mostrando assim, uma mudança significativa nas respostas dos alunos a essa pergunta. A Tabela 4.5 apresenta o número de alunos

classificados em cada conceito por questionário referente às respostas da questão 2.

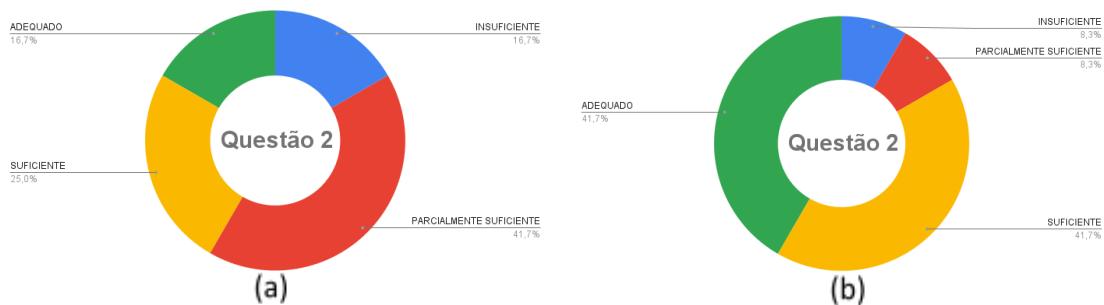
Tabela 4.5 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 2 dos questionários diagnóstico e avaliativo.

| Conceitos | Questionário diagnóstico | Questionário avaliativo |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Insuficiente | 2 | 1 |
| Parcialmente suficiente | 5 | 1 |
| Suficiente | 3 | 5 |
| Adequada | 2 | 5 |

Fonte: a autora.

Para comparar os resultados referentes à questão 2, a Figura 4.17(a), apresenta a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 2 para o questionário diagnóstico. Já, a Figura 4.17(b) mostra a comparação da porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 2 para o questionário avaliativo.

Figura 4.17 - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 2 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 2 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como “Adequado”.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

Na Tabela 4.5, verifica-se que 5 alunos alcançaram o conceito de resposta como “Adequado” no exercício 2 do questionário avaliativo, representando um aumento de 3 alunos ou de 25% se comparados com o questionário diagnóstico

(Figura 4.17(a)) do questionário avaliativo da Figura 4.17(b). Houve também uma diminuição para 8,3% na porcentagem de respostas classificadas como “Insuficiente”.

De acordo com a Figura 4.17(a), somente 41,7% alunos tiveram suas respostas consideradas “acima da média”. No questionário avaliativo (Figura 4.17(b)), houve um aumento dessa porcentagem para 83,4%, sendo que desta porcentagem 41,7% destas respostas foram classificadas como “Adequado”.

Para melhor verificar as mudanças nas respostas dos alunos em ambos os questionários, analisa-se o Quadro 4.20.

Quadro 4.20 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 2 (“Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético? Explique:”).

| Alunos | Resposta do questionário diagnóstico | Resposta do questionário avaliativo |
|--------|---|--|
| AL1 | “Não, não há relação direta.” | Sim, esse campo magnético pode interagir com outros objetos magnéticos ou com outras correntes elétricas.” |
| AL2 | “Sim, mas não consigo justificar a minha resposta.” | “Sim, a uma interação corrente elétrica e campo magnético.” |
| AL3 | “Sim, o campo magnético é criado através da corrente elétrica.” | “Sim, o campo magnético é criado através da corrente elétrica.” |
| AL4 | “Sim, os dois tem potencial de força.” | “Sim, são dois potenciais, o qual a corrente produz um campo magnético com a mesma força da corrente.” |
| AL5 | “Sim, pois a corrente elétrica passada por um cabo desencapado gera campo magnético.” | “A corrente elétrica passando no fio gera campo magnético.” |
| AL6 | “Sim, há relações entre eles.” | “Na minha visão sim, mas não consigo explicar.” |
| AL7 | “Sim possui, a corrente elétrica tem as mesmas propriedades magnéticas.” | “Sim, a corrente elétrica tem as mesmas propriedades do campo magnético.” |

Continua...

| | | |
|-------------|---|---|
| AL8 | “Há relações, por exemplo, quando fios criam campo magnético.” | “Sim, juntos se transformam em energia.” |
| AL9 | “Sim, não consigo justificar.” | “Sim, quando uma corrente elétrica passa por um condutor ele cria campo magnético.” |
| AL10 | “Sim, tem como exemplo o campo magnético criado pela energia passando por dois fios.” | “Sim, pois o campo magnético é criado através da corrente elétrica.” |
| AL11 | “Sim, eu acredito que toda corrente elétrica está dentro de um campo magnético.” | ALUNO NÃO RESPONDEU |
| AL12 | “São dois potenciais de força que possuem campos, são eles campo elétrico e magnético.” | “São dois potenciais de campos.” |
| AL13 | “Sim, pois ambos tem eletricidade em si.” | “Sim quando uma corrente elétrica flui através de um condutor.” |

Fonte: a autora.

Nota-se de acordo com o Quadro 4.20, alguns alunos que não haviam conseguido explicar se existia relação entre corrente elétrica e campo magnético posteriormente afirmaram haver uma “interação” entre eles e, mesmo que alguns deles não tenham alcançado o conceito da resposta como “Adequado”, conseguiram uma melhor nota no questionário avaliativo. Três alunos alcançaram (alunos AL4, AL9 e AL10) o conceito para a resposta como “Adequado”, obtendo nota máxima.

Alguns alunos não tiveram nenhuma mudança em suas respostas (alunos AL6, AL7 e AL12). Na Tabela 4.6 apresenta-se o número de alunos classificados em cada conceito por questionário referente às respostas da questão 3.

Tabela 4.6 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 3 dos questionários diagnóstico e avaliativo.

| Conceitos | Questionário diagnóstico | Questionário avaliativo |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Insuficiente | 4 | 1 |
| Parcialmente suficiente | 8 | 2 |
| Suficiente | 0 | 9 |

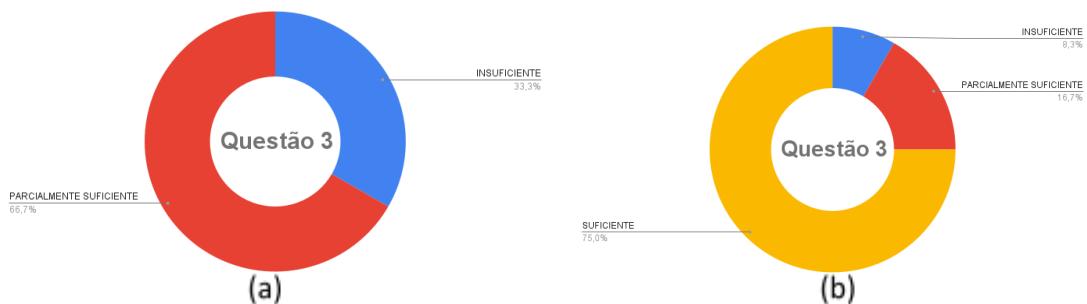
Continua...

| | | |
|----------|---|---|
| Adequada | 0 | 0 |
|----------|---|---|

Fonte: a autora.

Comparando agora os resultados obtidos na questão 3, a Figura 4.18(a) apresenta a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 3 para o questionário diagnóstico. Já, a Figura 4.18(b) mostra a comparação da porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 3 para o questionário avaliativo.

Figura 4.18 - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 3 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 3 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente” e a cor amarela como “Suficiente”.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

Como é possível notar na Tabela 4.6, no exercício 3 do questionário avaliativo final, 9 alunos alcançaram o conceito de resposta como “Suficiente”, pois citaram questões coerentes que explicam muito bem que a variação gera corrente elétrica.

Ao comparar a respostas obtidas na questão, verifica-se na Figura 4.18(a) que 100,0% dos alunos tiveram suas respostas consideradas “abaixo da média” e no questionário avaliativo (Figura 4.18(b)), somente 25,0% das respostas dos alunos foram consideradas “abaixo da média”, isso significa que houve um aumento de 75,0% dos alunos que tiveram suas respostas consideradas “acima da média” e classificadas como “Suficiente”.

Com o Quadro 4.21 pode-se analisar as mudanças nas respostas dos alunos em ambos questionários.

Quadro 4.21 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 3 (“O que você imagina que possa ocorrer ao variar (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.”).

| Alunos | Resposta do questionário diagnóstico | Resposta do questionário avaliativo |
|---------------|--|---|
| AL1 | “Ao variar a posição de um campo magnético em relação a objeto, ocorre uma alteração na intensidade.” | “Essa variação pode influenciar a interação do campo magnético com objetos magnéticos ou com correntes elétricas próximas.” |
| AL2 | “Não sei.” | “Ao variar a posição do campo magnético em relação a um objeto condutor, pode ocorrer a indução eletromagnética.” |
| AL3 | “Ocorre a atração e a repulsão.” | “Ele produz mais campo magnético.” |
| AL4 | “Não sei.” | “Se colocarmos uma bobina próxima a esse campo, geramos corrente.” |
| AL5 | “Não sei a resposta.” | “Com a bobina próxima gera corrente elétrica.” |
| AL6 | “Mudança de fatores.” | “Ao variar produz corrente elétrica.” |
| AL7 | “Pode ocorrer atração e repulsão.” | “Ao variar um campo magnético podemos aumentar e diminuir a corrente elétrica.” |
| AL8 | “Assim como a posição, a intensidade e o tamanho do seu polo pode variar também.” | “Ao se movimentar, produz carga elétrica.” |
| AL9 | “Não sei.” | “Gera energia.” |
| AL10 | “A energia fica mais intensa ou moderada.” | “Precisa variar para que crie corrente elétrica.” |
| AL11 | “A intensidade e a carga do polo pode variar.” | ALUNO NÃO RESPONDEU |
| AL12 | “Aumento ou diminuição de sua força, quanto menor sua distância maior a força e quanto mais distante menor sua força.” | “Se colocarmos uma bobina próximo a esse campo podemos gerar corrente elétrica.” |

Continua...

| | | |
|-------------|--|---|
| AL13 | “A indução eletromagnética é a indução de cargas elétricas opostas.” | “Caso use o campo magnético para acender um led, quanto mais longe o campo magnético estiver mais fraca a luz do led ficará.” |
|-------------|--|---|

Fonte: a autora.

Como pode-se verificar no Quadro 4.21, alguns alunos no questionário diagnóstico haviam respondido “não sei” e posteriormente no questionário avaliativo conseguiram responder à questão. Trazendo muitos deles, uma resposta mais completa e com maiores notas, como pode ser notado no desempenho obtido na Figura 4.18(b).

Na Tabela 4.7 há o número de alunos classificados em cada um dos conceitos por questionário referente às respostas da questão 4.

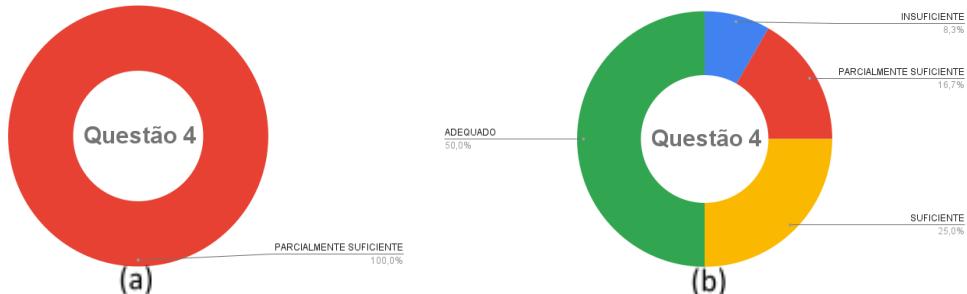
Tabela 4.7 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 4 dos questionários diagnóstico e avaliativo.

| Conceitos | Questionário diagnóstico | Questionário avaliativo |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Insuficiente | 0 | 1 |
| Parcialmente suficiente | 12 | 2 |
| Suficiente | 0 | 3 |
| Adequada | 0 | 6 |

Fonte: a autora.

Para comparar os resultados da questão 4 dos questionários, a Figura 4.19(a) mostra a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 4 para o questionário diagnóstico. Na Figura 4.19(b) a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 4 para o questionário avaliativo.

Figura 4.19 - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 4 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 4 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como “Adequado”.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

Como é possível notar na Tabela 4.7 no exercício 4 do questionário avaliativo final, 6 alunos alcançaram o conceito de resposta como “Adequado”, pois citaram que a variação do campo magnético próximo a um condutor gera corrente elétrica nele. Isto está representado na Figura 4.19(b), como um aumento de 50% dos alunos que responderam corretamente. Outros 3 alunos tiveram uma resposta que faltou alguns detalhes, mas demonstrou compreensão do conceito.

Nas respostas obtidas na questão 4 de acordo com a Figura 4.19(a) no questionário diagnóstico preliminar 100,0% dos alunos tiveram suas respostas classificadas como “Parcialmente suficiente” e assim consideradas “abaixo da média”, já no questionário avaliativo (Figura 4.19(b)) 50,0% das respostas receberam o conceito como “Adequado”, e 25,0% das respostas foram classificadas como “Suficiente”. Aumentando bastante a porcentagem de alunos em que as respostas foram consideradas “acima da média”.

Para melhor visualizar, no Quadro 4.22 é possível analisar as mudanças nas respostas dos alunos em ambos questionários.

Quadro 4.22 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 4 (“O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.”).

| Alunos | Resposta do questionário diagnóstico | Resposta do questionário avaliativo |
|--------|--|---|
| AL1 | “O processo é a base do funcionamento de geradores | “A variação de um campo magnético próximo a um condutor |

Continua...

| | | |
|-------------|---|---|
| | elétricos.” | elétrico gera uma corrente elétrica nesse condutor.” |
| AL2 | “É um fenômeno da Física.” | “É um processo pelo qual um campo magnético variável gerando uma corrente elétrica.” |
| AL3 | “É a variação como aproximar um objeto de um ímã.” | “Que ao aproximar um ímã aumenta a quantidade de linhas de campo.” |
| AL4 | “Induz a energia magnética de um corpo para outro.” | “A variação do campo magnético através de materiais condutores como a bobina, induz o surgimento de corrente elétrica.” |
| AL5 | “Um campo magnético que foi gerado por corrente elétrica passada por dois cabos.” | “Induzir corrente elétrica em uma bobina através do campo magnético.” |
| AL6 | “Conduz a induzir, forçar algo.” | “Para induzir corrente elétrica.” |
| AL7 | “Transporte de eletromagnetismo por meio de campos.” | “A indução eletromagnética é um fenômeno em que a variação de um campo magnético próximo a um condutor gera uma corrente elétrica no condutor.” |
| AL8 | “Induz energia a algo.” | “Nada.” |
| AL9 | “É um fenômeno que ocorre na Física.” | “É quando um campo magnético variável produz uma corrente elétrica em um circuito próximo.” |
| AL10 | “Os corpos se induzem, causando um campo magnético.” | “Quando tem campo variável produz energia.” |
| AL11 | “Uma energia induzida através de um campo magnético.” | ALUNO NÃO RESPONDEU |
| AL12 | “Dois pólos se atraindo pelo campo magnético.” | “A variação do campo magnético através de materiais condutores como a bobina, induz o surgimento de corrente elétrica.” |
| AL13 | “A indução eletromagnética é a indução de cargas elétricas opostas.” | “É o surgimento de uma corrente elétrica por de um condutor imerso em um já existente.” |

Fonte: a autora.

Ao comparar as respostas do Quadro 4.22 mudanças significativas são percebidas nos conceitos de indução eletromagnética nas respostas dos alunos. Na Tabela 4.8 há o número de alunos classificados em cada um dos conceitos por questionário referente às respostas da questão 5.

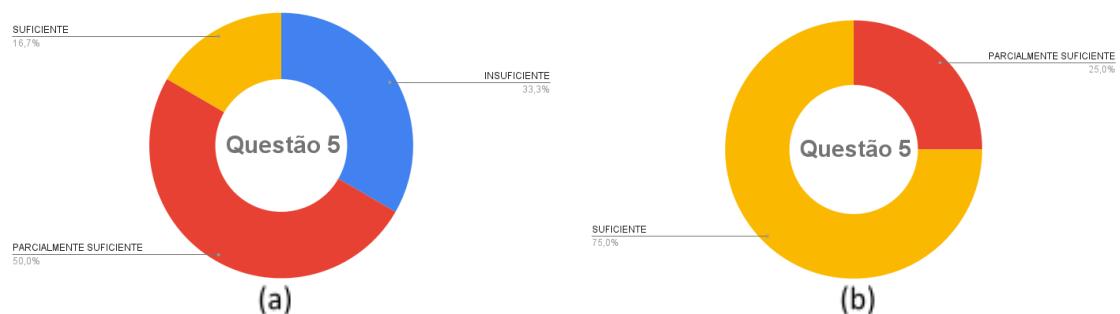
Tabela 4.8 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 5 dos questionários diagnóstico e avaliativo.

| Conceitos | Questionário diagnóstico | Questionário avaliativo |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Insuficiente | 4 | 0 |
| Parcialmente suficiente | 6 | 3 |
| Suficiente | 2 | 9 |
| Adequada | 0 | 0 |

Fonte: a autora.

Para comparar os resultados referentes à questão 5, a Figura 4.20(a) apresenta a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 5 para o questionário diagnóstico. Já, a Figura 4.20(b) mostra a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 5 para o questionário avaliativo.

Figura 4.20 - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 5 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 5 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente” e a cor amarela como “Suficiente”.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

No exercício 5, espera-se que os alunos recordem das aplicações trabalhadas em aula. Dessa forma, alunos que no questionário diagnóstico não conseguiram responder à pergunta, no avaliativo citaram as principais aplicações de indução eletromagnética apresentadas nas aulas anteriores.

Analizando a Figura 4.20(a), percebe-se que as respostas obtidas na questão 5 inicialmente no questionário diagnóstico, 33,3% das respostas foram classificadas como “Insuficiente” e somente 16,7% dos alunos tiveram suas respostas consideradas “acima da média” e classificadas como “Suficiente”. Já no questionário avaliativo (Figura 4.20(b)), houve um aumento dessa porcentagem para 75,0%, e nenhum aluno obteve a resposta classificada como “Insuficiente”.

No Quadro 4.23, analisa-se as mudanças nas respostas dos alunos em ambos questionários.

Quadro 4.23 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 5 (“Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?”).

| Alunos | Resposta do questionário diagnóstico | Resposta do questionário avaliativo |
|--------|---|---|
| AL1 | “No fogão.” | “Carregadores.” |
| AL2 | “Nos geradores de corrente alternada.” | “Não aplica a indução eletromagnética diretamente, mas esse fenômeno é aplicado em várias áreas da nossa vida.” |
| AL3 | “Nos motores e outras coisas como microondas.” | “Carregadores por indução fogão por indução.” |
| AL4 | “Podemos usar no fogão por indução para esquentar o alimento.” | “Usinas hidrelétricas fogões com indução e carregadores por indução.” |
| AL5 | “Podemos utilizar para colocar na porta da geladeira e freezer para lacrar melhor.” | “No fogão por indução.” |
| AL6 | “Nos fogões e chuveiros.” | “No fogão, no carregador de celular no motor.” |
| AL7 | “Podemos usar em ímãs.” | “Carregadores por indução e fogões.” |
| AL8 | “Não sei.” | “Em fogão carregador e motor |

Continua...

| | | |
|-------------|---|--|
| | | elétrico.” |
| AL9 | “Se aplica na bússola.” | “Carregador de celular por indução fogão por indução.” |
| AL10 | “É usada em fogões por indução, assim não há a existência de chamas.” | “Carregadores e fogões.” |
| AL11 | “Está presente em fogões, chapinhas de cabelo e utilizamos como uma fonte de calor sem precisar usar fogo.” | ALUNO NÃO RESPONDEU |
| AL12 | “Em geradores de pequena escala e grande escala, podemos utilizar para mover alguns sistema mecânico.” | “Temos o exemplo de usinas hidrelétricas, fogões e carregadores.” |
| AL13 | “Creio que pode ser usada para fechaduras eletrônicas.” | “Os carregadores de corrente alternada, podemos utilizar para gerar calor em utensílios de cozinha.” |

Fonte: a autora.

Como representado no Quadro 4.23, as respostas do questionário avaliativo em geral citam onde se aplica o processo de indução eletromagnética, não apresentando nenhuma resposta considerada “Insuficiente” ou que dizia não saber.

Na Tabela 4.9, há o número de alunos classificados em cada um dos conceitos por questionário referente às respostas da questão 6.

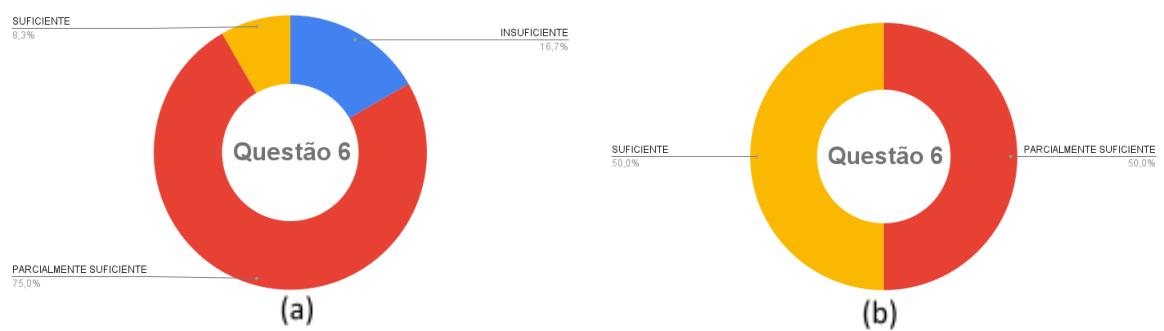
Tabela 4.9 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 6 dos questionários diagnóstico e avaliativo.

| Conceitos | Questionário diagnóstico | Questionário avaliativo |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Insuficiente | 2 | 0 |
| Parcialmente suficiente | 9 | 6 |
| Suficiente | 1 | 6 |
| Adequada | 0 | 0 |

Fonte: a autora.

Para comparar os resultados referentes à questão 6. A Figura 4.21(a), apresenta a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 6 para o questionário diagnóstico. A Figura 4.21(b), mostra a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 6 para o questionário avaliativo.

Figura 4.21 - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 6 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 6 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como “Adequado”.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

No exercício 6, após a aplicação da sequência didática, de acordo com a Figura 4.21(b), verifica-se que aumentou para 50% a porcentagem de alunos que responderam de forma “Suficiente” à pergunta, e os outros 50% responderam de forma “Parcialmente suficiente”. Nota-se também que, desta vez, nenhum aluno respondeu que “não sabia”; todos responderam que existe sim alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos, e a maioria tentou explicar qual seria essa relação.

De acordo com a Figura 4.21(a), nas respostas obtidas sobre a questão 6 inicialmente no questionário diagnóstico, apenas 8,3% dos alunos tiveram suas respostas consideradas “acima da média”. Já no questionário avaliativo (Figura 4.21(b)), houve um aumento dessa porcentagem para 50,0%.

No Quadro 4.24, analisa-se as mudanças nas respostas dos alunos em ambos questionários.

Quadro 4.24 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 6 (“Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique.”).

| Alunos | Resposta do questionário diagnóstico | Resposta do questionário avaliativo |
|--------|--|--|
| AL1 | “Não sei.” | “Sim.” |
| AL2 | “A corrente elétrica, não sei explicar.” | “Sim porque mais perto for os corpos maior o campo magnético.” |
| AL3 | “Sim.” | “Sim, todos possuem campo magnético.” |
| AL4 | “Sim, mas não sei explicar.” | “Sim, quanto mais próximo maior sua indução.” |
| AL5 | “Sim, porque os dois tem campo magnético.” | “Sim, mais próximo maior é a indução.” |
| AL6 | “Acredito que sim.” | “Sim, mas não sei explicar.” |
| AL7 | “Não sei te explicar.” | “Sim, existe uma relação entre o campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético.” |
| AL8 | “Sim, mas não consigo explicar.” | “Sim.” |
| AL9 | “Sim, não consigo justificar.” | “Sim, quando os corpos estão mais perto o campo magnético fica mais forte.” |
| AL10 | “Sim.” | “Sim.” |
| AL11 | “Sim, mas não sei explicar.” | ALUNO NÃO RESPONDEU |
| AL12 | “Sim, quanto mais perto maior a força de seu campo.” | “Sim, quanto mais próximo maior sua indução e maior sua distância menor sua indução.” |
| AL13 | “Sim, pois os dois possuem um campo magnético.” | “Sim, pois quanto mais perto mais forte ele será e quanto mais distante mais fraco ele será.” |

Fonte: a autora.

Com o Quadro 4.24 percebe-se que no questionário avaliativo nenhum aluno respondeu que “não”, a grande maioria tentou explicar sua resposta.

Na Tabela 4.10, há o número de alunos classificados em cada conceito por questionário referente às respostas da questão 7.

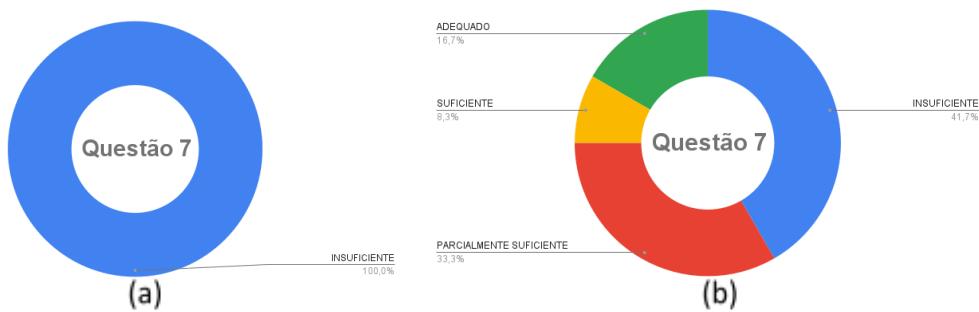
Tabela 4.10 - Número de alunos em cada conceito referente à questão 7 dos questionários diagnóstico e avaliativo.

| Conceitos | Questionário diagnóstico | Questionário avaliativo |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Insuficiente | 12 | 5 |
| Parcialmente suficiente | 0 | 4 |
| Suficiente | 0 | 1 |
| Adequada | 0 | 2 |

Fonte: a autora.

Para comparar os resultados referentes à questão 7, a Figura 4.22(a), mostra a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 7 para o questionário diagnóstico. A Figura 4.22(b) apresenta a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas da questão 7 para o questionário avaliativo.

Figura 4.22 - (a) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 7 do questionário diagnóstico; (b) Porcentagem de cada conceito obtido pelos alunos na questão 7 do questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como “Adequado”.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

A Figura 4.22(a) indica que 100% das respostas receberam a classificação como “Insuficiente”. Após as aulas, como se pode verificar na Figura 4.22(b), essa porcentagem diminuiu para 41,7%, sendo que 5 alunos ainda acreditam existir carga

magnética, e justificaram essa existência comparando com o campo magnético em ímã e na Terra. Contudo, demonstraram não saber qual a diferença de campo magnético para um monopolo magnético ou carga magnética.

Outros 4 alunos responderam que não existe carga magnética, mas, como não apresentaram nenhuma justificativa, tiveram as respostas classificadas como “Parcialmente suficiente”. Os demais responderam e justificaram suas respostas, sendo classificada como “Adequado”, pois realizaram comparações com carga elétrica e ressaltaram a não existência de cargas magnéticas que por sua vez não existiriam separadamente na natureza. Tais mudanças nas respostas encontram-se no Quadro 4.25, onde é possível analisar as alterações nas respostas dos alunos em ambos os questionários.

Quadro 4.25 - Respostas obtidas nos questionários diagnóstico e avaliativo, para a questão 7 (“Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.”).

| Alunos | Resposta do questionário diagnóstico | Resposta do questionário avaliativo |
|--------|---|--|
| AL1 | “Não sei.” | “Não existe.” |
| AL2 | “Não sei se existe, nunca pensei sobre isso.” | “Não existe uma carga magnética isolada na natureza.” |
| AL3 | “Sim, mas não consigo justificar.” | “Sim, mas não sei explicar.” |
| AL4 | “Sim, pois os ímãs naturais são exemplos de carga magnética.” | “Sim como exemplo a Terra, a qual faz que ela seja um grande ímã.” |
| AL5 | “Sim, pois existe uma rocha que tem campo magnético.” | “Não existe.” |
| AL6 | “Sim, com as placas tectônicas.” | “Não existe carga magnética na natureza.” |
| AL7 | “Sim, porque existe o campo magnético natural da Terra.” | “Na natureza não existem evidências de partículas elementares carregadas magneticamente como ocorre com as partículas carregadas eletricamente.” |
| AL8 | “Sim, as placas tectônicas.” | “Não existe.” |
| AL9 | “Não sei se existe.” | “Não.” |

Continua...

| | | |
|-------------|---|--|
| AL10 | “Sim, como existe nas placas tectônicas, que quando se chocam causam um movimento no solo, podendo causar tsunami, furacões etc.” | “Sim, o ímã por exemplo.” |
| AL11 | “Sim como exemplo as placas tectônicas que ao se chocarem liberam energia magnética.” | ALUNO NÃO RESPONDEU |
| AL12 | “Sim, com elementos com facilidade magnética..” | “Sim a própria Terra possui um forte campo magnético.” |
| AL13 | “Sim, pois creio que pode criar um movimento que possa gerar uma carga elétrica.” | “Os elétrons que tem carga elétrica negativa.” |

Fonte: a autora.

No Quadro 4.25, percebe-se que alguns alunos mudaram de opinião, afirmando não existir carga magnética, e alguns deles ainda justificaram muito bem suas respostas. Porém, alguns ainda associam carga magnética ao campo magnético e acreditam na sua existência.

De acordo com todas as análises realizadas, constata-se que em todos os 7 exercícios dos questionários houve uma melhora significativa nos conceitos, demonstrando, portanto, que as respostas obtiveram melhores resultados ao término da SD.

Quanto às notas de participação da aula 6, foram classificadas levando em consideração as particularidades de cada aluno. Como nesta aula, no início, foram realizadas revisões dos conceitos e aplicados dois questionários, a participação dos alunos foi analisada. Neste dia, o aluno AL11 faltou. No Quadro 4.26, encontram-se os conceitos e notas de cada aluno acerca de sua participação durante a aula 6.

Quadro 4.26 - Notas e conceitos da participação na aula 6 da SD.

| ALUNO | CONCEITO | NOTA |
|-------|----------|------|
| AL1 | Adequado | 10 |
| AL2 | Adequado | 10 |
| AL3 | Adequado | 10 |
| AL4 | Adequado | 10 |

Continua...

| | | |
|------|----------|----|
| AL5 | Adequado | 10 |
| AL6 | Adequado | 10 |
| AL7 | Adequado | 10 |
| AL8 | Adequado | 10 |
| AL9 | Adequado | 10 |
| AL10 | Adequado | 10 |
| AL11 | FALTA | 0 |
| AL12 | Adequado | 10 |
| AL13 | Adequado | 10 |

Fonte: a autora.

4.4 Análise e comparação geral dos questionários diagnóstico e avaliativo

Nesta seção, será realizada uma comparação dos resultados obtidos pelos questionários diagnóstico preliminar (A1) e avaliativo final (A6). Na seção anterior, as questões já foram analisadas separadamente, e cada uma recebeu seus respectivos conceitos. No entanto, para realizar uma comparação geral entre o antes e o depois da SD, é importante ressaltar que ambos os questionários foram aplicados, respectivamente, antes e após as aulas.

Para essa análise, serão somados o total de alunos classificados em todas as sete questões e em cada conceito alcançado por questionário, de acordo com os dados obtidos nas tabelas 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10, que serão consolidados e apresentados na Tabela 4.11 a seguir.

Tabela 4.11 - Soma do número de alunos em cada conceito referente a todas as sete questões dos questionários diagnóstico e avaliativo.

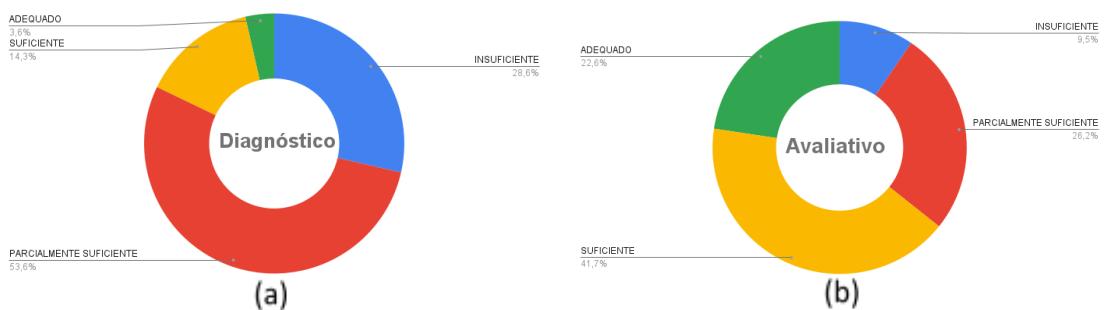
| Conceitos | Questionário diagnóstico | Questionário avaliativo |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Insuficiente | 24 | 8 |
| Parcialmente suficiente | 45 | 22 |
| Suficiente | 12 | 35 |
| Adequada | 3 | 19 |

Fonte: a autora.

Comparando os resultados gerais de todos os critérios, nota-se, de acordo com a Tabela 4.11, que no questionário diagnóstico a maioria dos alunos foi considerada “abaixo da média”, pois os conceitos obtidos por suas respostas foram classificados como “Insuficiente” ou “Parcialmente suficiente”. Já no questionário avaliativo, a maioria dos alunos encontra-se nos conceitos “Suficiente” e “Adequado”, sendo considerada “acima da média”.

Para visualizar melhor este resultado, a Figura 4.23(a) apresenta a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas de todas as questões do questionário diagnóstico e, a Figura 4.23(b) mostra a porcentagem de alunos referente a cada conceito alcançado nas respostas de todas as questões do questionário avaliativo.

Figura 4.23 - (a) Porcentagem da soma de cada conceito obtido pelos alunos em todo o questionário diagnóstico; (b) Porcentagem da soma de cada conceito obtido pelos alunos em todo o questionário avaliativo; Classifica-se com a cor azul a porcentagem de alunos que tiveram respostas que receberam o conceito como “Insuficiente”, a cor vermelha como “Parcialmente suficiente”, a cor amarela como “Suficiente” e a cor verde como “Adequado”.



Fonte: a autora, construído no programa Google Planilhas, 2024.

A Figura 4.23(a), mostra que em todas as questões somente 17,9% dos alunos tiveram suas respostas consideradas “acima da média”. Já no questionário avaliativo, houve um aumento para 64,3% dos alunos. Pode-se então afirmar que houve um aumento expressivo nas notas obtidas e uma grande mudança nos critérios, como já foi observado em cada questão separadamente.

Considerações Finais

Neste trabalho, buscou-se utilizar a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel através da elaboração e aplicação de uma SD que se mostrou eficiente para a construção de novos conhecimentos a partir dos conceitos prévios dos alunos. Ao conectar o conteúdo da Física ao cotidiano dos estudantes, a SD favoreceu a compreensão e a retenção dos conceitos abordados, como a indução eletromagnética e a Lei de Faraday.

Isso pode ser notado na análise da aplicação do PE, que permitiu que os alunos identificassem conceitos físicos, enriquecendo seus vocabulários, o que pode ser observado no aprimoramento dos conceitos obtidos nos questionários, no decorrer da aplicação da SD. Além disso, os experimentos realizados mostraram-se importantes para possibilitar aos alunos a observação dos fenômenos estudados. As rodas de conversa, além de aproximar os alunos e construir um ambiente mais próximo e de melhor comunicação com a professora, possibilitaram que a docente identificasse as compreensões e observações dos alunos para, assim, desenvolver as próximas abordagens. As análises do simulador e das aplicações realizadas nas aulas permitiu uma relação maior entre o que os alunos estavam estudando e as possíveis aplicações dos conceitos estudados em seu cotidiano.

A análise comparativa dos questionários diagnóstico e avaliativo realizada neste trabalho, apresentou uma melhora significativa no desempenho dos estudantes, evidenciado pelo aumento expressivo no número de respostas classificadas como "acima da média" no questionário avaliativo final.

Desta forma, ficou notório, após a aplicação da SD, que, ao identificar os conceitos prévios e utilizar um material contextualizado, é possível, desde que haja a participação ativa dos alunos, atingir uma melhoria significativa no aprendizado da Lei de Faraday; um assunto considerado difícil e abstrato no âmbito do Ensino Médio.

A exploração de conceitos físicos por meio de experimentos em sala de aula se mostrou essencial para despertar o interesse dos alunos e levá-los a participar das aulas com maior entusiasmo. Sabe-se que o interesse e vontade de aprender constitui um dos pilares fundamentais para ocorrer uma aprendizagem significativa. E, ficou nítido, ao longo da aplicação das atividades experimentais propostas neste

trabalho, que houve um aumento do interesse dos alunos em participar e discutir os fenômenos físicos estudados. Além disso, o uso da metodologia experimental e as rodas de conversas aumentaram o engajamento e a participação dos alunos durante as aulas, ilustrando que o uso de metodologias ativas deve ser constantemente considerado.

A partir dos resultados obtidos conclui-se que o PE desenvolvido e aplicado em uma turma do ensino médio, se mostrou eficaz, para auxiliar a aprendizagem da Lei de Faraday. Esse resultado indica que o uso de atividades experimentais tais como as que foram propostas na SD apresentada, possui um grande potencial para alavancar a aprendizagem de conceitos físicos. Assim, as atividades experimentais, de forma geral, são fundamentais e as apresentadas no Produto Educacional da SD podem ser consideradas como uma alternativa de ensino para os professores do Ensino Médio.

Referências Bibliográficas

- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução do original The acquisition and retention of knowledge (2000).
- BRASIL. *Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018, p. 559-560.
- CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, p. 41-51, 2007.
- CURVINA, B. B. *Construção de Kit Didático de experimentos fáceis e de baixo custo em Eletromagnetismo para o Ensino Médio*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Luís, 2019.
- FARES, M. I. E. *Aplicação da Lei de Lenz-Faraday em experimentos potencialmente significativos para o ensino aprendizagem*. 2017. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Cuiabá, 2017.
- FERREIRA, M. S. F. *Astrobiologia, uma motivação para o estudo de conceitos da termodinâmica em ciências da natureza*. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual de Maringá (UEM), Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Maringá, 2023. Disponível em: <<https://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php>> Acesso em: 07 nov. 2024.
- GRIFFITHS, D. J. *Eletrodinâmica*. 3. ed. Tradução Heloísa Coimbra de Souza; revisão técnica Antônio Manoel Mansanares. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.
- HALLIDAY, D.; RESNICK R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. v.3. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- HALLIDAY, D.; RESNICK R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. v.3. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- MARQUES, L. V. *Uma abordagem histórica da Indução Eletromagnética para o Ensino Fundamental - Os experimentos do Disco de Faraday e do Motor Homopolar*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física PROFIS) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

MARTINS, R. S. *Conduz ou não conduz? Uma forma lúdica de incentivar o processo de ensino-aprendizagem da eletrodinâmica*. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual de Maringá (UEM), Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Maringá, 2021. Disponível em: <<https://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php>> Acesso em: 10 nov. 2024.

MELO, M. C. H.; CRUZ, G. C. Roda de conversa: uma proposta metodológica para a construção de um espaço de diálogo no ensino médio. *Imagens da educação*, v. 4, n. 2, p. 31 - 39, 2014.

MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Editora UnB. Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? *Revista cultural La Laguna*, Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 21 out. 2024.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no século XXI: Desafios e equívocos. *Revista Professor de Física*, v. 2, n. 3, p. 80 - 94, Brasília, 2018. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/19959/18380>. Acesso em: 05 dez. 2024.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica: 3 Eletromagnetismo*. 3. ed. reimpressão. São Paulo: Blucher, 2007.

OSTERMANN, F; CAVALCANTI, C. J. H. *Teorias de aprendizagem*. Porto Alegre: UFRGS, 2011. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/sead/wp-content/uploads/2021/10/Teorias_de_Aprendizagem.pdf> Acesso em: 23 out. 2024.

REIS, T. O. *Estudo Experimental da Lei de Faraday da Indução Eletromagnética Utilizando um Smartphone e um Computador*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS). Universidade Federal de São Carlos UFSCar, Sorocaba, 2018.

REZENDE, S. M. *Materiais e Dispositivos Eletrônicos*. 4. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

RIOS, L. C; ARAÚJO, N. A. A roda de conversa como estratégia mediadora no ensino de ondulatória: utilizando a música “Certas Coisas” para ressignificar concepções. *Revista Práticas Docentes*, v. 6, n. 3, e092, 2021. Disponível em: <<http://doi.org/10.23926/RPD.2021.v6.n3.e092.id1277>> Acesso em: 15 dez. 2024.

SANTIAGO, A. J.; MACHADO, A. F.; SILVA. C. E.; PINHEIRO, L.; TAVARES JR. A. D. Construindo um motor elétrico de corrente contínua como aprendizagem ativa da Lei de Faraday. *Revista do Professor de Física*, Brasília, v. 2, n. 2, 2018.

SANTOS, L. S. B. *O Ensino da Lei de Faraday a Partir de Uma Abordagem Contextual Lúdica: Possíveis Caminhos para a Aprendizagem Significativa*. Dissertação Mestrado em Educação em Ciências e Matemática- Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2018.

SANTOS, M. A. *Maleta didática - Máquina de corrente contínua aplicada no ensino de eletromagnetismo para o Ensino Médio*. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Cuiabá, 2021.

SILVA, R. G.; FERNANDES, P. R. G. *Mergulhando no Eletromagnetismo: Experimentos para Desvendar a Lei de Faraday*, Produto Educacional, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá. A ser disponibilizado em: http://www.dfi.uem.br/prodeducacionais/mnpef/uem_prod.php.

SILVA, W. T. *Lei de Faraday: do senso comum a aprendizagem significativa*. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2021.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros: v. 2 - eletricidade e magnetismo, óptica*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

YOUNG, H D.; FREEDMAN, R. A. *Física III: Eletromagnetismo*. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Tradução de Ernani F. da F. Rosa. Reimpressão. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 2010.

Referências Audiovisuais

CADÊ O GATO?. Cooktop de indução - EOS CHEFF GOURMET [vídeo]. YouTube, 31 out. 2021. Disponível em: <<https://youtu.be/Y0fxHO8EI Eg>>. Acesso em: 27 jul. 2024.

INCRÍVEL. Como um Carregador Sem Fio Funciona e Como Ele Pode se Tornar Ainda Melhor [vídeo]. YouTube, 15 dez. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jlx aYFmeltg>>. Acesso em: 27 jul. 2024.

LESICS PORTUGUÊS. Como funciona o motor por indução? [vídeo]. YouTube, 05 abr. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AaotM_xbemU>. Acesso em: 27 jul. 2024.

MANUAL DO MUNDO. Como fazer um motor elétrico com um ímã (experiência de física) [vídeo]. YouTube, 09 set. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM>>. Acesso em: 20 jul. 2024.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Lei de Faraday [recurso interativo]. University of Colorado Boulder, 2017. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/faradays-law>. Acesso em: 15 nov. 2024.

ROMULO ALBUQUERQUE. Aula 15 transistor princípios de funcionamento [vídeo]. YouTube, 07 mar. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mUK6UwhY6o0>>. Acesso em: 25 jul. 2024.

Anexo 1 Termo de Autorização Institucional

A liberação será comprovada com o termo de concordância devidamente assinado pelo diretor da instituição.



ANEXO V da RESOLUÇÃO N.º 406/2018 – GS/SEED

CONCORDÂNCIA DA INSTITUIÇÃO COPARTICIPANTE

Declaramos para os devidos fins que a realização da pesquisa intitulada "Lei de Faraday: uma aplicação experimental", realizada por Rafaela Garbin da Silva, sob o RG: 13.258.840-6, nas dependências do Colégio Estadual do Campo Tereza Cristina está autorizada mediante entrega de Parecer do Comitê de Ética da Universidade Estadual de Maringá- UEM,

Colorado,03 de Agosto de 2023.

Nome e assinatura do Diretor

MARCIO BORDIN

RES [REDACTED]

RG [REDACTED]

Obs: a declaração deverá estar em papel timbrado ou carimbado pelo declarante

COLEGIO EST. DO CAMPO TEREZA CRISTINA
ENGENHO FUNDADO EM 1920
Rua São Paulo, 815 - Fone/Fax: (44) 3310-1121
CEP: 86695-000 - Cidade: Fazenda 245
Distr. Alto Alegre - COLORADO - PR

Anexo 2: Liberação COPEP- Comitê de ética

A liberação será comprovada através da cópia de partes do Parecer Consubstanciado do CEP. O documento possui o total de 7 páginas; no entanto, serão apresentadas somente partes das páginas 1, 6 e 7 que demonstram os dados e a aprovação do projeto. Cabe também ressaltar que o título do projeto submetido para aprovação era “Lei de Faraday: Uma aplicação experimental”; contudo, durante a construção desta dissertação os autores resolveram modificar o título para melhor descrever o trabalho, que foi alterado para “Explorando o eletromagnetismo: uma sequência didática com experimentos para desvendar a Lei de Faraday”.

| | | |
|---|-------------------------------------|--|
|  | UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ |  |
| PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP | | |
| DADOS DO PROJETO DE PESQUISA | | |
| Titulo da Pesquisa: Lei de Faraday: Uma aplicação experimental | | |
| Pesquisador: PAULO RICARDO GARCIA FERNANDES | | |
| Área Temática: | | |
| Versão: 2 | | |
| CAAE: 74033523.9.0000.0104 | | |
| Instituição Proponente: UEM-CCE-DFI - Departamento de Física | | |
| Patrocinador Principal: Financiamento Próprio | | |

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|---------------------|--------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJECTO_2203698.pdf | 23/10/2023 19:42:56 | | Aceito |
| Outros | Resposta ao Parecer.pdf | 23/10/2023 19:30:57 | PAULO RICARDO GARCIA FERNANDES | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | PROJETO_RAFAELA_GARBIN_Paulo_Ricardo_Outubro_2023.pdf | 23/10/2023 19:29:23 | PAULO RICARDO GARCIA FERNANDES | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TALE_RAFAELA.pdf | 23/10/2023 19:26:03 | PAULO RICARDO GARCIA FERNANDES | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_RAFAELA.pdf | 23/10/2023 19:25:46 | PAULO RICARDO GARCIA FERNANDES | Aceito |
| Brochura Pesquisa | INSTRUMENTO_DE_COLETA_DE_DA_DOS_Agosto_2023.pdf | 08/09/2023 15:08:31 | PAULO RICARDO GARCIA | Aceito |

Continuação do Parecer: 6.536.979

| | | | | |
|--|---|---------------------|--------------------------------|--------|
| Brochura Pesquisa | INSTRUMENTO_DE_COLETA_DE_DA_DOS_Agosto_2023.pdf | 08/09/2023 15:08:31 | FERNANDES | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | Termo_de_Concordancia_do_Nucleo_ANEXOVI_RAFAELA.pdf | 05/09/2023 19:27:47 | PAULO RICARDO GARCIA FERNANDES | Aceito |
| Folha de Rosto | Folha_de_Rosto.pdf | 29/08/2023 20:02:26 | PAULO RICARDO GARCIA FERNANDES | Aceito |
| Declaração de concordância | Declaracao_de_Concordancia_Anexo_5.pdf | 29/08/2023 11:23:58 | PAULO RICARDO GARCIA FERNANDES | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MARINGA, 28 de Novembro de 2023

Assinado por:
Maria Emilia Grassi Bustos Miguel
 (Coordenador(a))

Anexo 3: Declaração de Revisão Ortográfica

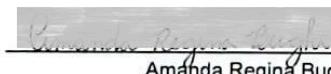
A correção ortográfica deste trabalho será comprovada por meio da Declaração de Revisão Ortográfica devidamente assinada pela professora responsável.

Declaração

Eu, Amanda Regina Bughi, portadora do RG: 10.158.863-7, residente no município de Colorado, estado do Paraná, licenciada em Letras pela UNESPAR- Universidade Estadual do Paraná- Campus de Paraná, atualmente professora na rede pública de ensino do Estado do Paraná, declaro, para os devidos fins e a quem interessar que realizei a revisão ortográfica em Língua Portuguesa da dissertação de mestrado: "EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY", bem como, do Produto Educacional: "MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY".

Por ser expressão de verdade, firmo a presente declaração.

Colorado-PR, 24 de abril de 2025.



Amanda Regina Bughi
RG: 10.158.863-7

Apêndice A - Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao aluno, contendo os passos a serem realizados nos experimentos e os questionários propostos pela Sequência Didática.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MATERIAL DO ALUNO(A): INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Este material de apoio ao aluno(a), contém os questionários propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDER A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDER A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva

Paulo Ricardo Garcia Fernandes

A1: Questionário diagnóstico preliminar

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: _____

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?

Explique:

R: _____

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: _____

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: _____

5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: _____

6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: _____

7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: _____

A2: Questionário Atividade rotação por estações

ESCOLA: _____ TURMA: _____
NOME: _____

Estação 1: Faça como Oersted

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Pegue o ímã em sua mão e passe próximo da bússola (sem encostar). Verifique o que aconteceu.

Passo 2: Afaste bem o ímã, pegue o fio de cobre enrolado (desconectado) passe sobre a bússola, depois verifique se algo acontece.

Passo 3: Conecte o fio de cobre na mini *protoboard* em série com as pilhas formando um circuito elétrico, passe-o próximo da bússola e verifique se algo acontece (Atenção não deixe o circuito conectado por muito mais do que 1 minuto para manter as pilhas em seu bom funcionamento).

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que você observa com o ponteiro da bússola ao passar o ímã e o circuito elétrico próximo a ela?

R: _____

- 2) Qual a relação existente entre o ímã e o circuito elétrico? O que você pode concluir com este experimento?

R: _____

Estação 2: Motor elétrico

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte a bateria de 9V em série com os dois clipes, coloque os ímãs no centro do suporte de madeira, o fio enrolado (bobina) suspenso pelos dois clipes alinhado com o centro dos ímãs. Dê um pequeno impulso com o dedo na bobina de forma que comece a girar (se necessário repita este impulso algumas vezes até verificar que a bobina e os ímãs estão alinhados corretamente). Verifique o que acontece.

Passo 2: Retire e afaste os ímãs e veja o que ocorre.

Passo 3: Faça o mesmo com o circuito desconectado da bateria 9V.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que acontece quando giramos a bobina com o circuito ligado e com os ímãs abaixo dela? Tente explicar por qual motivo isso está acontecendo.

R: _____

- 2) Segundo o que foi observado, explique qual a relação entre o circuito elétrico e os ímãs que estão abaixo dele?

R: _____

- 3) Você acredita que corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético? Se sim, será que o oposto também funciona, ou seja, o campo magnético seria capaz de gerar corrente elétrica? Justifique sua resposta.

R: _____

Estação 3: Gerando corrente induzida.

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte o multímetro na mini *protoboard* (na escala de mA, para medir corrente contínua) em série com o fio enrolado.

Passo 2: Segure a seringa com os ímãs em repouso e observe o multímetro.

Passo 3: Chacoalhe a seringa, de forma que os ímãs fiquem balançando dentro dela, variando assim a posição e observe o que ocorre com o multímetro durante o processo.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Com os ímãs parados, o que se observa no multímetro? E com os ímãs em movimento, o que foi observado?

R: _____

- 2) Ao variar a posição dos ímãs, o que acredita que acontece com o campo magnético? Explique.

R: _____

- 3) Campo magnético é capaz de gerar corrente elétrica? Tente explicar como isso pode ocorrer.

R: _____

A3: Questionário Experimento da Lei de Faraday

ESCOLA: _____ TURMA: _____
NOME: _____

Experimento transmissor de energia à distância

Passo 1: Com o multímetro para medir corrente (escala de 20mA) conecte-o em série nos terminais da mini protoboard.

Passo 2: Ligue o circuito gerador conectado a fonte de tensão (suporte com duas pilhas de 1,5V AA). Observe que a bobina receptora pode mover-se.

Passo 3: Aproxime e afaste-a da bobina geradora e veja o que acontece.

Passo 4: Coloque a bobina receptora a uma distância de 0,0 cm da outra (medida observada nas réguas), aumente a distância de 0,5 cm afastando a bobina receptora da bobina geradora e anote a medida da corrente induzida (multímetro) de acordo com as distâncias na Tabela 1.

TABELA 1: Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i);

| Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ |
|---------------------------------------|--|--|--|
| 0,0 | | | |
| 0,5 | | | |
| 1,0 | | | |
| 1,5 | | | |
| 2,0 | | | |
| 2,5 | | | |
| 3,0 | | | |
| 3,5 | | | |
| 4,0 | | | |
| 4,5 | | | |
| 5,0 | | | |

Com as medidas realizadas, calcule a média dos valores de corrente i e construa um gráfico da corrente i pela distância d .

Em seguida responda às seguintes questões:

- 1) A distância influencia na corrente induzida? Qual a relação do campo magnético com a distância entre as bobinas?

R: _____

- 2) Qual interpretação você conseguiu concluir do gráfico construído? A relação do campo magnético com a distância é uma relação diretamente proporcional?

R: _____

- 3) De acordo com o que estudamos sobre o Transistor. Explique qual o papel dele no circuito. Diga se sem ele seria capaz de gerar a corrente induzida no experimento realizado?

R: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=15833000&dopt=Abstract

- 4) Tente descrever passo a passo do funcionamento do experimento, utilizando todos os conhecimentos adquiridos sobre o assunto:

A4: Questionário de organização de pensamento

ESCOLA: _____ TURMA: _____
NOME: _____

Atividade organizando o pensamento

De acordo com todos os conceitos estudados durante essa sequência didática responda às seguintes questões:

- 1) De acordo com tudo o que foi estudado em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday.

R: _____

- 2) Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia.

R: _____

- 3) O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias que existem hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?

R: _____

- 4) Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta.

R: _____

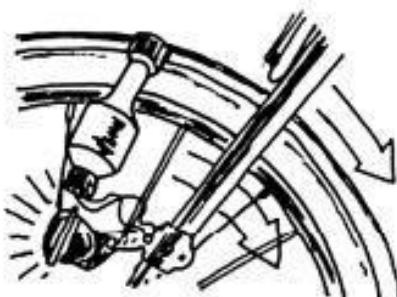
- 5) Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou.

R: _____

A5: Questionário questões objetivas

ESCOLA: _____ TURMA: _____
NOME: _____

- 1) (ENEM/2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador encontram-se um ímã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

- O princípio do funcionamento deste equipamento é explicado pelo fato de que a
- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
 - B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - C) bobina em atrito com o campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético
 - E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Fonte: Exercício número 80 ENEM 2010, 1º Dia – Caderno 4 – Rosa – Reaplicação/PPL

https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2010/2010_PV_reaplicacao_PPL_D1_CD4.pdf

Acesso em 10/10/2023.

- 2) (UCS) Um dos fornos mais utilizados em indústrias é o chamado forno de indução. Seu princípio de funcionamento está baseado na lei de Faraday, ou seja,
- A) temperatura homogênea no espaço vazio gera corrente elétrica.
 - B) fluxo magnético variando no tempo gera força eletromotriz induzida.
 - C) luz que varia de intensidade no espaço vazio gera condução térmica constante.
 - D) corrente elétrica constante em um condutor gera ponto de fusão variante no tempo.
 - E) pressão que varia sobre uma área gera convecção constante.

Fonte: Exercício número 1- <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/exercicios/11-87>. Acesso em 10/10/2023.

- 3) (ENEM/2023) O fogão por indução funciona a partir do surgimento de uma corrente elétrica induzida no fundo da panela, com consequente transformação de energia elétrica em calor por efeito Joule. A principal vantagem desses fogões é a eficiência energética, que é substancialmente maior que a dos fogões convencionais.
- A corrente elétrica mencionada é induzida por
- A) radiação.
 - B) condução.
 - C) campo elétrico variável.
 - D) campo magnético variável.
 - E) ressonância eletromagnética.

Fonte: Exercício número 101 ENEM 2023, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2023_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

- 4) (ENEM/2020) Em uma usina geradora de energia elétrica, seja através de uma queda d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas. Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do(a)
- A) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
 - B) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
 - C) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
 - D) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
 - E) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

Fonte: Exercício número 130 ENEM 2020, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo

https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2020_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

A6: Questionário Avaliativo final

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: _____

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?
Explique:

R: _____

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético?
Justifique sua resposta.

R: _____

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: _____

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: _____

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: _____

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: _____

Apêndice B - Material do Professor: Questionários com respostas esperadas

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao professor(a) com as devidas respostas esperadas a cada uma das questões dos questionários pertencentes à Sequência Didática, além de alguns comentários sobre o que se espera que os alunos observam e compreendam em alguns passos realizados nos experimentos.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MATERIAL DO PROFESSOR: QUESTIONÁRIOS COM RESPOSTAS ESPERADAS

Este material de apoio ao professor(a), contém as respostas esperadas para as questões dos questionários propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva

Paulo Ricardo Garcia Fernandes

B1: Respostas esperadas para o Questionário diagnóstico preliminar

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: A presença de dipolos magnéticos, como no caso do ímã e cargas elétricas em movimento.

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?
Explique:

R: Sim, a corrente elétrica produz a sua volta um campo magnético que é proporcional a sua intensidade.

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: O campo magnético ao variar pode induzir uma força eletromotriz que estabelece uma corrente elétrica.

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: Um fenômeno relacionado ao surgimento de uma corrente elétrica em um condutor exposto a uma variação de campo magnético.

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: O processo de indução eletromagnética aplica-se em geradores, motores, carregador por indução e fogão por indução. Para produzir corrente elétrica a distância.

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: As linhas de campo magnético de um corpo ficam menos intensas quando nos afastamos deste corpo.

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: Não existem monopolos magnéticos na natureza.

B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações

Estação 1: Faça como Oersted

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Pegue o ímã em sua mão e passe próximo da bússola (sem encostar). Verifique o que aconteceu.

Espera-se que o aluno verifique que a presença do ímã próximo à bússola faz com que o ponteiro dela varie, devido ao campo magnético ímã que interage com o campo magnético do ponteiro.

Passo 2: Afaste bem o ímã, pegue o fio de cobre enrolado (desconectado) passe sobre a bússola, depois verifique se algo acontece.

Espera-se que o aluno verifique que nenhum movimento diferente acontece no ponteiro da bússola, pois o fio de cobre desconectado de qualquer fonte elétrica não é capaz de produzir campo magnético e fazer o ponteiro da bússola variar sua posição.

Passo 3: Conecte o fio de cobre na mini *protoboard* em série com as pilhas formando um circuito elétrico, passe-o próximo da bússola e verifique se algo acontece (Atenção não deixe o circuito conectado por muito mais do que 1 minuto para manter as pilhas em seu bom funcionamento).

Espera-se que o aluno verifique que ao conectar o fio a uma mini *protoboard* e às pilhas forma-se um circuito elétrico e, com a aproximação da bússola verifica-se que ocorre uma deflexão do ponteiro devido ao campo magnético proveniente do circuito elétrico que interage com o ponteiro da bússola imantada.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

1) Descreva o que você observa com o ponteiro da bússola ao passar o ímã e o circuito elétrico próximo a ela?

R: Ambos fazem o ponteiro da bússola variar devido ao seu campo magnético que interage com o campo magnético do ponteiro.

2) Qual a relação existente entre o ímã e o circuito elétrico? O que você pode concluir com este experimento?

R: O ímã e o circuito possuem campo magnético. Pode-se concluir que corrente elétrica em um condutor pode gerar campo magnético como o de um ímã.

Estação 2: Motor elétrico

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte a bateria de 9V em série com os dois clipes, coloque os ímãs no centro do suporte de madeira, o fio enrolado (bobina) suspenso pelos dois clipes alinhado com o centro dos ímãs e dê um pequeno impulso com o dedo na bobina de forma que comece a girar (se necessário repita este impulso algumas vezes até verificar que a bobina e os ímãs estão alinhados corretamente). Verifique o que acontece.

Espera-se que os alunos verifiquem que após o impulso, a bobina continuará girando em torno do seu próprio eixo, sempre para um mesmo sentido. Pode ocorrer de não estar tão alinhado com o centro do ímã e assim parar de girar, portanto se for necessário o aluno deverá repetir até que tudo esteja alinhado e a bobina continue sempre girando.

Passo 2: Retire e afaste os ímãs e veja o que ocorre.

Espera-se que verifiquem que após a retirada dos ímãs, a bobina não continuará girando repetidamente como no passo 1.

Passo 3: Faça o mesmo com o circuito desconectado da bateria 9V.

Espera-se que verifiquem que se o circuito não estiver ligado a bobina não é capaz de continuar girando após cessado o impulso do dedo.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que acontece quando giramos a bobina com o circuito ligado e com os ímãs abaixo dela? Tente explicar por qual motivo isso está acontecendo.

R: A bobina continua girando. Com o circuito ligado a corrente elétrica flui na bobina gerando campo magnético ao seu redor, de acordo com a Lei de Ampère. Devido à proximidade dos ímãs com a bobina ocorre uma interação entre os campos magnéticos existentes, isto é, o campo dos ímãs com aquele gerado na bobina. Dessa interação entre os campos magnéticos resulta uma força resultante sobre a bobina fazendo com que ela gire continuamente parando seu movimento somente quando um dos campos cessar.

- 2) Segundo o que foi observado, explique qual a relação entre o circuito elétrico e os ímãs que estão abaixo dele?

R: Ambos possuem campo magnético.

- 3) Você acredita que corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético? Se sim, será que o oposto também funciona ou seja o campo magnético seria capaz de gerar corrente elétrica? Justifique sua resposta.

R: Sim, porém o campo magnético precisa variar no tempo para gerar corrente elétrica.

Estação 3: Gerando corrente induzida.

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte o multímetro na mini *protoboard* (na escala de mA, para medir corrente contínua) em série com o fio enrolado.

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor, mas precisa-se certificar que está na escala correta.

Passo 2: Segure a seringa com os ímãs em repouso e observe o multímetro.

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor representando que não há nenhuma corrente elétrica passando por ele.

Passo 3: Chacoalhe a seringa, de forma que os ímãs fiquem balançando dentro dela, variando assim a posição e observe o que ocorre com o multímetro durante o processo. Enquanto o ímã é balançado atravessando as espiras enroladas em volta da seringa, o multímetro é capaz de apresentar valores de corrente elétrica presente no fio. Este valor sempre varia de acordo com a velocidade com que o ímã é balançado lá dentro. Quando o movimento cessar, o multímetro tornará a não identificar a presença da corrente elétrica.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

1) Com os ímãs parados, o que se observa no multímetro? E com os ímãs em movimento, o que foi observado?

R: Não apresenta medidas de corrente elétrica enquanto o ímã está parado. Já, ao movimentar o ímã percebe-se que o multímetro apresenta medidas de corrente elétrica.

2) Ao variar a posição dos ímãs, o que acredita que acontece com o campo magnético? Explique.

R: Variando a posição do ímã o campo magnético produzido por ele também varia.

3) Campo magnético é capaz de gerar corrente elétrica? Tente explicar como isso pode ocorrer.

R: Somente o campo magnético não gera corrente elétrica mas a variação do campo magnético no tempo é capaz de gerar uma corrente induzida.

B3: Respostas esperadas para o Questionário Experimento da Lei de Faraday

Experimento transmissor de energia à distância

Passo 1: Com o multímetro para medir corrente (escala de 20mA) conecte-o em série nos terminais da mini protoboard;

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor se o outro circuito não estiver totalmente ligado, contudo é necessário começar a montar o experimento para realizar as medidas. Atenção, após terminar de usar deve-se desligar o multímetro corretamente.

Passo 2: Ligue o circuito gerador conectado a fonte de tensão (suporte com duas pilhas de 1,5V AA);

Recomendo evitar ficar com este circuito ligado por muito mais de 1 minuto para que o transistor não sobreaqueça muito. Ao ligar o circuito, dependendo da distância que esteja da bobina receptora, será possível notar a presença de corrente nela.

Observe que a bobina receptora pode mover-se.

Passo 3: Aproxime e afaste-a da bobina geradora e veja o que acontece.

Neste momento, será possível notar que o LED acende e ocorrerá uma variação na sua luminosidade, na medida de corrente induzida marcada pelo multímetro, sendo que ao aproximar as bobinas a corrente fica maior e a luminosidade do LED também, já ao afastar a bobina receptora o oposto ocorrerá. Se todo circuito estiver montado corretamente isso irá ocorrer, caso contrário recomendo desligar a fonte, checar todos os terminais e testar novamente.

Passo 4: Coloque a bobina receptora a uma distância de 0,0 cm da outra (medida observada nas réguas), aumente a distância de 0,5 cm afastando a bobina receptora da bobina geradora e anote a medida da corrente induzida (multímetro) de acordo com as distâncias na Tabela 1.

Será possível perceber que, quanto mais próximo uma bobina estiver da outra, maior será o valor medido da corrente induzida.

TABELA 1: Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i);

| Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ |
|---------------------------------------|--|--|--|
| 0,0 | | | |
| 0,5 | | | |
| 1,0 | | | |
| 1,5 | | | |
| 2,0 | | | |
| 2,5 | | | |
| 3,0 | | | |
| 3,5 | | | |
| 4,0 | | | |
| 4,5 | | | |
| 5,0 | | | |

Com as medidas realizadas, calcule a média dos valores de corrente i e construa um gráfico da corrente i pela distância d .

Em seguida responda às seguintes questões:

- 1) A distância influencia na corrente induzida? Qual a relação do campo magnético com a distância entre as bobinas?

R: Sim, quanto mais longe as bobinas se encontram, menor será a corrente induzida. Ao aproximar as bobinas o fluxo de campo magnético da bobina geradora é mais intenso, sendo assim, quanto maior este fluxo maior será a corrente induzida na bobina receptora.

- 2) Qual interpretação você conseguiu concluir do gráfico construído? A relação do campo magnético com a distância é uma relação diretamente proporcional?

R: A relação da corrente induzida com a distância entre as bobinas não é linear. O gráfico ilustra que a relação do campo magnético com a distância não é diretamente proporcional, pois quanto menor for a distância maior será o fluxo de campo magnético que, por sua vez, maior será a corrente induzida.

- 3) De acordo com o que estudamos sobre o Transistor. Explique qual o papel dele no circuito? Diga se sem ele seria capaz de gerar a corrente induzida no experimento realizado?

R: Somente o campo magnético não é capaz de gerar uma corrente induzida, portanto é necessário criar um campo magnético variável no tempo. Sabendo que ao ligar e desligar um circuito elétrico a corrente gera um campo magnético variável. Desta forma, utilizamos o transistor como uma chave para ligar e desligar o circuito. Sem o transistor seria necessário encontrar uma outra maneira de variar a corrente elétrica no circuito.

- 4) Tente descrever passo a passo do funcionamento do experimento, utilizando todos os conhecimentos adquiridos sobre o assunto:

R: A bobina geradora alimentada por uma fonte de corrente contínua gera um campo magnético, e o transistor NPN funciona como uma chave eletrônica fazendo variar o fluxo do campo magnético no tempo. Assim, o campo magnético variável interage com a bobina receptora gerando uma fem (força eletromotriz), que por sua vez, gera uma corrente induzida fazendo com que o LED acenda. O valor da corrente pode ser medido com o multímetro conectado à bobina receptora. Quanto mais próximas as bobinas estiverem, mais intenso será o fluxo do campo magnético e, por esta razão maior será a corrente induzida.

B4: Respostas esperadas para o Questionário de organização de pensamento

Atividade organizando o pensamento

De acordo com todos os conceitos estudados durante essa sequência didática responda às seguintes questões:

- 1) De acordo com tudo o que foi estudado em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday.

R: A Lei de Faraday diz que quando houver variação do fluxo magnético através de um circuito surgirá uma força eletromotriz induzida.

- 2) Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia.

R: Funciona por meio dos dois princípios fundamentais do eletromagnetismo: a repulsão entre dois ímãs (eletroímãs) e o fato de que campos magnéticos são criados por cargas elétricas em movimento. O motor possui, em suas extremidades, um ímã fixo que será responsável por fornecer um campo magnético externo à uma bobina que se encontra na parte interna, próximo ao rotor, que é um eixo móvel no interior do motor. O rotor do motor precisa de um torque para começar a girar, e este torque é produzido ao passar corrente elétrica pela bobina, que sofre uma repulsão eletromagnética pelo campo do ímã fixo, que fará com que ela comece a girar, produzindo assim a energia mecânica.

- 3) O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias que existem hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?

R: No fogão por indução a corrente elétrica cria um campo eletromagnético que fica variando na parte interna do fogão. Esse campo interage com o material ferromagnético do interior da panela gerando correntes induzidas que circulam nela aquecendo-a e assim, aquecendo a comida em seu interior. E o carregador de celular por indução possui uma bobina eletromagnética em seu interior que cria um campo magnético variável que interage com outra bobina presente no interior do

celular capaz de receber e armazenar a corrente induzida pela variação do campo produzido pelo carregador.

- 4) Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta.

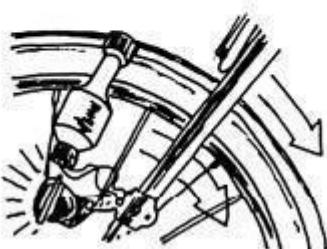
R: Esta pergunta é pessoal não podendo ser classificada segundo os critérios de correção, contudo espera-se que o aluno(a) consiga construir uma aprendizagem significativa acerca dos conteúdos propostos.

- 5) Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou.

R: Esta pergunta é pessoal não podendo ser classificada segundo os critérios de correção, contudo espera-se que o aluno(a) tenha se motivado a aprender devido às metodologias aplicadas na SD.

B5: Respostas e comentário sobre Questionário questões objetivas

- 1) (ENEM/2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador encontram-se um ímã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

- O princípio do funcionamento deste equipamento é explicado pelo fato de que a
- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
 - B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - C) bobina em atrito com o campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético
 - E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Fonte: Exercício número 80 ENEM 2010, 1º Dia – Caderno 4 – Rosa – Reaplicação/PPL

https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2010/2010_PV_reaplicacao_PPL_D1_CD4.pdf.

Acesso em 10/10/2023.

Resposta: E

Espera-se que os alunos identifiquem que a situação descrita conta com ímã e bobina, também é necessário o movimento da bicicleta para o dínamo funcionar, desta forma o movimento é relevante ao processo. Portanto, somente ao variar o campo magnético (do ímã ao mover a roda) é possível gerar corrente elétrica no circuito fechado.

- 2) (UCS) Um dos fornos mais utilizados em indústrias é o chamado forno de indução. Seu princípio de funcionamento está baseado na lei de Faraday, ou seja,
- A) temperatura homogênea no espaço vazio gera corrente elétrica.
 - B) fluxo magnético variando no tempo gera força eletromotriz induzida.
 - C) luz que varia de intensidade no espaço vazio gera condução térmica constante.
 - D) corrente elétrica constante em um condutor gera ponto de fusão variante no tempo.
 - E) pressão que varia sobre uma área gera convecção constante.

Fonte: Exercício número 1- <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/exercicios/11-87>. Acesso em 10/10/2023.

Resposta: B

Espera-se que os alunos identifiquem que a Lei de Faraday diz que a força eletromotriz induzida é dada pela variação de fluxo magnético durante um período de tempo.

- 3) (ENEM/2023) O fogão por indução funciona a partir do surgimento de uma corrente elétrica induzida no fundo da panela, com consequente transformação de energia elétrica em calor por efeito Joule. A principal vantagem desses fogões é a eficiência energética, que é substancialmente maior que a dos fogões convencionais.

A corrente elétrica mencionada é induzida por

- A) radiação.
- B) condução.
- C) campo elétrico variável.
- D) campo magnético variável.
- E) ressonância eletromagnética.

Fonte: Exercício número 101 ENEM 2023, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2023_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

Resposta: D

Espera-se que os alunos identifiquem que é necessário um campo magnético variável para induzir uma corrente elétrica no fundo da panela.

- 4) (ENEM/2020) Em uma usina geradora de energia elétrica, seja através de uma queda-d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas. Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do(a)
- A) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
 - B) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
 - C) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
 - D) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
 - E) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

Fonte: Exercício número 130 ENEM 2020, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo

https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2020_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em

15/11/2023.

Resposta: D

Espera-se que os alunos compreendam que quanto maior a velocidade angular das pás do gerador, mais rápido será o seu giro e a variação do fluxo magnético nas bobinas, provocando assim, o aumento do módulo da diferença de potencial elétrico obtido.

B6: Respostas esperadas para o Questionário Avaliativo final

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: A presença de dipolos magnéticos, como no caso do ímã e cargas elétricas em movimento.

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?

Explique:

R: Sim, a corrente elétrica produz ao seu redor um campo magnético que é proporcional à sua intensidade.

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: O campo magnético ao variar pode induzir uma força eletromotriz que estabelece uma corrente elétrica.

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: Um fenômeno relacionado ao surgimento de uma corrente elétrica em um condutor exposto a uma variação de campo magnético.

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: O processo de indução eletromagnética pode ser aplicado a geradores, motores, carregador por indução e fogão por indução. Para produzir corrente elétrica a distância.

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: As linhas de campo magnético de um corpo ficam menos intensas quando nos afastamos deste corpo.

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: Não existem monopolos magnéticos na natureza.

Apêndice C - Guia de Montagem Experimental

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao professor(a) com a descrição da montagem dos experimentos realizados ao longo da SD. Descrevendo quais materiais foram utilizados, como ocorreu a montagem experimental e comentários que auxiliem o docente na produção.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

GUIA DE MONTAGEM EXPERIMENTAL

Este guia contém a descrição de 4 experimentos propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDER A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDER A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva
Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted.

Para construção de todas as etapas do experimento da estação 1 foram necessários alguns materiais, os quais devem ser selecionados, preparados e testados pelo professor(a) antes da aula, de forma que os alunos consigam realizar as atividades propostas.

Materiais utilizados

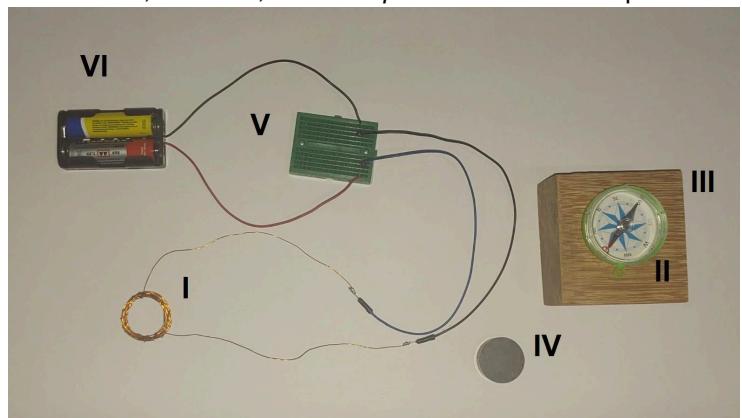
- Uma bússola;
- Um suporte para duas pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5V;
- Um ímã de ferrite em disco (2,5cm x 0,5cm);
- Apoio de madeira;
- Bobina com fio de cobre 0,2 mm enrolado (20 espiras de raio 1 cm);
- Uma mini *protoboard*;
- Dois *Jumpers* (ou 10 cm de fios conectores de 1 mm).

A montagem experimental ocorreu utilizando todos os materiais citados e será detalhada, a seguir, de forma que possa ser reproduzida. Cabe ressaltar que é possível adaptar os materiais utilizados, tendo em vista que os materiais descritos podem ser facilmente adquiridos ou parcialmente reutilizados de outros experimentos existentes.

Montagem experimental

Como pode-se visualizar na Figura 1, encontram-se todos os materiais utilizados e a montagem utilizada para a estação 1.

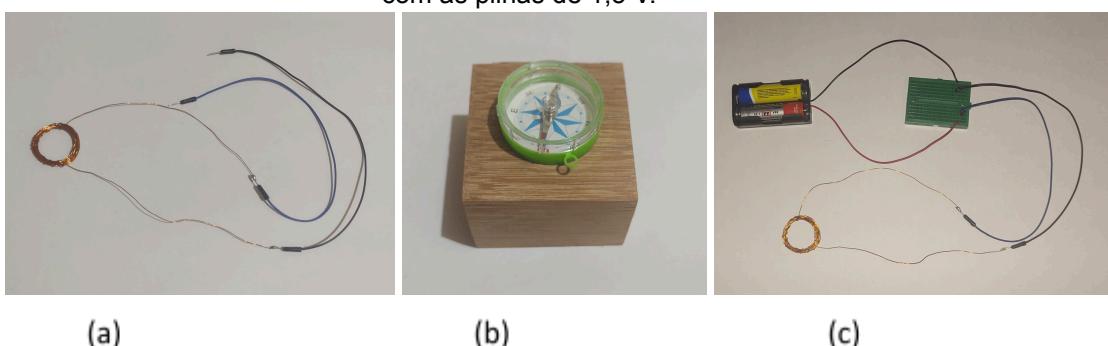
Figura 1 - Imagem fotográfica da montagem experimental da estação 1. Sendo I a bobina com os *jumpers*, II a bússola, III o apoio de madeira, IV o ímã, V a mini *protoboard* e VI o suporte com duas pilhas.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Para a montagem experimental alguns dos materiais presentes na Figura 1 foram confeccionados pela autora deste trabalho, tais como a bobina (I) constituída por um fio de cobre com 20 espiras deixando livre as extremidades do fio para soldar as conexões (*jumpers*) em cada uma das extremidades (Figura 2(a)). Em todas as ligações foram utilizados *jumpers*, pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na *protoboard*, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar as ligações. Com os demais materiais selecionados a bússola (II) ficará localizada em cima do apoio de madeira (III) de forma que consiga ficar em repouso como na Figura 2(b), em seguida alguns testes com o ímã (IV) vão ser realizados aproximando-o da bússola para verificar o que ocorre com ela. O mesmo vai ocorrer com a bobina conectada em série à mini *protoboard* (V) e ao suporte com as pilhas (VI) como mostra a Figura 2(c) formando um circuito para verificar o que ocorre ao aproximar de uma bússola.

Figura 2 - (a) Imagem fotográfica da bobina de 20 espiras soldada com os *jumpers*; (b) Imagem fotográfica bússola com da montagem expe; (b) Imagem fotográfica do circuito elétrico, formado pela bobina em série com as pilhas de 1,5 V.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico.

Para construção de todas as etapas do experimento utilizado na da estação 2 foram necessários alguns materiais. A seguir pode-se identificar os materiais necessários para a atividade que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

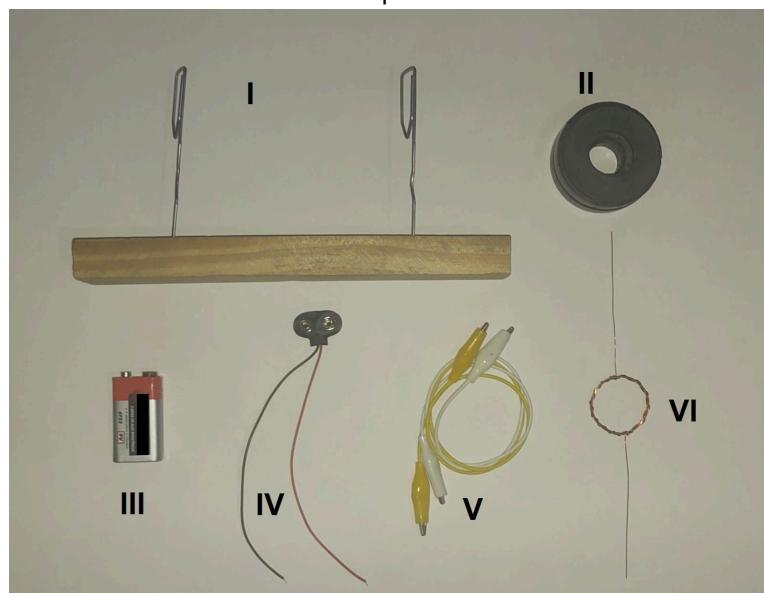
- Bateria 9 V;
- Conector para bateria 9 V tipo T;
- Um suporte de madeira;
- Dois clips (6/0);
- Dois ímãs de ferrite em formato de anel (retirado de alto falante);
- Dois cabos com garras jacaré;
- Bobina de fio de cobre 0,3 mm enrolado (5 espiras de raio 1,5 cm).

Para a montagem experimental final foram utilizados todos os materiais citados. Esta montagem será detalhada a seguir para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento.

Montagem experimental

Para este experimento foram utilizados os materiais representados na Figura 3. Foi construído um suporte de madeira com dois clipes fixos (I) de forma que os ímãs (II) possam ser colocados sobre a madeira, entre os clipes. Foi montado também um circuito com uma bateria 9V (III) com um conector de bateria tipo T (IV) de forma que cada ponta do conector será ligado a um dos cabos com garras (V), que vão ser conectadas aos dois clipes fixos no suporte. Com o fio de cobre enrolado foi construída uma bobina (VI) de 5 espiras que conectarão os dois clipes de forma que o circuito elétrico seja fechado.

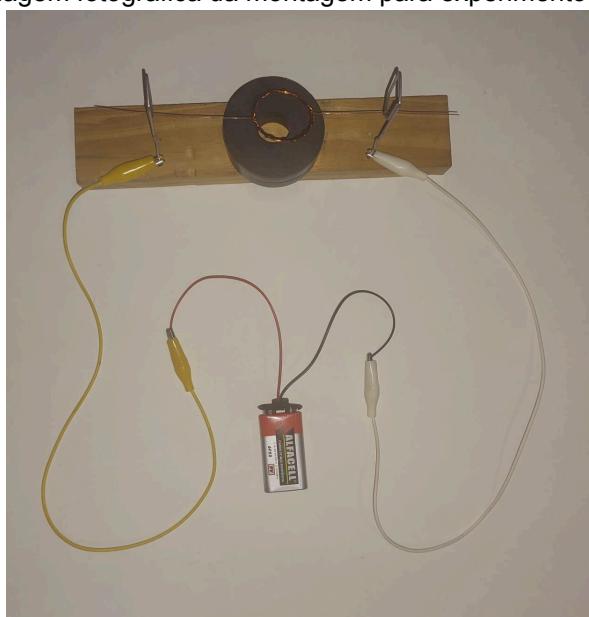
Figura 3 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 2, sendo I o suporte feito com madeira e clips, II os ímãs, III a bateria 9 Volts, IV o conector de bateria, V os cabos de garras jacarés e VI a bobina com 5 espiras.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

A montagem experimental completa deste experimento está indicada na Figura 4.

Figura 4 - Imagem fotográfica da montagem para experimento da estação 2.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida.

Para construção de todas as etapas do experimento utilizado na estação 3 foram necessários alguns materiais. A seguir pode-se identificar os materiais necessários para a atividade, que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

- Seringa (10 ml com 1,8 cm de diâmetro);
- Bobina com fio de cobre 0,2mm (300 voltas);
- Fita isolante;
- Ímãs de Neodímio em disco (20 unidades de 10mm por 1,5mm);
- Suporte de madeira;
- Multímetro;
- Dois cabos ponta de prova;
- Uma mini protoboard;
- Dois fios encapados (retirados de qualquer equipamento eletrônico);
- *Jumpers* (ou 4 cm de fios conectores de 1 mm).

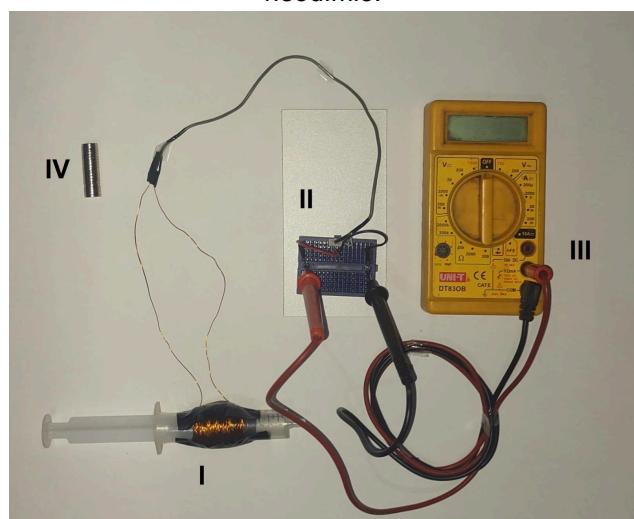
Para a montagem experimental foram utilizados todos os materiais citados. A seguir, a montagem será detalhada para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento.

Montagem experimental

Neste experimento (Figura 5), um fio de cobre foi enrolado em volta de uma seringa (300 voltas), e fixado com fita isolante (I) de forma que as duas pontas fiquem livres. As suas extremidades estão conectadas a fios encapados que conectam à dois *jumpers* que foram soldados na mini *protoboard* (II) fixa em um suporte de madeira, assim com o multímetro (III) ligado em série será possível medir a corrente induzida. No interior da seringa foram colocados os 20 ímãs de neodímio (IV). Neste processo foram utilizados *jumpers* pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na protoboard, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar as ligações. A montagem experimental

pode ser observada na Figura 3.8 onde o ímã deve estar no interior da seringa para realização do experimento. Contudo, aconselha-se soldar todas as conexões como maneira de reduzir os riscos dos alunos ao manipular os experimentos e acabar desconectando-os e prejudicando na execução do experimento.

Figura 5 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 3, sendo I o fio de cobre enrolado na seringa como uma bobina, II as conexões com *jumpers*, III o multímetro com cabos de prova, IV ímãs de neodímio.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Experimento da Lei de Faraday

Para construção de todas as etapas do experimento da Lei de Faraday foram necessários alguns materiais. A seguir, é possível identificar os materiais necessários para a sua construção, que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

- Bobina geradora, fio de cobre 1 mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm);
- Uma protoboard;
- Um transistor NPN (KSP2222A);
- Um suporte para pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5 V AA;
- Bobina receptora, fio de cobre 1mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm) com LED verde;
- Bobina receptora, fio de cobre 0,3mm enrolado (10 espiras de raio 2,6 cm) com LED vermelho e com extremidades soltas;
- Multimetro;
- Suporte de madeira (12,5 x 3,5 x 6,0 cm);
- Plataforma de madeira (20,0 x 1,2 x 13,0 cm);
- Duas régua (15 cm);
- Dois parafusos auto atarraxante (3,5 x 30 mm);
- Cola de madeira;
- Fita isolante preta;
- Uma mini Protoboard;
- Alguns cabos *jumpers* (ou fios conectores de 1 mm).
- Dois cabos de ponta de prova.

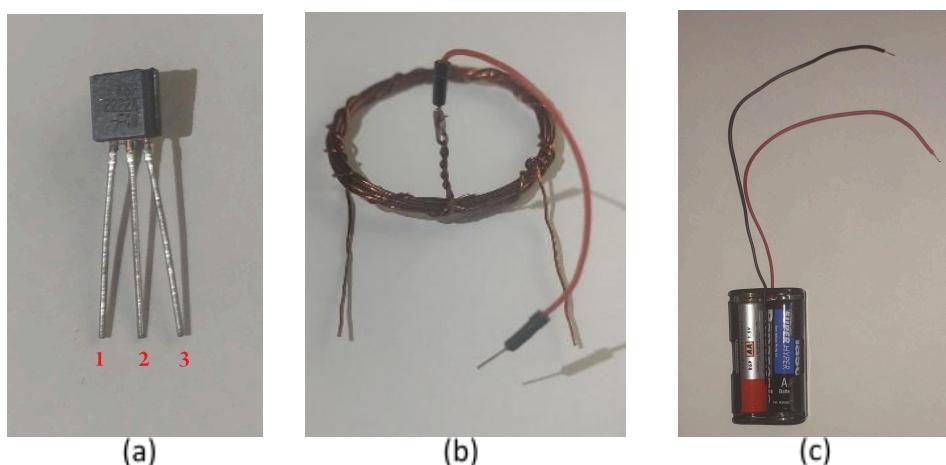
Para a montagem experimental foram utilizados todos os materiais citados acima. A seguir, esta montagem será detalhada para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se

adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento. Como o experimento possui etapas, a seguir serão demonstradas a construção do circuito gerador, e o circuito receptor.

Círculo Gerador

Neste circuito, utiliza-se um transistor do tipo NPN (KSP2222A) (Figura 6 (a)), cujos terminais são: 1 (emissor), 2 (base) e 3 (coletor). Há também uma bobina de fio de cobre enrolado com espessura de 1mm, contendo 10 espiras e duas extremidades livres. Uma das espiras foi levemente esticada, tornando-se maior que as demais e permitindo ser enrolada. Uma parte do fio foi lixada para possibilitar a soldagem de um jumper nessa região (no meio do fio), como se observa na Figura 6 (b), criando três pontos de conexão. O circuito também inclui uma fonte de tensão contínua, composta por duas pilhas de 1,5V em um suporte (Figura 6 (c)).

Figura 6 - (a) Transistor NPN (KSP2222A); (b) Bobina geradora com as duas extremidades livres e um jumper soldado no meio de uma espira que foi esticada, deixando sobre parte do fio; (c) Fonte de tensão suporte com duas pilhas de 1,5 V.

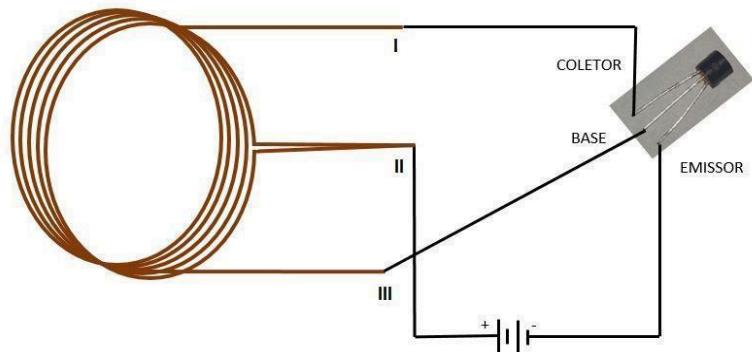


Fonte: arquivos da autora, 2023.

O esquema da montagem do circuito está representado na Figura 7, onde a bobina geradora precisa ser conectada a uma fonte de corrente contínua e a um transistor NPN que funcionará como chave eletrônica para gerar um campo magnético que varia no tempo. O mesmo circuito pode ser construído utilizando um outro transistor diferente do que foi apresentado na Figura 6 (a), desde que o mesmo também seja NPN, caso queira

utilizar um transistor PNP o circuito da Figura 7 deverá ser reformulado devido a polaridade ser invertida. Importante também ressaltar que caso pretenda-se utilizar um outro transistor NPN é necessário realizar uma busca para identificar qual terminal é o emissor a base e o coletor para que seja conectado corretamente de acordo com o que está indicado pela Figura 7, pois, isso pode variar de um para o outro.

Figura 7 - Desenho ilustrativo da montagem do circuito gerador.

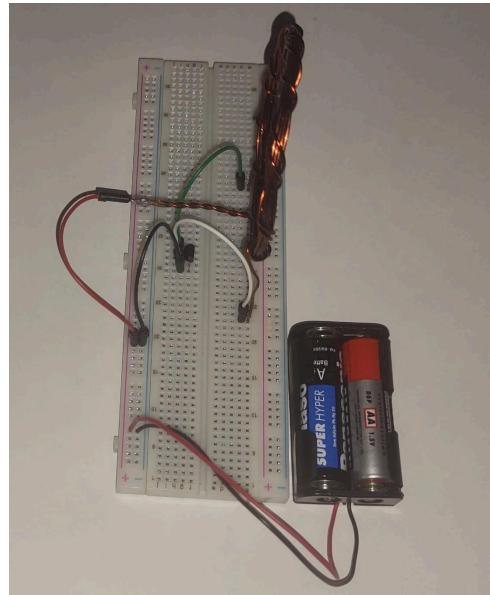


Fonte: a autora (baseado em EL-PRO-CUS- electronics, projects, focus; Wireless Power Transfer Circuit and Its Working; <https://www.elprocus.com/wireless-power-transfer-circuit-and-working/>, acesso em 05/11/2023).

Seguindo a montagem representada pela Figura 7 para realizar as ligações do circuito da Figura 8 foram utilizados vários *jumpers* de forma que o transistor e a bobina foram conectados na *protoboard* onde os terminais 2 e 3 do transistor foram conectados nas duas extremidades soltas I e III da bobina, o terminal 1 (emissor) do transistor foi conectado ao negativo da fonte de tensão, já o positivo da fonte está conectado ao *jumper* soldado no meio da bobina (II).

Neste circuito, as ligações podem ser realizadas também por qualquer fio conector de 1 mm, contudo, os *jumpers* são utilizados para auxiliar a fixar na *protoboard*.

Figura 8 - Imagem fotográfica montagem circuito gerador.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Círculo Receptor

Foram construídos dois circuitos receptores. Uma bobina receptora feita com fio de cobre que possui um LED alto brilho de cor verde soldado, ligando as suas extremidades, como representado pela Figura 9.

Figura 9 - Imagem fotográfica bobina receptora.



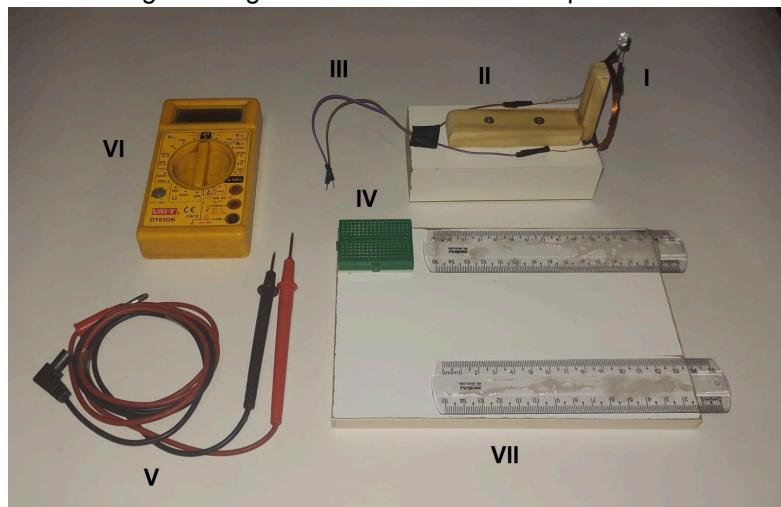
Fonte: arquivo da autora, 2023.

Contudo, esta bobina receptora não permite medir a quantidade de corrente induzida de acordo com a distância entre as bobinas, então foi construído um circuito com outra

bobina receptora e para isso foram utilizados os seguintes materiais representados na Figura 10. Primeiramente foi construída uma bobina receptora (I) com fio de cobre 0,3mm formando 10 espiras, com extremidades soltas e que o fio de uma de suas espiras foi cortado para que um LED alto brilho de cor vermelha seja soldado em cada ponta. Para que a bobina fique na posição vertical foi construído um suporte de madeira (II) com toda estrutura necessária, parafusado e colado mantendo a bobina sempre fixa na posição vertical. Nas extremidades soltas desta bobina receptora foram conectados dois *jumpers* (III) para que possam ser conectados a uma mini *protoboard* (IV) e assim utilizando os cabos ponta de prova (V) todo circuito possa ser ligado em série com um multímetro (VI).

O suporte de madeira (II) deve ser posicionado sobre uma plataforma de madeira (VII) que em sua superfície encontram-se coladas duas réguas de 15 cm tendo uma distância de 6 cm uma da outra e as suas pontas encontram-se aproximadamente 1,2 cm para fora da plataforma (para melhorar a medida da distância entre as bobinas). Então o suporte deverá ficar encaixado entre as duas réguas possibilitando que ele deslize e assim varie a distância da bobina. Com uma fita isolante preta todas as conexões foram isoladas.

Figura 10 - Imagem fotográfica materiais utilizados para o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Assim a montagem completa da bobina receptora descrita acima encontra-se na Figura 11 a seguir.

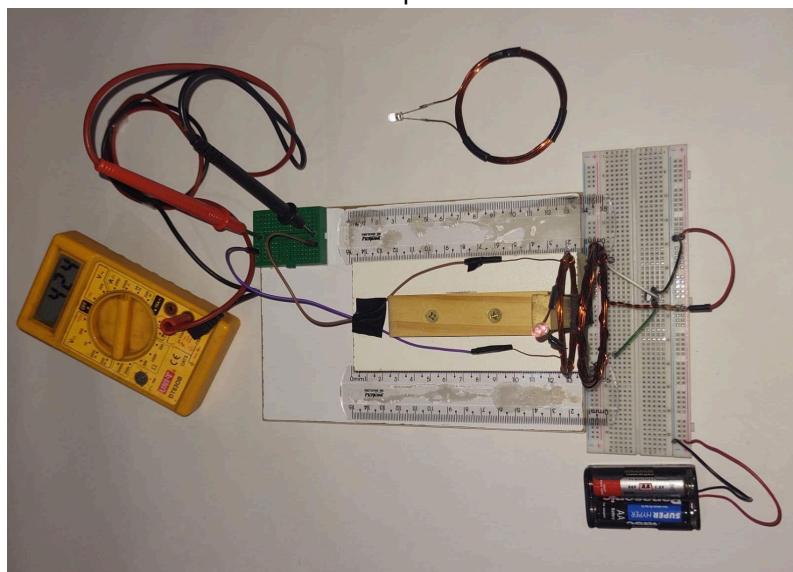
Figura 11 - Imagem fotográfica montagem do circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

A montagem completa do experimento precisa que os dois circuitos estejam próximos. Desta forma a *protoboard* do circuito gerador deve ser colocada embaixo dos pedaços de régua que sobraram da plataforma do circuito receptor de forma que as bobinas fiquem bem alinhadas como na Figura 12. Em seguida as medidas podem ser realizadas.

Figura 12 - Imagem fotográfica montagem completa do experimento com o circuito gerador e o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Apêndice D: TALE e TCLE

A finalidade deste Apêndice é apresentar o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido(TALE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que foi elaborado neste trabalho. O objetivos desses termos é esclarecer e obter autorização dos pais e dos alunos quanto a aplicação do PE, a participação da SD e a coleta de dados proposta.

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Nós, Profa. Rafaela Garbin da Silva (mestranda e professora no Colégio Estadual do Campo Tereza Cristina do distrito de Alto Alegre de Colorado-PR) e o Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes (orientador e professor do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá – Maringá - PR), responsáveis pela pesquisa e projeto de mestrado, LEI DE FARADAY: UMA APLICAÇÃO EXPERIMENTAL, que está sendo desenvolvida pelo Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), estamos convidando-o para participar desta nossa pesquisa, tendo como direito de retirar sua participação e o presente termo a qualquer momento sem que tenha prejuízo”.

O objetivo desta pesquisa é auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos alunos do Ensino Médio de escola pública na compreensão da Lei de Faraday e dos conceitos de indução eletromagnética. Promover reflexões sobre os fenômenos de indução eletromagnética e suas aplicações como funcionamento de motores, carregadores de celular por indução e fogão por indução, buscando maneiras de tornar o conteúdo mais atrativo para os alunos e de criar possibilidades para construção de uma aprendizagem significativa.

Informamos que a pesquisa buscou construir experimentos que permitam a observação dos fenômenos físicos e desta forma será possível construir o conhecimento através das manipulações e suas observações. Com esta pesquisa buscamos fornecer meios diferentes para aprender o conteúdo apresentando o fenômeno de maneira mais atrativa e relacionando com alguns fenômenos do cotidiano.

Este trabalho está focado em construir uma sequência didática a ser aplicada em 6 horas/aulas que conta com a execução de diferentes atividades como a aplicação de questionário (inicial e final), impresso, para verificação dos conhecimentos prévios para auxiliar nas demais atividades e uma posterior análise do quanto foi proveitosa a aplicação da sequência didática; atividade de rotação por estações em grupos com experimentos que permitam o aluno manipular e observar os fenômenos físicos para construção de conceitos; questionários durante as atividades como meio de verificar a compreensão e observações dos alunos; rodas de conversas para auxiliar nas aulas e na construção dos conceitos físicos; atividade experimental realizando medidas como forma de observar a Lei de Faraday; debates e análises de aplicações como a compreensão do funcionamento de motores, carregador de celular por indução e fogão por indução.

A participação nas aulas da sequência didática contará com a realização dos experimentos propostos, observação e registro das observações, realização de medidas experimentais utilizando multímetros e responder os questionários diagnósticos e avaliativos.

Esclarecemos ainda, que podem ocorrer alguns desconfortos (incômodos) ou riscos, como no caso do participante da pesquisa sentir cansaço ao responder questionários, sentir emocionalmente pressionado por ter tempo para realizar as atividades, receio de não saber responder às perguntas durante a aplicação do projeto de pesquisa; ou ocorrer constrangimento durante as gravações de áudio e vídeo (contudo é importante informar que não serão divulgados com identificação, sendo somente uma coleta de informações sobre a aplicação), ou receio de quebra de sigilo, mal estar devido uma possível não compreensão de alguma das atividades que envolva o preenchimento de algum instrumento previsto nesta pesquisa, ou não se sentir confortável durante as rodas de conversas com a professora e os demais colegas de turma (porém, não há obrigação de se pronunciar, caso não se sinta bem e qualquer interferência ou fala que seja considerada desrespeitosa a professora irá

interferir). Gostaríamos de informar que em qualquer uma das situações o participante da pesquisa pode procurar a sua professora responsável, e ela saberá como conduzir e resolver a situação para ajudar o participante da pesquisa a esclarecer sua dúvida e continuar no processo, e em caso de algum constrangimento esclarecer o motivo e deixá-lo(a) confortável.

Os experimentos que vão ser realizados durante a pesquisa foram construídos pela professora, evitando materiais cortantes e sem risco de danos físicos aos estudantes. O manuseio dos equipamentos é de fácil realização e contará com o auxílio da professora para orientação e em casos de inseguranças ou medo de manipulação a mesma irá auxiliar.

Quanto ao risco das atividades em grupo, caso ocorra alguma discordância com algum outro participante da pesquisa, também deve se direcionar a sua professora, e ela estará atenta e conversará com os envolvidos explicando e esclarecendo de forma imparcial, resolvendo a situação. Em último caso fica claro que o participante da pesquisa poderá desistir de sua participação a qualquer momento. Em relação ao risco do participante da pesquisa ser exposto, deixamos claro que a atividade será desenvolvida na escola dos mesmos e em horário de aula da disciplina. Será garantida a manutenção de sigilo e da sua privacidade em todos os registros durante todas as fases da pesquisa, tendo acesso a esses dados somente os responsáveis pela pesquisa.

Quanto aos benefícios dos participantes da pesquisa, além do aprendizado utilizando metodologias ativas como experimentação, rotações por estações e rodas de conversa que podem proporcionar aulas mais dinâmicas e que potencializam o pensamento crítico e a interpretação de resultados, bem como a observação. Conta também com uma aprendizagem com significados forma mais atrativa, buscando compreender a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética, bem como aplicações que este fenômeno permite em nossas vidas. Além de se sentir valorizado pois estará contribuindo para a validação da dissertação de mestrado de sua professora e ao programa de pós-graduação do MNPEF/UEM, bem com o Produto Educacional (PE), que após o término do mestrado e sua defesa, será disponibilizado de forma gratuita para uso de qualquer pessoa da comunidade acadêmica ou não, portanto, de uso público, e o próprio participante da pesquisa no futuro desse PE.

Durante todo o período da pesquisa, tanto o participante da pesquisa quanto o responsável terão a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer esclarecimento. Para isso, entre em contato com a pesquisadora Rafaela Garbin da Silva, Telefone: (44) 9 9935-1403, e-mail: rafaelagarbinsilva@gmail.com ou pg403890@uem.br, residente em Colorado-PR, local de aplicação do PE, bem como com o Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes, email: prgfernandes@uem.br Departamento de Física da UEM, Maringá – PR. Além disso, se tiver algum problema relacionado com a pesquisa, o participante da pesquisa terá direito à assistência gratuita que será prestada por mim, Rafaela Garbin da Silva, docente responsável pela turma e aplicação da pesquisa. Fica garantida a possibilidade de não aceitar participar de alguma etapa ou de retirar sua permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão.

Sobre os resultados desta pesquisa esclarecemos que são de livre acesso e por tempo indeterminado, serão divulgadas na dissertação de mestrado, e talvez em eventos e/ou publicações em revista da área de ensino, sem a sua identificação e a dos demais participantes, para isso será usado um código, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do(a) participante da pesquisa. Também poderão ser utilizadas imagens registradas em aula, sem identificação e de forma que não se possa identificar os participantes. O material para a coleta dos resultados desta pesquisa serão destruídos 5 anos após o seu término. Nesse período o material impresso ficará de posse da mestrande e guardadas em local seguro, e os digitais ficarão armazenados em um HD externo de posse dos responsáveis por essa pesquisa. Esclarecendo ainda que tais armazenamentos ocorrerão de forma que não haja prejuízo de obtenção de novo consentimento para utilização destes dados ou material de pesquisa futuros.

As despesas necessárias para a participação na pesquisa serão assumidas pelas pesquisadoras. A participação do(a) participante da pesquisa é totalmente voluntária e de

forma gratuita. Fica, também, garantida a indenização em casos de danos comprovadamente associados ou decorrentes da participação nesta pesquisa.

As dúvidas, caso ainda os tenha, sobre os direitos do participante desta pesquisa você poderá ainda contatar o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP). O comitê de ética e pesquisa (CEP) é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, existentes nas instituições que realizam pesquisa que envolve seres humanos no Brasil, e foi criado com o objetivo de proteger os participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro dos padrões de ética (Resolução Nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde-CNE. O Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP/UEM) situa-se na Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá - Pr. Telefone: (44) 3011-4597, e-mail: copep@uem.br. A COPEP solicita a gentileza de agendar horário, a fim de evitar aglomerações caso necessite de atendimento presencial.

Autorização

Eu, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com a pesquisadora responsável por aplicar a presente pesquisa, esclarecendo todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, aceito participar da pesquisa e estou ciente que a qualquer momento este consentimento pode ser retirado, sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos a que serei submetido, dos possíveis danos ou riscos e da garantia de confidencialidade (quanto a imagem, materiais de coletas e identificação). Sendo de espontânea vontade, a concordância da minha participação nesta pesquisa, todas as folhas devidamente rubricadas e assinando este termo em duas vias, uma das quais me foi entregue.

Assinatura do(a) aluno(a)

Profa. Rafaela Garbin da Silva
Assinatura do responsável pela obtenção do TALE

Colorado, ____ de _____ de 2023.

CONTATOS:

- Profa. Rafaela Garbin da Silva, Telefone: (44) 99935-1403, e-mail: rafagarbinsilva@gmail.com ou pg403890@uem.br, Colégio Estadual do Campo Tereza Cristina. Endereço: Rua São Paulo, 316 Dist. Alto Alegre- Colorado-PR, 86695-000. Fone: (44) 3340-1121.
- Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes, Telefone: (44) 3011-4330 (secretaria DFI) e-mail: prgfernandes@uem.br – Departamento de Física – Centro de Ciências Exatas - Universidade Estadual de Maringá – Bloco G56 – sala 10 (sala do orientador - Av. Colombo 5790 – 87020-030 – Campus Universitário (Zona 07) - Maringá –PR.
- Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP/UEM) situa-se na Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá - Pr. Telefone: (44) 3011-4597, e-mail: copep@uem.br. A COPEP solicita a gentileza de agendar horário, a fim de evitar aglomerações caso necessite de atendimento presencial.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Nós, Profa. Rafaela Garbin da Silva (mestranda e docente temporária no Colégio Estadual do Campo Tereza Cristina do distrito de Alto Alegre de Colorado-PR) e Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes (orientador e docente do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá – Maringá - PR), responsáveis pela pesquisa e projeto de mestrado, LEI DE FARADAY: UMA APLICAÇÃO EXPERIMENTAL, que está sendo desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), convidamos o(a) participante da pesquisa _____, sob sua responsabilidade, a participar desta pesquisa, onde o(a) mesmo(a) poderá retirar sua participação e o presente termo a qualquer momento sem que haja qualquer prejuízo.

O objetivo da pesquisa é auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos alunos do Ensino Médio de escola pública na compreensão da Lei de Faraday e dos conceitos de indução eletromagnética. Promover reflexões sobre os fenômenos de indução eletromagnética e suas aplicações como funcionamento de motores, carregadores de celular por indução e fogão por indução, buscando maneiras de tornar o conteúdo mais atrativo para os alunos e de criar possibilidades para construção de uma aprendizagem significativa.

A pesquisa buscou construir experimentos que permitam a observação dos fenômenos físicos e a manipulação dos materiais pelos alunos, colocando-os como protagonistas da construção do conhecimento.

O produto educacional (PE) deste trabalho é constituído de uma sequência didática para ser aplicada em 6 horas/aulas que conta com a execução de diferentes atividades como a aplicação de questionário (inicial e final), impresso, para verificação dos conhecimentos prévios, para auxiliar nas demais atividades, nas abordagens que devem ser realizadas em aula e para depois realizar uma análise do quanto foi proveitosa a aplicação do PE; atividade de rotação por estações com experimentos que permitam a observação dos fenômenos físicos e construção de conceitos partindo das observações dos próprios alunos; questionários durante as atividades como meio de verificar a compreensão e observações dos alunos; rodas de conversas para conduzir as aulas e a construção dos conceitos físicos; atividade experimental realizando medidas como forma de observar a Lei de Faraday; debates e análises de aplicações como a compreensão do funcionamento de motores, carregador de celular por indução e fogão por indução.

Caso seja autorizada a participação do participante da pesquisa sob sua responsabilidade, a participação dele nas aulas contará com a realização dos experimentos propostos, observação e registro das ocorrências dos experimentos, realização de medidas experimentais utilizando multímetros e responder os questionários diagnósticos e avaliativos.

Esclarecemos ainda, que podem ocorrer alguns desconfortos (incômodos) ou riscos, como o participante da pesquisa sentir cansaço ao responder questionários, sentir emocionalmente pressionado por ter tempo para realizar as atividades, receio de não saber responder às perguntas durante a aplicação do projeto de pesquisa; ou ocorrer constrangimento durante as gravações de áudio e vídeo (contudo, gostaríamos de informar que estes materiais não serão divulgados com identificação, sendo, somente uma coleta de informações sobre a aplicação do PE), ou receio de quebra de sigilo, mal estar devido uma possível não compreensão de alguma atividade que envolva o preenchimento de algum instrumento previsto nesta pesquisa, ou não se sentir confortável durante as rodas de conversa com a professora e os demais colegas de turma (informamos que não há

obrigação de se pronunciar, caso não se sinta bem e qualquer interferência ou fala que seja considerada desrespeitosa a professora irá interferir de forma coerente com a situação). Contudo, em qualquer uma das situações o participante da pesquisa pode procurar a sua professora responsável pela aplicação do PE, e ela saberá como conduzir e resolver a situação para ajudar o participante da pesquisa a esclarecer sua dúvida e continuar no processo, e em caso de algum constrangimento esclarecer o motivo e deixá-lo(a) confortável.

Os experimentos que vão ser realizados durante a pesquisa foram construídos pela professora, evitando materiais cortantes e sem risco de danos físicos aos estudantes. O manuseio dos equipamentos é de fácil realização e contará com o auxílio da professora para orientação e em casos de inseguranças ou medo de manipulação a mesma irá auxiliá-los

Quanto ao risco das atividades em grupo, caso ocorra alguma discordância com algum outro participante da pesquisa, também deve se direcionar a sua professora, e ela estará atenta e conversará com os envolvidos explicando e esclarecendo de forma imparcial resolvendo a situação. Em último caso fica claro que o participante da pesquisa poderá desistir de sua participação a qualquer momento. Em relação ao risco do participante da pesquisa ser exposto, deixamos claro que a atividade será desenvolvida na escola dos mesmos, e é garantida a manutenção de sigilo e da sua privacidade em todos os registros durante todas as fases da pesquisa, tendo acesso a esses dados somente as pesquisadoras responsáveis.

Quanto aos benefícios dos participantes da pesquisa, além do aprendizado utilizando metodologias ativas como experimentação, rotações por estações e rodas de conversas que podem proporcionar aulas mais dinâmicas e que potencializam o pensamento crítico e a interpretação de resultados, bem como a observação. Conta também com uma aprendizagem com significados forma mais atrativa, buscando compreender a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética, bem como, aplicações que este fenômeno permite em nossas vidas. Além de se sentir valorizado pois estará contribuindo para a validação da dissertação de mestrado de sua professora e ao programa de pós-graduação do MNPEF/UEM, bem com o Produto Educacional (PE), que após o término do mestrado e sua defesa, será disponibilizado de forma gratuita para uso de qualquer pessoa da comunidade acadêmica ou não, portanto de uso público, e o próprio participante da pesquisa no futuro desse PE.

Durante todo o período da pesquisa, tanto o participante da pesquisa quanto o responsável terão a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer esclarecimento. Para isso, entre em contato com a pesquisadora Rafaela Garbin da Silva, Telefone: (44) 9 99351403, e-mail:rafagarbinsilva@gmail.com ou pg403890@uem.br, residente em Colorado-PR, local de aplicação do PE, bem como com o Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes, email:prgfernandes@uem.br Departamento de Física da UEM, Maringá – PR. Além disso, se tiver algum problema relacionado com a pesquisa, o participante da pesquisa terá direito à assistência gratuita que será prestada por mim, Rafaela Garbin da Silva, docente responsável pela turma e aplicação da pesquisa. Fica garantida a possibilidade de não aceitar participar de alguma etapa ou de retirar sua permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão.

Sobre os resultados desta pesquisa esclarecemos que são de livre acesso e por tempo indeterminado, serão divulgadas na dissertação de mestrado, e talvez em eventos e/ou publicações em revista da área de ensino, sem a sua identificação e a dos demais voluntários(as), para isso será usado um código, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do(a) participante da pesquisa. Também poderão ser utilizadas imagens registradas em aula, sem identificação e de forma que não se possa identificar os participantes. O material para a coleta dos resultados desta pesquisa serão destruídos 5 anos após o seu término. Nesse período o material impresso ficará de posse da mestrande e guardadas em local seguro, e os digitais ficarão armazenados em um HD externo de posse dos responsáveis por essa pesquisa. Esclarecendo ainda que tais armazenamentos ocorrerão de forma que não haja prejuízo de obtenção de novo consentimento para utilização destes dados ou material de pesquisa futuros.

As despesas necessárias para a participação na pesquisa serão assumidas pelas pesquisadoras. A participação do(a) participante da pesquisa é totalmente voluntária e de forma gratuita. Fica, também, garantida a indenização em casos de danos comprovadamente associados ou decorrentes da participação nesta pesquisa.

As dúvidas, caso ainda os tenha, sobre os direitos do participante desta pesquisa você poderá ainda contatar o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP). O comitê de ética e pesquisa (CEP) é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, existentes nas instituições que realizam pesquisa que envolve seres humanos no Brasil, e foi criado com o objetivo de proteger os participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro dos padrões de ética (Resolução Nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde-CNE. O Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP/UEM) situa-se na Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá - Pr. Telefone: (44) 3011-4597, e-mail: copep@uem.br. A COPEP solicita a gentileza de agendar horário, a fim de evitar aglomerações caso necessite de atendimento presencial.

Autorização

Eu, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter assistido ao vídeo gravado pela professora responsável que me foi fornecido, onde após ter tido a oportunidade entrar em contato para conversar com a pesquisadora responsável por aplicar a presente pesquisa, esclarecendo todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado(a), ficando claro que a participação de _____ será como participante voluntário, e que a qualquer momento este consentimento pode ser retirado, bem como, o participante da pesquisa, sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais o participante da pesquisa será submetido, dos possíveis danos ou riscos e da garantia de confidencialidade (quanto a imagem, materiais de coletas e identificação). Diante do exposto e de espontânea vontade, fica expressa a concordância da sua participação nesta pesquisa, todas as folhas devidamente rubricadas e assinando este termo em duas vias, uma das quais me foi entregue.

Assinatura do(a) responsável pelo aluno(a)

Profa. Rafaela Garbin da Silva
Assinatura do responsável pela obtenção do TCLE

Colorado, ____ de _____ de 2023.

CONTATOS:

- Profa. Rafaela Garbin da Silva, Telefone: (44) 99935-1403, e-mail: rafagarbinsilva@gmail.com ou pg403890@uem.br, Colégio Estadual do Campo Tereza Cristina. Endereço: Rua São Paulo, 316 Dist. Alto Alegre- Colorado-PR, 86695-000. Fone: (44) 3340-1121.
- Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes, Telefone: (44) 3011-4330 (secretaria DFI) e-mail: prgfernandes@uem.br – Departamento de Física – Centro de Ciências Exatas - Universidade Estadual de Maringá – Bloco G56 – sala 10 (sala do orientador - Av. Colombo 5790 –

87020-030 – Campus Universitário (Zona 07) - Maringá –PR.

- Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP/UEM) situa-se na Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá - Pr. Telefone: (44) 3011-4597, e-mail: copep@uem.br. A COPEP solicita a gentileza de agendar horário, a fim de evitar aglomerações caso necessite de atendimento presencial.

Apêndice E: Produto Educacional

Neste apêndice, encontra-se o Produto Educacional, para ser realizado de forma independente, considerando as particularidades de cada escola, turma e professor(a). Para facilitar o seu uso, o mesmo será apresentado a seguir.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 20

PRODUTO EDUCACIONAL

MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS
PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY

Autores: Rafaela Garbin da Silva e Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Maringá - PR
2025

MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY

Este produto educacional é parte integrante da
dissertação: EXPLORANDO O
ELETROMAGNETISMO: UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM
EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A
LEI DE FARADAY, desenvolvida no âmbito do
Programa de Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em Ensino de
Física.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Maringá-PR
2025

APRESENTAÇÃO

Prezado leitor(a), o presente trabalho parte de uma proposta de sequência didática (SD) com o objetivo de contribuir para o ensino de Física nas aulas sobre a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética. Neste trabalho, foi elaborado, desenvolvido e aplicado um Produto Educacional (PE) que buscasse despertar o interesse dos alunos para compreender tal fenômeno e fornecer subsídios para o trabalho dos professores em sala de aula.

A sequência didática é composta por atividades experimentais, questionários, rodas de conversa, debates e análise dos resultados utilizando abordagens que buscam colocar o aluno como protagonista do seu conhecimento e relacionar os conceitos físicos com as suas aplicações. Nesse sentido, algumas metodologias de ensino foram adotadas, dentre elas, a rotação por estações com experimentos que permitem a observação do fenômeno de indução eletromagnética e a manipulação dos experimentos realizada pelos alunos. Houveram também algumas análises das práticas experimentais e rodas de conversas que nortearam as aulas e a construção dos conceitos físicos a partir da compreensão dos discentes sobre os temas estudados.

O trabalho conta com um capítulo de fundamentação teórica que aborda todos os conhecimentos necessários para a compreensão do conceito de indução eletromagnética. Possui também um capítulo sobre a sequência didática (SD), explicitando as habilidades da BNCC a serem exploradas, a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e algumas metodologias adotadas para buscar uma aprendizagem. Além disso, oferece uma descrição detalhada das aulas, com os passos e explicações de cada uma das atividades propostas, bem como a descrição das montagens experimentais e sugestões para que possam ser reproduzidas. Apresenta também os critérios de correções que serão adotados nesta SD e as respostas esperadas para cada questão que os alunos terão de responder durante este trabalho.

A construção deste PE foi elaborada tomando como referência uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública do Estado do Paraná, na modalidade Educação de Campo, com o total de 13 alunos. Portanto, para utilizar a SD em outras turmas, se faz necessário analisar suas particularidades, como o número de alunos, e se necessário realizar algumas adaptações. Uma sugestão é aumentar o número de montagens experimentais para que possa atender melhor às necessidades da turma.

No Apêndice I consta o Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados, com um material de apoio contendo os passos a serem realizados nos experimentos e os 6 questionários propostos pela SD.

No Apêndice II, consta o Material do Professor: Questionários com respostas esperadas, com um material de apoio contendo as devidas respostas esperadas para cada uma das questões dos questionários pertencentes à SD, além de alguns comentários sobre o que espera-se que os alunos observem e compreendam em alguns pessos realizados nos experimentos.

No Apêndice III, há o Guia de Montagem Experimental, com a descrição da montagem dos experimentos realizados ao longo da SD e dos materiais que foram utilizados na construção.

Na construção deste PE, algumas pessoas foram fundamentais para a elaboração e auxílio. Agradeço, aos meus pais por me motivarem a cada dia, a minha mãe Maria de Fátima Garbin da Silva por toda paciência e conselhos valiosos, ao meu pai Ademir Aparecido dos Reis da Silva por toda ajuda e zelo me auxiliando nas montagens das plataformas e suportes de madeira. Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes por todos os ensinamentos, apoio e por ter sempre me acompanhado e orientado na elaboração deste PE. Também agradeço à Prof. Dra Hatsumi Mukai por todo aprendizado, pelo tempo e dedicação para me ajudar a lapidar este trabalho. Agradeço a todos da minha família e amigos que contribuíram para este trabalho. Um agradecimento especial ao meu amigo da graduação Alexandre Lopes de Sousa Freitas por toda a ajuda com as montagens experimentais, pelas conversas e trocas de informações, pelo aprendizado e por sempre estar disposto a me ajudar.

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

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Introdução..... | 1 |
| 1 Fundamentação teórica..... | 2 |
| 1.1 Fundamentos teóricos de Física..... | 2 |
| 1.2 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)..... | 6 |
| 2 Sequência Didática..... | 8 |
| 3 Desenvolvimento das aulas..... | 11 |
| 3.1 Aula 1 - Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética..... | 14 |
| 3.2 Aula 2 - Atividade rotação por estações..... | 16 |
| 3.2.1 Rotação por estações..... | 17 |
| 3.2.1.1 Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted..... | 18 |
| Objetivo..... | 18 |
| Materiais utilizados..... | 19 |
| Montagem experimental..... | 19 |
| 3.2.1.2 Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico..... | 20 |
| Objetivo..... | 21 |
| Materiais utilizados..... | 21 |
| Montagem experimental..... | 22 |
| 3.2.1.3 Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida..... | 23 |
| Objetivo..... | 24 |
| Materiais utilizados..... | 24 |
| Montagem experimental..... | 24 |
| 3.3 Aula 3 - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações..... | 25 |
| 3.4 Aula 4 - Experimento da Lei de Faraday..... | 28 |
| 3.4.1 Experimento da Lei de Faraday..... | 29 |
| Materiais utilizados..... | 31 |
| Descrição do experimental..... | 32 |
| Montagem experimental..... | 32 |
| Círculo gerador..... | 32 |
| Círculo Receptor..... | 35 |
| Medidas realizadas..... | 37 |
| 3.5 Aula 5 - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações..... | 39 |
| 3.6 Aula 6 - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final. | 40 |
| 4 Considerações finais..... | 43 |
| Referências Bibliográficas..... | 44 |
| Apêndice I - Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados..... | 45 |
| Apêndice II - Material do Professor: Questionários com respostas esperadas..... | 61 |
| Apêndice III - Guia de Montagem Experimental..... | 76 |

Introdução

Muitas vezes compreender a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética pode representar um desafio para muitos alunos, principalmente porque, embora ocorra com frequência no cotidiano, não é simples observar diretamente esse fenômeno, dada a sua própria natureza. Tendo em vista essa dificuldade, neste trabalho é proposto um experimento que permita o aluno visualizar o processo de indução eletromagnético a distância. Contudo, alguns estudos apontam que é necessário entender o processo pelo qual os indivíduos aprendem.

Assim, este trabalho terá como base a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que defende a utilização de subsunções, que funcionam como conceitos chave e realizam uma conexão entre o conhecimento pré-existente do aluno com o novo conteúdo que está sendo apresentado a ele (MOREIRA, 2012).

Existem também condições para ocorrer a aprendizagem significativa, primeiramente o material de aprendizagem deve ser significativo ao aluno e o mesmo deve apresentar uma predisposição a aprender (MOREIRA, 2012).

Este produto educacional propõe uma sequência didática SD para trabalhar a Lei de Faraday no ensino médio, trazendo uma problematização sobre motores, carregadores de celulares e fogão por indução e utilizando abordagens experimentais que possam ser úteis para os que os professores do ensino médio possam trabalhar nas aulas de Física.

1 Fundamentação teórica

Neste capítulo, serão apresentados os fundamentos teóricos de Física e a teoria de aprendizagem que serviram como base para o desenvolvimento deste PE.

1.1 Fundamentos teóricos de Física

Um dos ramos da Física muito importante é o eletromagnetismo que estuda os fenômenos da eletricidade e magnetismo. Em 1820, Oersted descobriu que a passagem da corrente elétrica em um fio condutor produz fenômenos magnéticos. Verificando os efeitos originados por um ímã e por uma corrente elétrica percorrendo um fio condutor, percebeu-se que produziam o mesmo efeito, isso indica que a corrente elétrica gera campo magnético assim como aquele gerado pelos ímãs (RAMALHO et al., 2007).

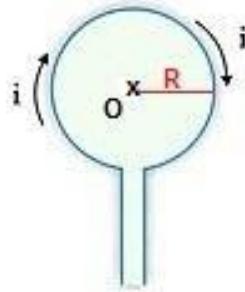
As equações de Maxwell compõem a base do eletromagnetismo. E, para compreender alguns destes fenômenos envolvendo eletricidade e magnetismo, existem algumas leis fundamentais como a Lei de Gauss, a Lei de Ampère e a Lei de Faraday.

Em uma distribuição de cargas é possível obter a intensidade do campo elétrico somando todos os campos elétricos produzidos por todas as cargas, o que em casos de simetria plana, cilíndrica ou esférica pode ser determinado pela Lei de Gauss. Por meio da Lei de Ampère em alguns casos simétricos também é possível obter campo magnético total que esteja associado a uma distribuição de corrente, se somar os campos magnéticos produzidos por todos elementos de corrente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Ambas as leis dependem das dimensões da distribuição de cargas e de corrente para calcular o campo elétrico e magnético, respectivamente. No entanto, não serão tratados aqui todos os casos. Contudo, para este trabalho será importante interpretar o campo magnético em uma espira circular de centro O e raio R como da Figura 1. Desta forma, o campo magnético B localizado no centro O da espira é perpendicular ao plano da espira e seu módulo pode ser demonstrado pela Equação 1 onde μ_0 é chamada de permeabilidade magnética do meio (BONJORNO et al., 2016).

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (1)$$

Figura 1 - Representação de uma espira percorrida por uma corrente elétrica.

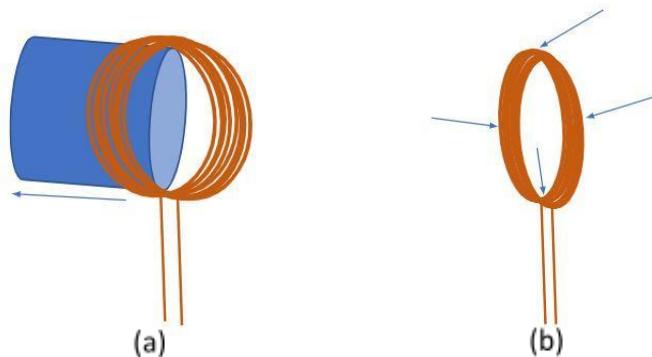


Fonte: adaptado de <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Espira.jpg>>. Acesso em: 30 set. 2023.

Uma espira percorrida por uma corrente elétrica gera um campo magnético semelhante ao de um ímã, possuindo polo norte e polo sul. Ao enrolar um fio pode-se formar várias espiras e assim, ao juntar um número N de espiras enroladas, tem-se uma bobina.

Para fazer a bobina, siga os seguintes passos: Pegue um recipiente, por exemplo, um frasco de conserva vazio, e enrole um fio em torno do frasco, deixando livre as extremidades do fio (que servirá para contato). O número de voltas em torno do frasco será o número de espiras. Quando enrolar o suficiente, retire o frasco como indicado na Figura 2 (a). Deixe as extremidades do fio com o mesmo comprimento e corte o fio. Após, corte 3 pedaços de fita isolante para amarrar a espira. Junte as espiras prendendo-as em alguns pontos, indicado com setas na Figura 2 (b). Raspe as extremidades das extremidades do fio. Está pronta a bobina.

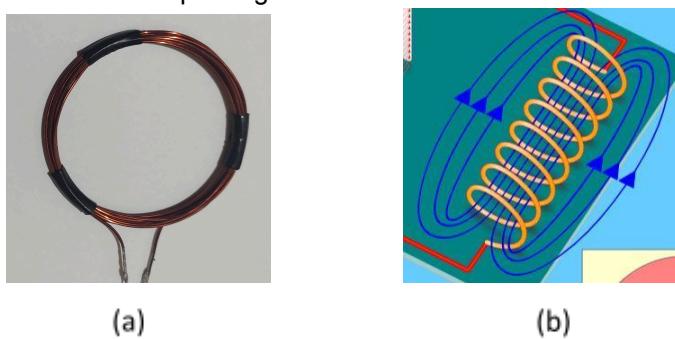
Figura 2 – Desenho ilustrativo para a confecção da bobina: (a) retirando o frasco que serviu de apoio para enrolar as espiras e de que deve deixar um comprimento de fio antes e depois; (b) indicando com uma seta sugestão de onde amarrar para que fique firme.



Fonte: a autora.

Na Figura 3 (a), observa-se a imagem de uma bobina feita com 12 espiras, que será utilizada neste trabalho. As linhas de campo magnético produzidas por cada espira, possuem uma região chamada de polo norte, onde saem as linhas de indução e uma chamada polo sul onde as linhas entram. Uma possível representação das linhas de campo magnético pode ser observada na Figura 3 (b), que ilustra um solenoide, cujo seu comprimento é maior que o seu diâmetro (BONJORNO et al., 2016).

Figura 3 - (a) Imagem fotográfica de uma bobina com 12 espiras; (b) Representação de linhas de campo magnético em um solenóide.



Fontes: (a) Arquivos da autora, 2023; (b) <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_elmg&l=pt>. Acesso em: 30 set. 2023.

Outra equação de Maxwell é conhecida como Lei de Faraday. Após várias tentativas experimentais, em 1831, Michael Faraday descobriu que uma corrente elétrica poderia ser produzida ao variar um ímã em torno de um fio no formato espiral (BONJORNO et al., 2016).

Ao variar, no tempo, o campo magnético \vec{B} , que atravessa a superfície de uma espira, surge, na espira, uma força eletromotriz e , uma corrente pode ser induzida na espira. A lei de indução de Faraday aponta que uma força eletromotriz é induzida quando há variação do número de linhas de campo magnético que atravessam a espira (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

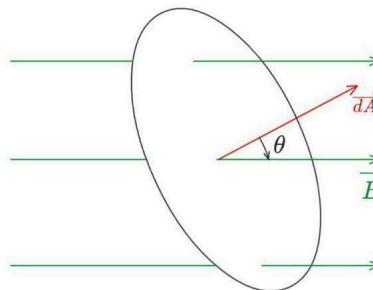
Portanto o fluxo do campo magnético ϕ_B representado na Figura 4 é dado pela Equação 2:

$$\phi_B = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA \quad (2)$$

Algumas equações no ensino médio são trabalhadas de forma diferente, devido aos recursos matemáticos utilizados. Ao considerar o campo magnético perpendicular à superfície formada pela espira, tem-se que o produto escalar entre os vetores \vec{B} e $d\vec{A}$ fica igual ao módulo do vetor \vec{B} , representado por B , e o valor da área A . Isso se verifica porque o ângulo θ formado entre \vec{B} e $d\vec{A}$ é igual a zero e o cosseno de zero é igual a um. Assim, para um ângulo qualquer θ entre os vetores os vetores \vec{B} e $d\vec{A}$ (Figura 4), obtém a Equação 3. Portanto, o fluxo total do campo magnético ϕ_B pode ser obtido pelo produto da intensidade do campo magnético, B , que atravessa uma superfície de área, A , e o cosseno do ângulo θ entre vetores \vec{B} e $d\vec{A}$ conforme representado na Figura 4 (BONJORNO et al., 2016).

$$\phi_B = BA \cos\theta \quad (3)$$

Figura 4 - Representação do fluxo do campo magnético atravessando uma superfície de área A ; $d\vec{A}$ é uma área infinitesimal (elemento de área); \vec{B} é o campo magnético.



Fonte: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31786861>>. Acesso em: 23 set 2023.

Desta forma, a variação do fluxo do campo magnético cria na espira condutora uma força eletromotriz (fem) induzida ε , cujo valor é igual a taxa de variação do fluxo magnético $\Delta\phi_B$ que atravessa a espira num determinado tempo e pode ser calculada pela Equação 4.

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} \quad (4)$$

Em (4), o sinal negativo indica o sentido da corrente, descrito pela Lei de Lenz. Nela, quando há um campo magnético variando com o tempo próximo a um condutor fechado, surge nesse condutor, um campo magnético induzido que se opõe à variação do campo magnético que o criou (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Uma fonte de tensão elétrica, a fim de produzir uma corrente elétrica, gera uma força eletromotriz submetendo os portadores de cargas a uma diferença de potencial. Sobre a fem, não se trata exatamente de uma força, afinal, esse é somente o termo utilizado para indicar essa diferença de potencial produzida por uma fonte de tensão (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016, p.375) “(...) a força eletromotriz de uma fonte é o trabalho por unidade de carga que a fonte realiza para transferir cargas do terminal de baixo potencial para o terminal de alto potencial”.

O trabalho que é realizado por uma fonte que seja ideal (sem resistência) teria que ser igual a energia que aparece no resistor, segundo a Lei de conservação de energia. Assim, obtém-se a Equação 5, na qual fem ε corresponde a energia transferida da fonte para poder mover cada carga elétrica no circuito, e a grandeza iR corresponde a energia transferida (em forma de calor para os casos de fonte ideal, sem resistência) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Portanto, utiliza-se a Equação 6 para determinar a corrente induzida i .

$$\varepsilon = i \cdot R \quad (5)$$

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

Na próxima seção será apresentada a Teoria da Aprendizagem Significativa que auxiliará na construção deste PE.

1.2 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

As teorias de aprendizagem são essenciais para as aulas, pois oferecem fundamentação para as práticas adotadas durante o ensino, ajudando a entender

como os alunos aprendem, permitindo que os educadores possam buscar estratégias de ensino que se adequam às necessidades dos estudantes.

Sendo assim, existem teorias cognitivas que possuem como foco o processo de cognição acerca de como as pessoas atribuem um significado a sua realidade (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

Neste sentido, David Ausubel é um autor muito importante da teoria da Aprendizagem Significativa, que refere-se ao processo pelo qual as novas ideias se conectam com os conhecimentos que o aprendiz já sabe (MOREIRA, 2012). Ausubel defende a utilização de subsunçor para realizar a conexão entre os conhecimentos pré-existentes e o conteúdo novo (Moreira, 2012). Segundo o autor, subsunçor pode ser um conceito, uma ideia ou proposição que o aluno já possui, capaz de ancorar a uma nova informação e, assim, adquirir um significado para o aluno (MOREIRA, 2006).

Moreira (2006) afirma que existem condições para que ocorra, a aprendizagem significativa como o material significativo e a disposição do aprendiz. Por exemplo, o material deve ser significativo, ou seja, ter significado e possuir uma relação com o aluno. Além disso, o aluno deve estar disposto a relacionar o material com seus conhecimentos prévios, ou seja, possuir predisposição para integrar, modificar, enriquecer ou dar significado aos conhecimentos.

Na seção 2, a seguir, apresenta-se a SD com o intuito de elaborar aulas para trabalhar de forma mais dinâmica o conceito de indução eletromagnética. Para isso, alguns conceitos são peças importantes para que os alunos consigam assimilar tal conhecimento. Sendo assim, buscam-se diferentes maneiras para o aluno participar mais ativamente das aulas.

2 Sequência Didática

A compreensão da Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética não é muito simples. Além do mais, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel as novas informações devem se relacionar com conhecimentos já existentes.

Este produto educacional busca propor uma SD para trabalhar a Lei de Faraday que seja capaz de construir uma aprendizagem significativa sobre o conceito. Para este fim, se faz necessário uma abordagem mais dinâmica, utilizando de metodologias que tendem a colocar o aluno como protagonista.

Portanto, algumas das atividades consideradas mais adequadas para o grau de compreensão são aquelas que contêm observação dos conceitos em diferentes situações e quando o indivíduo utiliza suas explicações espontâneas sobre os conceitos, o que por sua vez, pode ocorrer em atividades como debates, exposições e trabalhos em equipes (ZABALA, 1998).

Algumas habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) apontam a importância de elaborar hipóteses, previsões e a interpretação de resultados experimentais, assim como a utilização de equipamentos para compreender a tecnologia. (BRASIL, 2018). O que por sua vez indica a importância de utilizar experimentos e uma abordagem sobre aplicações.

A SD, portanto, busca utilizar metodologias que auxiliam a aprendizagem e, como meio de tentar determinar esta aprendizagem, terá como método avaliativo as atividades diagnósticas e processuais.

Durante as aulas, serão realizadas várias atividades de roda de conversa como meio de dialogar e identificar a compreensão dos alunos acerca dos conteúdos propostos. Haverá também uma atividade de rotação por estações, em que os alunos realizam práticas experimentais, manipulando os equipamentos e visualizando os fenômenos. As atividades experimentais, tanto físicas quanto por meio de simuladores, buscam ilustrar e facilitar a compreensão do aluno acerca dos fenômenos estudados.

Para esta SD foram construídos alguns experimentos, que podem ser reproduzidos por professores que queiram utilizá-los em suas aulas, contudo, cabe ressaltar que será necessário realizar alguns testes durante a montagem

experimental, e caso seja necessário, pode-se adaptar ou utilizar outros materiais durante a construção, também pode-se acrescentar novos experimentos, caso o professor(a) julgue necessário para a construção do conhecimento dos alunos. Desta forma, no Apêndice III deste trabalho, há um Guia de Montagem Experimental, com a descrição da montagem dos experimentos propostos e construindo neste trabalho e dos respectivos materiais que foram utilizados na construção.

As características gerais da SD estão descritas no Quadro 1, apresentado como uma ficha técnica sobre as aulas.

Quadro 1 - Ficha técnica da sequência didática.

| TÍTULO - Mergulhando no Eletromagnetismo: Experimentos para Desvendar a Lei de Faraday | |
|---|---|
| Duração: 06 aulas de 50 minutos. | Público alvo: alunos do terceiro ano do ensino médio. |
| CONTEÚDOS | <p>CONCEITUAL</p> <p>Experimento de Oersted:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrente elétrica; • Campo magnético; <p>Circuitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos elétricos; • Circuito em série; • Medidas elétricas; <p>Lei de Ampère:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrente Induzida; • Indução eletromagnética; <p>Lei de Faraday:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Campo Magnético variável no tempo; • Força eletromotriz; • Aplicações tecnológicas; <ul style="list-style-type: none"> o Carregador de celular por indução; o Motores; o Fogão por indução. |
| METODOLOGIAS | <ul style="list-style-type: none"> • Rotação por estações; • Roda de conversa; • Atividades experimentais; • Simulador. |
| | <p>Diagnóstica / Conceitual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Questionário preliminar; |

Continua...

| | |
|-----------|---|
| AVALIAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> • Questionários de análises experimentais. |
| | <ul style="list-style-type: none"> Procedimental / Atitudinal / Factual • Discussão em sala; • Trabalho em grupo; • Atividades experimentais. |
| | <ul style="list-style-type: none"> Avaliativa / Conceitual / Factual • Questionário avaliativo; • Exercício proposto. |

Fonte: a autora.

As habilidades da BNCC a serem trabalhadas têm como objetivo o desenvolvimento dos estudantes. Brasil (2018), apresenta a habilidade da BNCC (EM13CNT301) que dispõe sobre:

“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, p.559).

Essa habilidade destaca a importância de fazer perguntas, testar ideias e aprender a resolver problemas usando métodos científicos, a fim de que os alunos possam construir conclusões e formar opiniões que os ajudem a enfrentar situações-problema do cotidiano. Tal habilidade será empregada na SD deste trabalho por meio de métodos que serão adotados para a coleta de dados, do estímulo à experimentação e à formulação de hipóteses acerca dos fenômenos que os alunos observarão durante as atividades realizadas nas aulas.

Também será trabalhada a habilidade BNCC (EM13CNT308), segundo Brasil (2018) enuncia:

“Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais”. (BRASIL, 2018, p.560).

Essa habilidade retrata a importância de estudar como os equipamentos elétricos e eletrônicos funcionam e buscar compreender como afetam nossas vidas, a sociedade, a cultura e o meio ambiente. A habilidade será explorada por meio da análise acerca do funcionamento de equipamentos relevantes e importantes, como meio de compreender os fenômenos físicos que estão associados a seus respectivos funcionamentos e, também, levantar as opiniões dos alunos sobre sua importância.

3 Desenvolvimento das aulas

O produto educacional segue uma sequência didática (SD) com o total de seis aulas de 50 minutos cada. A estrutura e elaboração desta sequência leva em consideração a construção de conhecimentos com foco final na compreensão da Lei de Faraday por parte dos estudantes.

A SD inclui atividades experimentais, simulador e rodas de conversa, com o objetivo de verificar as concepções dos alunos, proporcionando experiências que os aproximam do conceito de indução eletromagnética, buscando a compreensão e aprendizagem significativa da Lei de Faraday.

Sendo assim, é necessário uma busca por subsunções que são fundamentais para o desenvolvimento da aprendizagem significativa, para que auxilie na atribuição de novos significados aos conceitos.

Desta forma, na SD algumas atividades, questionários e roda de conversa buscam identificar subsunções, para assim no decorrer das atividades poder atribuir a eles novos significados que possam integrar aos significados dos conceitos estudados.

Portanto, a estrutura das aulas da SD foram pensadas e elaboradas seguindo o objetivo de buscar construir uma aprendizagem significativa. Em cada aula, foram trabalhados alguns conteúdos, tendo como abordagem atividades propostas na descrição do Quadro 2.

Quadro 2 - Resumo das aulas.

| Sequência didática | | |
|--------------------|---|--|
| AULA | CONTEÚDO | ATIVIDADE PROPOSTA |
| Aula 1 | Contextualização sobre Indução eletromagnética. Carregador de celular por indução; Fogão por indução. | Questionário 1- Diagnóstico (Apêndice I atividade A1). Roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética com enfoque nos motores, no fogão e no carregador de celular por indução. |

Continua...

| | | |
|--------|---|--|
| Aula 2 | Experimento de Oersted; Campo magnético; Circuitos; Lei de Ampère; Lei de Faraday. | Atividade rotação por estações; Três experimentos: Estação 1: Faça como Oersted; Estação 2: Funcionando o motor elétrico; Estação 3: Gerando corrente induzida. |
| | | Questionário 2 - Análise experimental atividade rotação por estações (Apêndice I atividade A2). |
| Aula 3 | Experimento de Oersted; Campo magnético; Transistor; Lei de Ampère; Lei de Faraday. | Revisão dos conceitos: roda de conversa sobre as observações e experiências dos alunos durante as atividades da aula 2. |
| | | Simulador PhET Colorado; |
| | | Abordagem sobre o funcionamento do transistor e demais componentes eletrônicos. |
| Aula 4 | Corrente Induzida; Força eletromotriz; Lei de Faraday. | Experimento da Lei de Faraday |
| | | Questionário 3- Dados Experimentais: Medida corrente induzida pela distância entre as bobinas (Apêndice I atividade A3). |
| | | Confecção e interpretação do gráfico (i x d) de corrente induzida pela distância entre as bobinas; |
| Aula 5 | Lei de Faraday; Carregador de celular por indução; Fogão por indução. | Retomada e revisão de conceitos e da Lei de Faraday. |
| | | Associação dos conceitos com as aplicações: Motores, carregador de celular por indução e fogão por indução. |
| | | Questionário 4- Organizador de pensamentos (Apêndice I atividade A4). |
| Aula 6 | Corrente elétrica; Campo magnético; Experimento de Oersted; Circuitos; Corrente Induzida; Indução eletromagnética; Lei de Ampère; Força eletromotriz; Lei de Faraday. | Atividade com questões objetivas (Apêndice I atividade A5). |
| | | Questionário 5 – Avaliativo (Apêndice I atividade A6). |

Fonte: a autora.

Foram elaborados seis questionários para serem respondidos pelos alunos no decorrer da SD. O objetivo desses questionários é auxiliar no diagnóstico das concepções e compreensões, o que, por sua vez, possibilita a busca por novas abordagens para melhor absorção do conteúdo proposto e identificação de barreiras existentes para a aprendizagem.

Todos os questionários contaram com questões dissertativas, nas quais os alunos deverão formular respostas com suas palavras. Dessa forma, as respostas dos alunos poderão apresentar uma vasta gama de possibilidades, sendo assim, será necessário realizar uma análise qualitativa sobre os argumentos utilizados em cada questão.

Nos questionários diagnósticos, as respostas esperadas podem ser escritas de diversas maneiras. Portanto, como meio de avaliar a compreensão dos alunos, será necessário identificar termos em comum ou similares às respostas esperadas. E assim, sugere-se classificar as respostas em quatro categorias. Como, “Insuficiente”, quando a resposta não condiz com nenhum aspecto parecido com o esperado em cada questão ou não for capaz de responder à pergunta referida. Como “Parcialmente suficiente”, quando parte da resposta for coerente ou a mesma se encontrar somente incompleta. Também como “Suficiente”, quando todos os argumentos conseguem responder às perguntas sendo considerados como uma boa resposta mesmo que não esteja completamente igual aos argumentos das respostas esperadas. Ou como “Adequada”, quando todos os argumentos estão em perfeita conformidade com o esperado e atende completamente à pergunta.

Cada critério deve ser analisado de acordo com suas características, e uma nota atribuída de acordo com o Quadro 3, que apresenta a faixa contendo os valores de cada conceito, totalizando, no máximo 10 pontos.

Quadro 3 - Critérios de correção dos exercícios.

| CONCEITOS | VALOR |
|-------------------------|--------------|
| Insuficiente | 0 |
| Parcialmente suficiente | 1 - 5 |
| Suficiente | 6 - 9 |

Continua...

| | |
|----------|----|
| Adequada | 10 |
|----------|----|

Fonte: a autora.

A participação do aluno nas aulas e durante as diferentes atividades realizadas no decorrer da SD é muito importante e assim deve ser levada em consideração. Portanto, em cada aula será atribuída uma nota ao aluno classificando sua participação. Além disso, é necessário levar em consideração as particularidades de cada um. Cada participação, manipulação e discussão realizada durante a aula deve ser considerada ao classificá-lo.

Para cada aula, deve-se analisar a participação de forma individual e uma nota atribuída ao aluno. Os valores ainda seguem os citados no Quadro 3. Neste caso, indicam-se os seguintes critérios: “Insuficiente”, quando o aluno não estiver presente durante a aula ou estiver realizando qualquer outra atividade que não pertença às propostas pela SD. Como “Parcialmente suficiente”, quando o mesmo realizar somente parte das atividades propostas durante a aula. Como “Suficiente”, quando realizar todas as atividades e participar de todas atividades mesmo que com poucas contribuições. E como “Adequada”, quando participar integralmente das atividades realizando as aulas práticas, participando de todas as discussões argumentando e interagindo com os materiais, colegas e professor(a).

Sendo assim, as aulas da SD foram dispostas da seguinte forma.

3.1 Aula 1 - Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética.

No Quadro 4, apresenta-se o esquema sobre a primeira aula, detalhando o plano da aula 1 com as características sobre a aula.

Quadro 4 - Plano da aula 1

| | |
|---|--|
| Tema: Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética. | |
| I - Conteúdo | Lei de Faraday e contextualização sobre Indução eletromagnética. |

Continua...

| | |
|------------------------------|---|
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar os subsunções sobre alguns dos conceitos que auxiliam na compreensão da Lei de Faraday; • Contextualizar através de exemplos de aplicações que utilizam o fenômeno de indução eletromagnética. |
| III - Objetivos específicos | <p>Questionário diagnóstico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Busca identificar as concepções sobre alguns dos conceitos que auxiliam na compreensão da Lei de Faraday, como, as maneiras possíveis de criar campo magnético, a relação existente entre corrente elétrica e campo magnético, o que pode ocorrer ao variar campo magnético, indução eletromagnética suas aplicações e sua relação com a distância e também a possibilidade de existência de carga magnética. <p>Roda de conversa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apresentar aplicações da indução eletromagnética em motores, carregador de celular por indução e fogão por indução. • Aproximar os alunos das aplicações do fenômeno a ser estudado, contextualizando e buscando criar predisposição a aprender. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da proposta de ensino; • Aplicação do questionário diagnóstico (individual); • Roda de conversa sobre aplicações. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Lousa e giz; • Questionário impresso; • Tv. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

Inicialmente será realizada a aplicação do questionário diagnóstico preliminar (Atividade A1), que pode ser encontrado no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados), para verificar os subsunções dos alunos. O questionário é constituído por sete perguntas abertas e espera-se que os alunos

consigam responder de forma adequada. Por este motivo, para correção e análise das respostas serão consideradas as respostas esperadas para cada questão, que podem ser encontradas no Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B1: Respostas esperadas para o Questionário diagnóstico preliminar.

Após recolher o questionário respondido será iniciada uma Roda de Conversa sobre os temas abordados e as percepções dos alunos. Também será realizada uma abordagem sobre possíveis aplicações da indução eletromagnética, questionando e levantando a ideia do funcionamento dos motores, do fogão por indução e do carregador por indução. Esta atividade tem como objetivo possibilitar maior comunicação entre professor e alunos, bem como, identificar mais subsunções dos alunos por meio do diálogo. E também, instigar o interesse dos alunos para a compreensão de algumas aplicações.

3.2 Aula 2 - Atividade rotação por estações.

No Quadro 5, apresenta-se o esquema sobre a segunda aula, detalhando o plano da aula 2 com as características sobre a aula.

Quadro 5 - Plano da aula 2

| Tema - Atividade rotação por estações. | |
|---|---|
| I - Conteúdo | Experimento de Oersted, campo magnético, circuitos, Lei de Ampére e Lei de Faraday. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none">• Construir o conhecimento dos alunos através da observação e manipulação;• Compreensão do experimento de Oersted e alguns conceitos que auxiliem na compreensão da Lei de Faraday. |
| III - Objetivos específicos | <p>Rotação por estações:</p> <ul style="list-style-type: none">• Identificar que corrente elétrica ao atravessar um fio é capaz de gerar campo magnético;• Verificar que o campo magnético criado por uma corrente elétrica ao |

Continua...

| | |
|------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> passar por um fio pode interagir com o campo magnético dos ímãs; Compreender que quando ocorrem variações do campo magnético de um ímã no tempo é possível gerar uma corrente induzida em um condutor. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> Montagem das três estações com os materiais necessários; Divisão da turma em três grupos de 3 a 5 alunos; atividade rotação por estações em grupo; Aplicação do questionário experimental atividade rotação por estações. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> Lousa e giz; Experimentos; Questionário impresso. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

A aula 2 utilizará uma metodologia ativa conhecida por rotação por estações que contará com 3 experimentos separados, para que os alunos possam realizar em grupos. Para que os alunos possam realizar os experimentos, o professor irá fornecer todos materiais necessários e uma instrução para auxiliá-los. Durante a realização de cada experimento, os alunos vão preencher um questionário com perguntas sobre cada estação.

3.2.1 Rotação por estações.

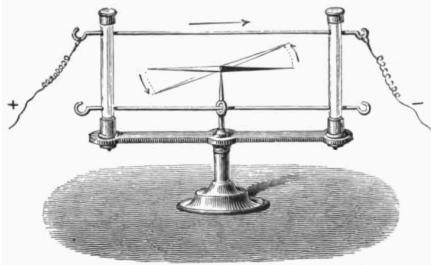
Os alunos vão realizar um total de 3 estações com experimentos diferentes. A turma será dividida em grupos de 3 a 5 alunos, cada grupo terá 10 minutos por estação. Após realizar cada experimento, os alunos, reunidos em seus respectivos grupos, vão discutir e preencher o questionário que pode ser encontrado no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o nome A2: Questionário: Atividade rotação por estações.

3.2.1.1 Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted.

Oersted acreditava que havia uma relação entre os efeitos magnéticos e os elétricos. Assim, realizou experimentos como meio de tentar relacioná-los. Em um experimento (Figura 5), colocou uma agulha metálica em paralelo a um fio metálico por onde é possível percorrer uma corrente elétrica (CHAIB e ASSIS, 2007).

A agulha inicialmente estática e orientada com o campo magnético terrestre, assim, com a passagem da corrente elétrica pelo fio, Oersted observou que a agulha era defletida, alterando sua direção (CHAIB e ASSIS, 2007).

Figura 5 - Imagem ilustrativa do experimento de Oersted.



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oersted_experiment.png>. Acesso em: 23 set. 2023.

Como visto, ele associou que a corrente elétrica passando em um fio gera campo magnético, assim, como o de um ímã, afinal ambos possuem a mesma propriedade magnética. Buscando a compreensão e uma melhor visualização do fenômeno, os alunos vão, nessa atividade experimental, ter a oportunidade de manipular e assim visualizar o que Oersted observou na agulha. Desta forma, os materiais necessários para a atividade precisam ser selecionados e preparados pelo docente.

Objetivo

Esta atividade experimental foi construída com o objetivo de auxiliar os alunos a identificar que corrente elétrica ao atravessar um fio é capaz de gerar campo magnético.

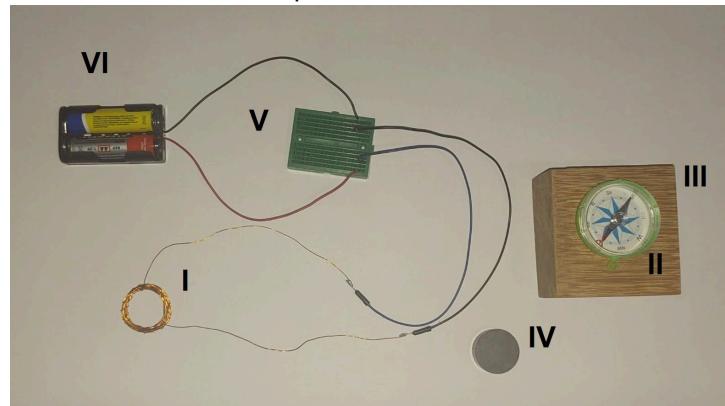
Materiais utilizados

- Uma bússola;
- Um suporte para duas pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5V;
- Um ímã de ferrite em disco (2,5cm x 0,5cm);
- Apoio de madeira;
- Bobina com fio de cobre 0,2 mm enrolado (20 espiras de raio 1 cm);
- Uma mini *protoboard*;
- Dois *Jumpers* (ou 10 cm de fios conectores de 1 mm).

Montagem experimental

A Figura 6 mostra todos os itens que vão ser utilizados neste experimento.

Figura 6 - Imagem fotográfica da montagem experimental da estação 1. Sendo I a bobina com os *jumpers*, II a bússola, III o apoio de madeira, IV o ímã, V a mini *protoboard* e VI o suporte com duas pilhas.

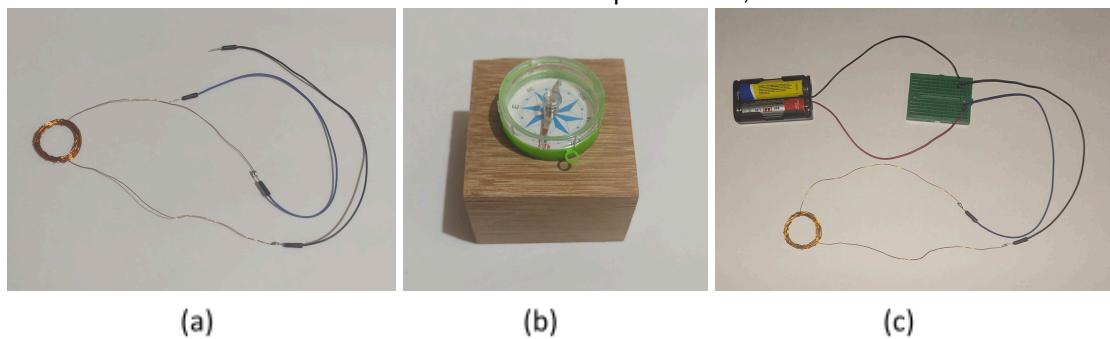


Fonte: arquivos da autora, 2023.

Alguns dos materiais presentes na Figura 6 precisaram ser construídos, como a bobina (I) que, utilizando um fio de cobre, foi construída com 20 espiras deixando livre as extremidades que foram soldados *jumpers* em cada extremidade (Figura 7 (a)). Em todas as ligações foram utilizados *jumpers*, pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na *protoboard*, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar as ligações. Com os demais materiais selecionados a bússola (II) ficará localizada em cima do apoio de madeira (III) de forma que consiga ficar em

repouso como na Figura 7 (b), em seguida alguns testes com o ímã (IV) vão ser realizados aproximando-o da bússola para verificar o que ocorre com ela. O mesmo vai ocorrer com a bobina conectada em série à mini *protoboard* (V) e ao suporte com as pilhas (VI) como mostra a Figura 7 (c) formando um circuito para verificar o que ocorre ao aproximar de uma bússola.

Figura 7 - (a) Imagem fotográfica da bobina de 20 espiras soldada com os *jumpers*; (b) Imagem fotográfica bússola com da montagem expe; (b) Imagem fotográfica do circuito elétrico, formado pela bobina em série com as pilhas de 1,5 V.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Para realização dos experimentos, os alunos terão acesso a algumas instruções necessárias para realizar cada estação, as quais podem ser encontradas no Apêndice I, na atividade A2 referente a Estação 1. Essa atividade também inclui um questionário que exigirá um grande diálogo entre os alunos para que possam responder sobre o que estão observando no experimento.

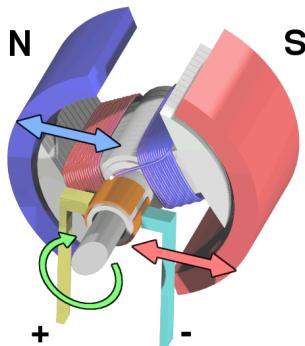
3.2.1.2 Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico.

Existem motores elétricos de pequeno porte até máquinas industriais. Eles são os responsáveis por converter energia elétrica em mecânica, baseando-se no princípio onde de que a corrente elétrica, quando percorre um condutor (fio metálico) em um campo magnético externo, gera uma força perpendicular ao fio, que tende a movimentá-lo. Ao utilizar uma bobina contendo mais espiras e colocá-la imersa ao campo magnético externo, observa-se que, quando a bobina for percorrida por uma corrente elétrica sofrerá interação (SANTIAGO et al., 2018).

A Figura 8 demonstra um motor elétrico onde suas extremidades estão o ímã fixo, representados pelos seus polos norte N e sul S. O ímã será responsável por fornecer um campo magnético externo à bobina que se encontra na parte interna

próximo a um eixo móvel. Existe uma distância entre o ímã e a bobina, como demonstra as setas da imagem. Ao passar corrente pela bobina, a interação do campo magnético do ímã fará com que ela comece a girar (no centro da Figura 8 há uma seta representando o sentido de rotação da bobina).

Figura 8 - Desenho ilustrativo do funcionamento de um motor elétrico.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Electric_motor_cycle_3.png>. Acesso em 09 out. 2023.

Objetivo

A atividade experimental tem como objetivo levar o aluno a refletir que o campo magnético criado por uma corrente elétrica ao passar por um fio pode interagir com o campo magnético dos ímãs.

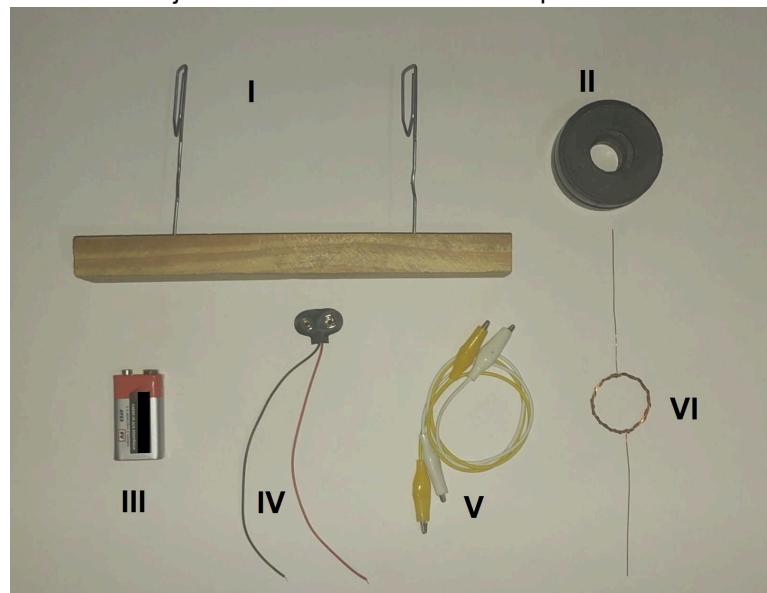
Materiais utilizados

- Bateria 9 V;
- Conector para bateria 9 V tipo T;
- Um suporte de madeira;
- Dois clips (6/0);
- Dois ímãs de ferrite em formato de anel (retirado de alto falante);
- Dois cabos com garras jacaré;
- Bobina de fio de cobre 0,3 mm enrolado (5 espiras de raio 1,5 cm).

Montagem experimental

Para este experimento foram utilizados os materiais representados na Figura 9. Foi construído um suporte de madeira com dois clips fixos (I) de forma que os ímãs (II) possam ser colocados sobre a madeira, entre os clips. Foi montado também um circuito com uma bateria 9V (III) com um conector de bateria tipo T (IV) de forma que cada ponta do conector será ligado a um dos cabos com garras (V), que vão ser conectadas aos dois cliques fixos no suporte. Com o fio de cobre enrolado foi construída uma bobina (VI) de 5 espiras que conectarão os dois cliques de forma que o circuito elétrico era fechado.

Figura 9 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 2, sendo I o suporte feito com madeira e clips, II os ímãs, III a bateria 9 Volts, IV o conector de bateria, V os cabos de garras jacarés e VI a bobina com 5 espiras.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

A montagem experimental completa deste experimento está indicada na Figura 10. Para realização do experimento os alunos terão algumas instruções para seguir e um questionário a ser preenchido de acordo com a observação e conhecimento dos alunos. Esse material pode ser encontrado no Apêndice I, na atividade A2 referente à Estação 2.

Figura 10 - Imagem fotográfica da montagem para experimento da estação 2.



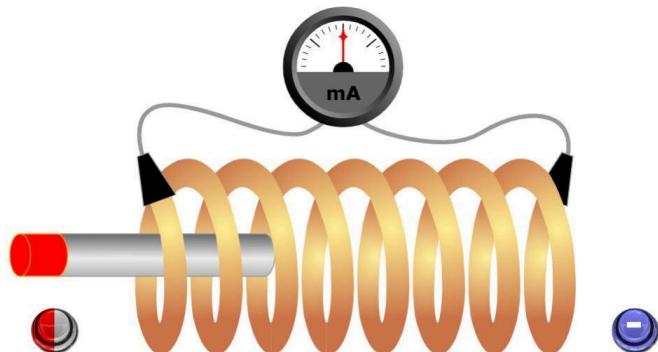
Fonte: arquivos da autora, 2023.

3.2.1.3 Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida.

Faraday descobriu que é possível induzir uma força eletromotriz e um corrente em uma espira ao variar a quantidade de campo magnético que está atravessando essa espira (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Assim, na Figura 11, imagina-se um experimento relacionado com a lei de indução de Faraday, no qual existem espiras ligadas a um amperímetro. Assim, ao aproximar um ímã, observa-se que o amperímetro marca uma corrente por um instante, e ao afastar o ímã o mesmo ocorre.

Figura 11 - Desenho experimento relacionado a lei de indução de Faraday



Fonte:

<https://www.vaskak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_indukce_accel&l=pt>.

Acesso em 07 out. 2023.

Verifica-se, com o experimento da Figura 11, que para induzir uma corrente é necessário variar o fluxo de campo magnético em uma bobina. No experimento a seguir, busca-se uma alternativa para variar esse campo magnético e assim gerar uma corrente induzida.

Objetivo

A atividade experimental tem como objetivo levar o aluno a verificar que quando ocorrem variações do campo magnético de um ímã no tempo é possível gerar uma corrente induzida em uma bobina.

Materiais utilizados

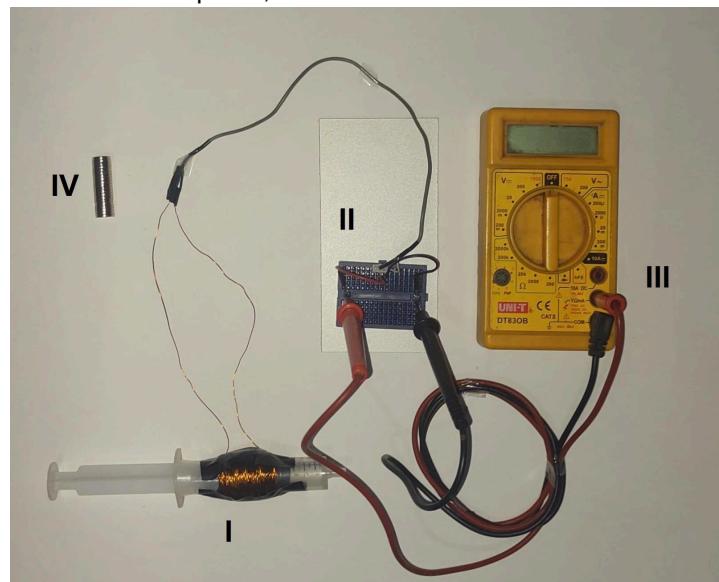
- Seringa (10 ml com 1,8 cm de diâmetro);
- Bobina com fio de cobre 0,2mm (300 voltas);
- Fita isolante;
- Ímãs de Neodímio em disco (20 unidades de 10mm por 1,5mm);
- Suporte de madeira;
- Multímetro;
- Dois cabos ponta de prova;
- Uma mini protoboard;
- Dois fios encapados (retirados de qualquer equipamento eletrônico);
- *Jumpers* (ou 4 cm de fios conectores de 1 mm).

Montagem experimental

Neste experimento (Figura 12) um fio de cobre foi enrolado em volta de uma seringa (300 voltas) e fixado com fita isolante (I), de forma que, as duas pontas fiquem livres, as suas extremidades estão conectadas fios encapados que conectam à dois *jumpers* que foram soldados na mini *protoboard* (II) fixa em um suporte de madeira, assim com o multímetro (III) ligado em série será possível medir a corrente induzida. No interior da seringa foram colocados os 20 ímãs de neodímio (IV). Neste processo, foram utilizados *jumpers*, pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na *protoboard*, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar

as ligações. A montagem experimental pode ser observada na Figura 12 onde o ímã deve estar no interior da seringa para realização do experimento. Contudo, aconselha-se soldar todas as conexões como maneira de reduzir os riscos dos alunos ao manipular os experimentos e acabar desconectando-os e prejudicando na execução do experimento.

Figura 12 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 3, sendo I o fio de cobre enrolado na seringa como uma bobina, II as conexões com *jumpers*, III o multímetro com cabos de prova, IV ímãs de neodímio.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Para realização do experimento os alunos terão algumas instruções e um questionário a ser preenchido de acordo com a observação e conhecimento dos alunos. Esse material pode ser encontrado no Apêndice I, na atividade A2, referente à Estação 3.

3.3 Aula 3 - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações.

No Quadro 6, apresenta-se o esquema sobre a terceira aula, detalhando o plano da aula 3 com as características sobre a aula.

Quadro 6 - Plano da aula 3.

| Tema - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações | |
|--|--|
| I - Conteúdo | Experimento de Oersted, campo magnético, transistor, Lei de Ampère e Lei de Faraday. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none"> • Retomada de conceitos; • Identificar as observações e experiências obtidas pelos alunos durante os experimentos da aula anterior; • Compreensão do funcionamento do transistor e demais componentes eletrônicos; |
| III - Objetivos específicos | <ul style="list-style-type: none"> • Escutar as experiências dos alunos através da roda de conversa; • Obter um relato das observações dos alunos sobre os experimentos da aula anterior; • Revisão do conteúdo associando corretamente o que foi observado com os conceitos, de acordo com as experiências dos alunos e com auxílio de um simulador computacional. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> • Roda de conversa sobre as observações realizadas; • Realização dos experimentos da aula anterior com novas observações de toda a turma; • Realização de atividade experimental no simulador; • Abordagem sobre o funcionamento de um transistor como chave eletrônica. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Lousa e giz; • Experimentos; • Simulador; • Tv. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica. |

Fonte: a autora.

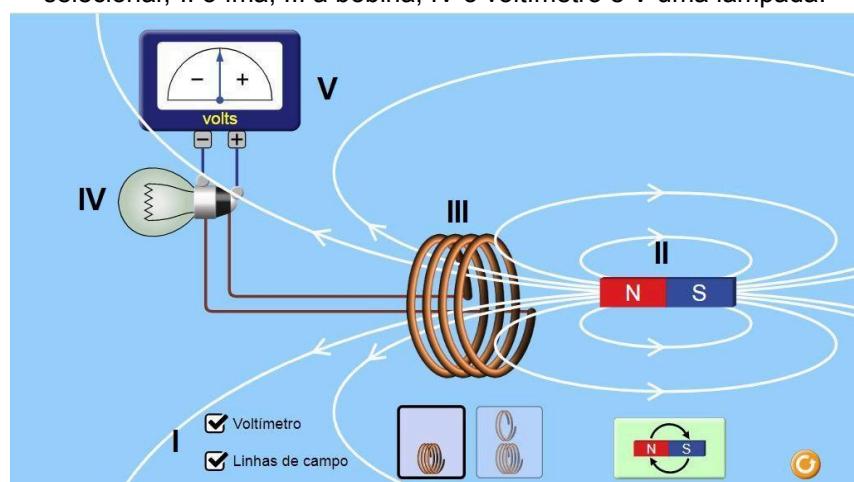
Nesta aula será realizada uma revisão sobre alguns conceitos vistos nos experimentos. Revisando o experimento de Oersted, a Lei de Ampère e a Lei de Faraday.

O professor(a) deve chamar a atenção dos alunos para o que foi observado em cada etapa dos experimentos, relacionando essas observações com as leis e conceitos a serem retomados. Demonstrando os experimentos e discutindo o que cada grupo havia observado e relatado na aula anterior.

O questionário aplicado na aula anterior (APÊNDICE I atividade A2) deverá ser analisado antes da aula 3, para que o professor (a) leve em consideração as respostas dos alunos em cada atividade e, assim, possa buscar suprir as barreiras e deficiências conceituais existentes. Para a correção deste questionário, existem respostas esperadas; sendo assim, para corrigir seguindo os critérios de correção e verificar as respostas obtidas, o professor poderá consultar o Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) com o nome B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações.

Os alunos vão realizar uma prática experimental usando o simulador PhET Colorado Lei de Faraday, representado pela Figura 13, para auxiliar na compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula, além dos fenômenos físicos vivenciados anteriormente.

Figura 13 - Captura de tela do simulador PhET Colorado Lei de Faraday, sendo I as opções para selecionar, II o ímã, III a bobina, IV o voltímetro e V uma lâmpada.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/faradays-law>. Acesso em: 04 out. 2023

Com o simulador o aluno poderá selecionar as opções voltímetro e linhas de campo (I) para obter uma melhor visualização do experimento. Em seguida, com o mouse, o ímã (II) pode ser arrastado pela tela aproximando-o e afastando-o da bobina (III). Com isso um questionamento surgirá. Será com o ímã em repouso ou em movimento o mesmo irá acontecer?. Assim, poderão verificar que, com o ímã em

repouso nada acontece com os ponteiros do voltímetro (IV), mas ao mover o ímã, as linhas de campo magnético também se movimentam e com isso o voltímetro (IV) apresenta uma interação indicando a presença de uma tensão elétrica e uma lâmpada (V) varia sua intensidade luminosa.

Durante a aula também será estabelecido um diálogo por meio de uma roda de conversa, com os alunos de forma que possam destacar suas experiências em grupo durante a aula 2.

Em um segundo momento será realizada uma abordagem sobre o funcionamento e as aplicações de transistores de forma que os alunos consigam compreender seu funcionamento como uma chave eletrônica.

SUGESTÃO I - Para trabalhar sobre o que é o transistor, sugere-se que se assista ao vídeo do youtube: “Aula 15 transistor princípios de funcionamento” de Romulo Albuquerque – com duração: 30min51s, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mUK6UwhY6o0>.

3.4 Aula 4 - Experimento da Lei de Faraday.

No Quadro 7, apresenta-se o esquema sobre a quarta aula, detalhando o plano da aula 4 com as características sobre a aula.

Quadro 7- Plano da aula 4.

| Tema - Experimento da Lei de Faraday | |
|---|--|
| I - Conteúdo | Corrente induzida, força eletromotriz e Lei de Faraday. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none">• Construir o conhecimento dos alunos através da observação e manipulação;• Observar o fenômeno de indução eletromagnética. |
| III - Objetivos específicos | <p>Experimento:</p> <ul style="list-style-type: none">• Verificar que o fenômeno de indução eletromagnética que ocorre a distância quando um circuito gerador provoca a variação de um campo magnético e assim, gerar corrente induzida em uma bobina receptora. |

Continua...

| | |
|------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar medidas de corrente induzida pela distância e construção de gráficos; • Compreender a Lei de indução eletromagnética ou Lei de Faraday; • Analisar os resultados obtidos interpretando o processo de indução e a relação da distância entre as bobinas. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> • Realização do experimento da Lei de Faraday; • Aplicação de questionário de dados experimentais; • Realização de medidas experimentais; • Construção de gráfico e análise de dados. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Experimento; • Lousa e giz; • Questionário impresso; • Tv. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

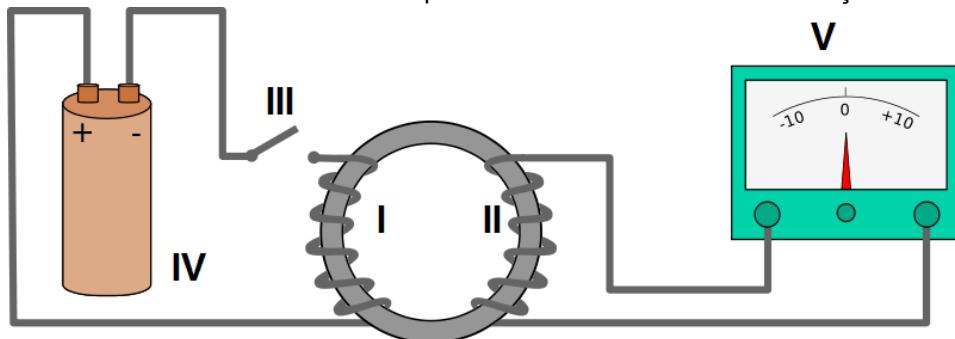
A aula em questão tem como foco principal o experimento de geração de energia à distância. Nela, os alunos terão contato direto com o experimento e o realizarão em grupos, observando e medindo a variação da corrente induzida em função da distância entre as bobinas.

3.4.1 Experimento da Lei de Faraday

Imagina-se um experimento que está relacionado com a lei de indução de Faraday, contendo duas bobinas condutoras (I e II) estando próximas, sem contato físico, e dois circuitos separados como o da Figura 14. Ao acionar a chave III, permite-se que a corrente proveniente da pilha IV passe pela bobina I, e assim o amperímetro V apresenta por um instante uma medida de corrente. Ao desligar a chave III, também verifica-se uma medida de corrente no amperímetro no sentido oposto. Ao manter a chave ligada por um tempo maior, sendo constante o amperímetro, não irá medir nenhuma corrente. Assim, observa-se que há uma força eletromotriz induzida quando a corrente na bobina I está aumentando e diminuindo,

portanto variando, e quando ela é constante isso não ocorre (HALLIDAY; RESNICK, 2016).

Figura 14 - Desenho ilustrativo de um experimento relacionado à lei de indução de Faraday.



Fonte: adaptado de
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2a/Faraday_emf_experiment.svg/1920px-Faraday_emf_experiment.svg.png>. Acesso em: 07 out. 2023.

Verifica-se, com o experimento da Figura 14, que surge uma força eletromotriz induzida quando a corrente está variando na bobina, e que é possível variar a corrente elétrica ligando e desligando o circuito. Desta forma, no experimento a seguir, busca-se uma alternativa para variar a corrente elétrica e, assim, gerar uma corrente induzida. Para isso, será utilizado um transistor do tipo NPN (KSP2222A), representado na Figura 15.

O transistor é um dispositivo de três terminais que tem como função controlar os sinais elétricos, podendo ser usado para amplificação e chaveamento. Segundo Rezende (2015, p.183), “um sinal variável aplicado a dois terminais de entrada controla eletronicamente o sinal nos dois terminais de saída, sendo um deles comum com a entrada”. Assim, o sinal de entrada é capaz de chavear o circuito, alternando entre um estado com corrente, e o outro sem corrente ou de amplificar o sinal de saída. Existe o transistor bipolar possui três camadas de dopagem presentes no mesmo semicondutor, chamadas de emissor (E), base (B) e coletor (C). Eles são divididos em NPN e PNP (REZENDE,2015).

Figura 15 - Transistor NPN (KSP2222A).



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Materiais utilizados

- Bobina geradora, fio de cobre 1 mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm);
- Uma protoboard;
- Um transistor NPN (KSP2222A);
- Um suporte para pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5 V AA;
- Bobina receptora, fio de cobre 1mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm) com LED verde;
- Bobina receptora, fio de cobre 0,3mm enrolado (10 espiras de raio 2,6 cm) com LED vermelho e com extremidades soltas;
- Multimetro;
- Suporte de madeira (12,5 x 3,5 x 6,0 cm);
- Plataforma de madeira (20,0 x 1,2 x 13,0 cm);
- Duas régulas (15 cm);
- Dois parafusos auto atarraxante (3,5 x 30 mm);
- Cola de madeira;
- Fita isolante preta;
- Uma mini Protoboard;
- Alguns cabos *jumpers* (ou fios conectores de 1 mm).
- Dois cabos de ponta de prova.

Descrição do experimental

Foi construído um experimento didático capaz de gerar uma corrente induzida em uma bobina de forma a observar a Lei de Faraday. Sendo assim, será utilizada uma fonte de tensão para gerar corrente elétrica realizando uma transmissão de energia sem fio.

O experimento é constituído de uma bobina geradora, que conectada a uma fonte de corrente contínua gera um campo magnético, neste circuito será utilizado um transistor NPN, que funcionará como uma chave eletrônica. Fazendo com que o fluxo magnético criado pela bobina geradora varie no tempo.

Sendo assim, o campo magnético variável interage com uma bobina receptora, gerando uma corrente induzida, que por sua vez, também gera uma fem (força eletromotriz), fazendo com que o LED acenda.

Este fenômeno é chamado de indução eletromagnética, o qual é descrito pela Lei de Faraday. Assim, será possível observar uma corrente induzida na outra bobina e o que ocorre conforme a distância entre as duas bobinas é variada. Para medir essa corrente induzida, um amperímetro será conectado em série com a bobina receptora. Para identificar a influência do campo magnético com a distância entre as bobinas foi construída uma plataforma de madeira com régua fixa, de forma que seja possível variar a distância da bobina receptora e da bobina geradora. Dessa forma, é possível realizar medidas de distância e da corrente induzida, através do amperímetro.

Montagem experimental

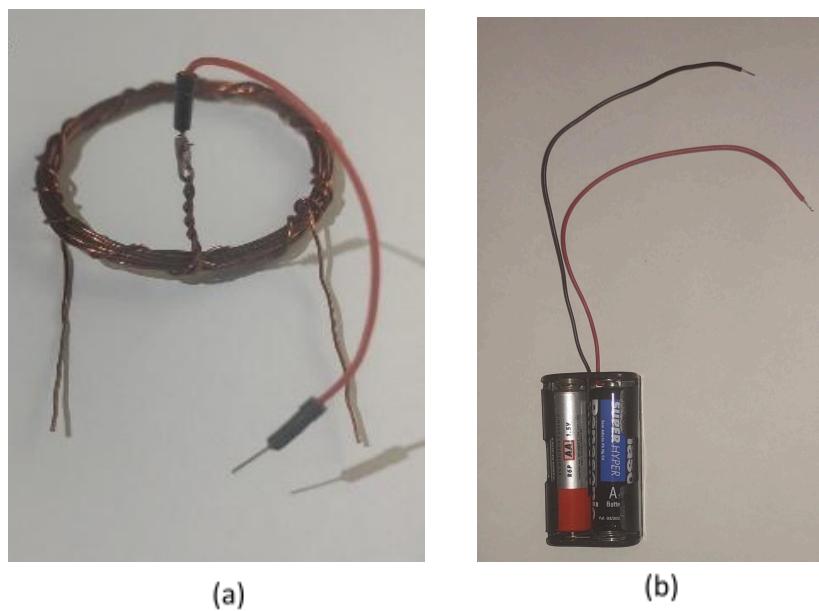
A montagem experimental possui etapas como a construção do circuito gerador, e o circuito receptor. A seguir, apresenta-se como estes circuitos foram construídos.

Círcuito gerador

Neste circuito, utiliza-se um transistor do tipo NPN (KSP2222A) (Figura 15). cujos terminais são: 1 é o emissor, 2 é a base e 3 o coletor. Há uma bobina de fio de cobre enrolado de espessura 1mm com 10 espiras e duas extremidades livres. Uma

de suas espiras foi levemente esticada, ficando maior que as demais e podendo ser enrolada e uma parte uma parte do fio foi lixada para que um *jumper* pudesse ser soldado nessa região (no meio do fio), conforme observado na Figura 16 (a), criando assim três pontos de conexão. O circuito inclui ainda uma fonte de tensão contínua, com duas pilhas de 1,5V em um suporte (Figura 16 (b)).

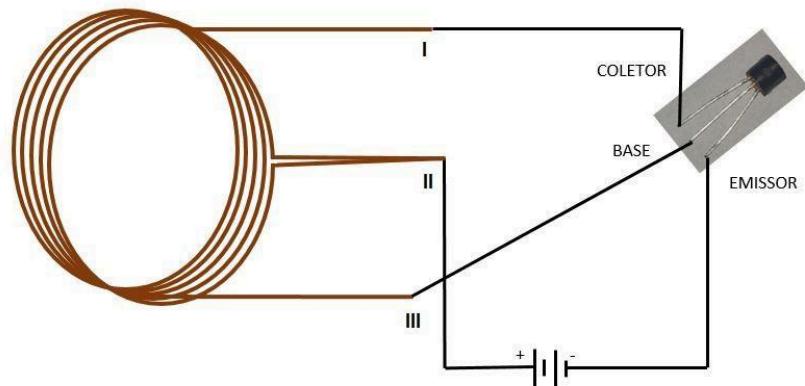
Figura 16 - (a) Bobina geradora com as duas extremidades livres e um *jumper* soldado no meio de uma espira que foi esticada, deixando sobre parte do fio; (b) Fonte de tensão suporte com duas pilhas de 1,5 V.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

O esquema da montagem do circuito está representado na Figura 17, onde a bobina geradora precisa ser conectada a uma fonte de corrente contínua e a um transistor NPN que funcionará como chave eletrônica para gerar um campo magnético que varia no tempo. O mesmo circuito pode ser construído utilizando um outro transistor diferente do que foi apresentado na Figura 15, desde que o mesmo também seja NPN, caso queira utilizar um transistor PNP o circuito da Figura 17 deverá ser reformulado devido a polaridade ser invertida. Importante também ressaltar que caso pretenda-se utilizar um outro transistor NPN é necessário realizar uma busca para identificar qual terminal é o emissor a base e o coletor para que seja conectado corretamente de acordo com o que está indicado pela Figura 17, pois, isso pode variar de um para o outro.

Figura 17 - Desenho ilustrativo da montagem do circuito gerador.

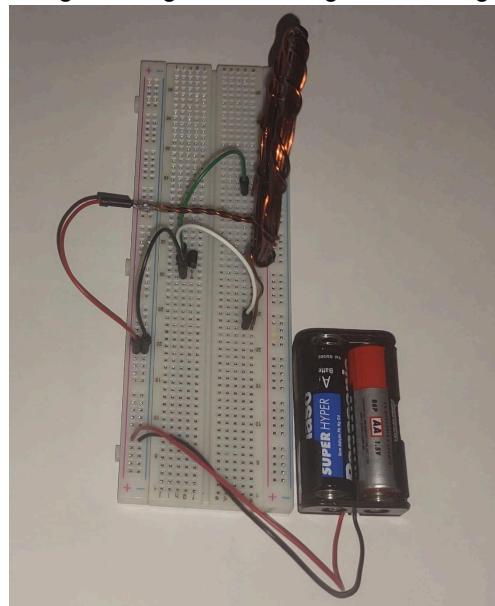


Fonte: a autora (baseado em EL-PRO-CUS- electronics, projects, focus; Wireless Power Transfer Circuit and Its Working; <https://www.elprocus.com/wireless-power-transfer-circuit-and-working/>, acesso em 05/11/2023).

Seguindo a montagem representada pela Figura 17 para realizar as ligações do circuito da Figura 18, foram utilizados vários *jumpers*. O transistor e a bobina foram conectados na *protoboard*, onde os terminais 2 e 3 do transistor foram conectados nas duas extremidades soltas I e III da bobina. O terminal 1 (emissor) do transistor foi conectado ao negativo da fonte de tensão, já o positivo da fonte está conectado ao *jumper* soldado no meio da bobina (II).

Neste circuito as ligações podem ser realizadas também por qualquer fio conector de 1 mm, contudo, os *jumpers* são utilizados para auxiliar a fixar na *protoboard*.

Figura 18 - Imagem fotográfica montagem circuito gerador.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Círculo Receptor

Foram construídos dois circuitos receptores. Uma bobina receptora foi feita com fio de cobre, tendo um LED de alto brilho verde soldado às suas extremidades, conforme representado na Figura 19.

Figura 19 - Imagem fotográfica bobina receptora.



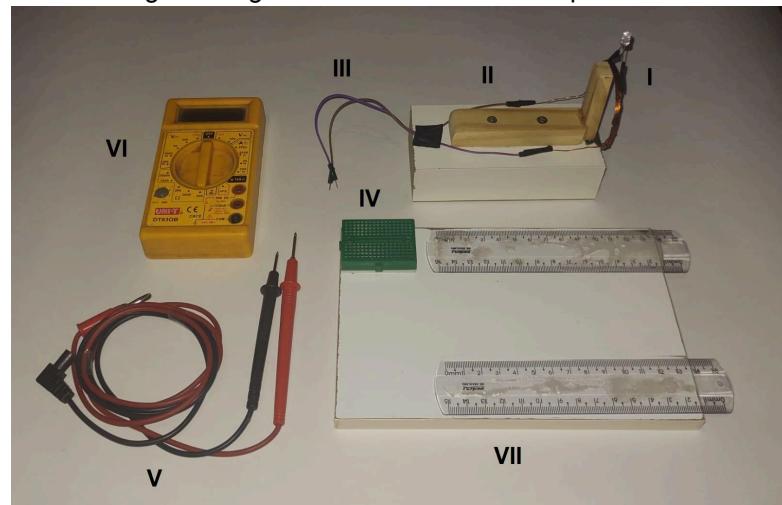
Fonte: arquivo da autora, 2023.

Contudo, esta bobina receptora não permite medir a quantidade de corrente induzida de acordo com a distância entre as bobinas, então foi construído um circuito com outra bobina receptora e para isso foram utilizados os seguintes materiais representados na Figura 10. Primeiramente foi construída uma bobina receptora (I) com fio de cobre 0,3mm formando 10 espiras, com extremidades soltas e que o fio de uma de suas espiras foi cortado para que um LED alto brilho de cor vermelha seja soldado em cada ponta. Para que a bobina fique na posição vertical foi construído um suporte de madeira (II) com toda estrutura necessária, parafusado e colado mantendo a bobina sempre fixa na posição vertical. Nas extremidades soltas desta bobina receptora foram conectados dois *jumpers* (III) para que possam ser conectados a uma mini *protoboard* (IV) e assim utilizando os cabos ponta de prova (V) todo circuito possa ser ligado em série com um multímetro (VI).

O suporte de madeira (II) deve ser posicionado sobre uma plataforma de madeira (VII) que em sua superfície encontram-se coladas duas réguas de 15 cm tendo uma distância de 6 cm uma da outra e as suas pontas encontram-se aproximadamente 1,2 cm para fora da plataforma (para melhorar a medida da

distância entre as bobinas). Então o suporte deverá ficar encaixado entre as duas réguas possibilitando que ele deslize e assim varie a distância da bobina. Com uma fita isolante preta todas as conexões foram isoladas.

Figura 20 - Imagem fotográfica materiais utilizados para o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Assim, a montagem completa da bobina receptora descrita acima encontra-se ilustrada na Figura 21 a seguir.

Figura 21 - Imagem fotográfica montagem do circuito receptor.

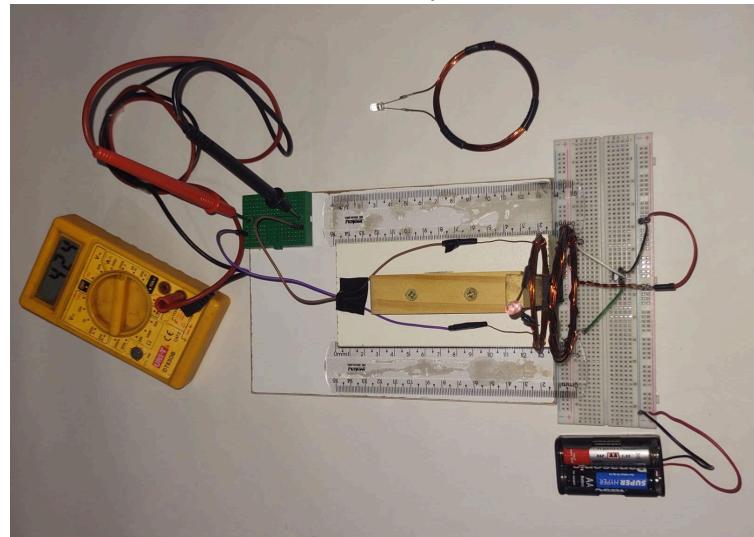


Fonte: arquivo da autora, 2023.

A montagem completa do experimento precisa que os dois circuitos estejam próximos. Desta forma a *protoboard* do circuito gerador deve ser colocada embaixo dos pedaços de régua que sobraram da plataforma do circuito receptor de forma que

as bobinas fiquem bem alinhadas como na Figura 22. Em seguida as medidas podem ser realizadas.

Figura 22 - Imagem fotográfica montagem completa do experimento com o circuito gerador e o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Para realizar o experimento os alunos vão formar grupos e realizar os passos propostos pelo material de apoio, eles devem realizar as medições de corrente (i) e distância (d) e construir um gráfico com a média dessas medidas e responderão ao questionário. Todo esse material pode ser encontrado no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) intitulado A3: Questionário Experimento da Lei de Faraday. Para as questões deste questionário, existem respostas esperadas, sendo assim, para corrigir seguindo os critérios de correção e verificar as respostas obtidas, o professor poderá consultar o Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) com o nome B3: Respostas esperadas para o Questionário Experimento da Lei de Faraday.

Medidas realizadas

Os resultados coletados na realização do experimento, encontram-se na Tabela 1 onde foram realizados o experimento 3 vezes para melhor observar o fenômeno.

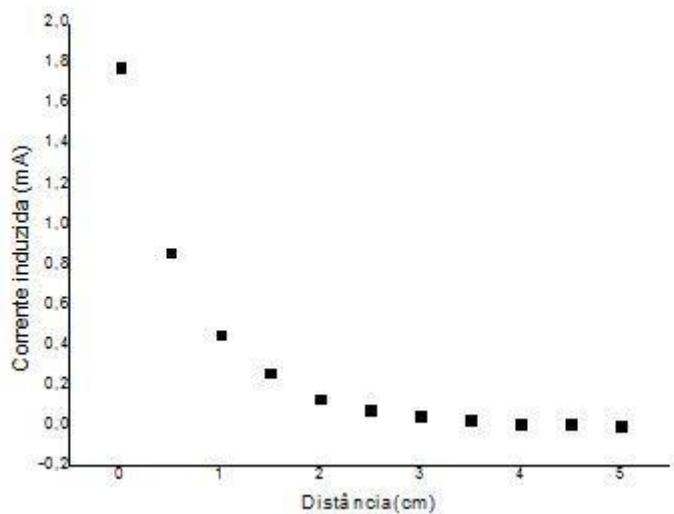
Tabela 1 - Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i) realizadas.

| Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ |
|---------------------------------------|--|--|--|
| 0,0 | 1,73 | 1,83 | 1,79 |
| 0,5 | 0,75 | 1,00 | 0,84 |
| 1,0 | 0,41 | 0,39 | 0,57 |
| 1,5 | 0,28 | 0,23 | 0,27 |
| 2,0 | 0,18 | 0,11 | 0,09 |
| 2,5 | 0,11 | 0,06 | 0,06 |
| 3,0 | 0,07 | 0,04 | 0,04 |
| 3,5 | 0,04 | 0,02 | 0,03 |
| 4,0 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| 4,5 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 5,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Fonte: a autora.

Em seguida, calculou-se a média das medidas de corrente para a construção do Gráfico 1, que relaciona os valores da corrente induzida (i) com a distância (d) entre as bobinas.

Gráfico 1 - Corrente induzida por distância.



Fonte: a autora, construído no programa OriginPro 8, 2023.

Como indica o Gráfico 1, verifica-se que quanto menor for a distância entre as bobinas, maior será a corrente induzida nela. Portanto, a indução é inversamente proporcional à distância entre elas. Contudo, essa relação não é linear.

3.5 Aula 5 - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações.

No Quadro 8, apresenta-se o esquema da quinta aula, detalhando o plano da aula 5 com suas respectivas características.

Quadro 8 - Plano da aula 5

| Tema - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações | |
|--|--|
| I - Conteúdo | Lei de Faraday, funcionamento de motores, carregador por indução e fogão por indução. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none">• Revisar os conceitos e da Lei de Faraday;• Associar os conceitos com as aplicações; |
| III - Objetivos específicos | <ul style="list-style-type: none">• Compreender o funcionamento de motores, do carregador por indução e do fogão por indução. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none">• Revisão de conceitos;• Contextualização por vídeos e imagens sobre o funcionamento de motores, do carregador por indução e do fogão por indução.• Aplicação de questionário organizador de ideias. |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none">• Lousa e giz;• TV;• Questionário impresso. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

Nesta aula será realizada uma abordagem de todos aspectos observados referente à Lei de Faraday. Em seguida, uma abordagem sobre as aplicações desse fenômeno, levantando hipóteses e tentando explicá-los. A fim de compreender o funcionamento de motores, do fogão por indução e do carregador por indução. A contextualização ocorrerá através de vídeos e imagens ilustrativas e será norteada pelo professor(a) com foco em todo conteúdo já estudado e um olhar questionador acerca dos exemplos do cotidiano, a fim de buscar uma compreensão maior de algumas tecnologias existentes.

SUGESTÃO II - Para trabalhar sobre o carregador do celular por indução pode-se utilizar o seguinte vídeo do youtube: “ Como um Carregador Sem Fio Funciona e Como Ele Pode se Tornar Ainda Melhor” – de duração: 10min10s, disponível em:<https://www.youtube.com/watch?v=jIxaYFmeltg>.

SUGESTÃO III - Para trabalhar sobre o funcionamento do motor de indução pode-se utilizar o seguinte vídeo do youtube: “ Como funciona o motor por indução?” - de duração: 7min59s, disponível em:https://www.youtube.com/watch?v=AaotM_xbemU.

Por último, será aplicado um questionário organizador, em que o aluno(a) escreverá sobre o que compreendeu sobre o funcionamento dos motores do carregador por indução e do fogão por indução. Também opinará sobre as aulas e as metodologias aplicadas. Assim, os alunos vão responder às cinco perguntas que podem ser encontradas no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o título A4: Questionário de organização de pensamento. Para este questionário, existem respostas esperadas para algumas perguntas, sendo assim, para corrigir seguindo os critérios de correção e verificar as respostas obtidas, o professor poderá consultar o Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) intitulado B4: Respostas esperadas para o Questionário de organização de pensamento. Contudo, as duas últimas perguntas são pessoais e por este motivo, não podem ser classificadas seguindo os critérios de correção.

3.6 Aula 6 - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final.

No Quadro 9, apresenta-se o esquema da sexta aula, detalhando o plano da aula 6 com suas respectivas características.

Quadro 9 - Plano da aula 6.

| Tema - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final. | |
|---|--|
| I - Conteúdo | Corrente elétrica, campo magnético, circuitos; corrente induzida, indução eletromagnética, Lei de Ampère, força eletromotriz e Lei de Faraday. |
| II - Objetivo Geral | <ul style="list-style-type: none"> • Compreender aplicações da indução eletromagnética; • Diagnosticar as compreensões dos alunos sobre a Lei de Faraday e alguns conceitos relacionados; |
| III - Objetivos específicos | <p>Questionário exercícios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar conceitos com aplicações; • Verificar a capacidade de identificar conceitos e aplicações em problemas trazidos por exercícios. <p>Questionário diagnóstico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnósticas concepções buscando comparar a compreensão dos conceitos com o decorrer da SD; • Identificar possíveis avanços na compreensão da Lei de Faraday, nas maneiras possíveis de criar campo magnético, na relação existente entre corrente elétrica e campo magnético, no que pode ocorrer ao variar campo magnético, na indução eletromagnética suas aplicações e sua relação com a distância e também a possibilidade de existência de carga magnética. |
| IV - Desenvolvimento da aula | <ul style="list-style-type: none"> • Revisão de conceitos; • Aplicação do exercícios (individual); • Roda de conversa sobre o funcionamento do dínamo; • Aplicação do questionário diagnóstico (individual); |
| V - Recursos didáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Lousa e giz; • Questionário impresso; • Tv. |
| VI - Avaliação | Avaliação diagnóstica e formativa. |

Fonte: a autora.

A sexta e última aula desta sequência didática, será o momento de verificar o que os alunos conseguiram absorver sobre o conteúdo, portanto, será destinada a aplicação de uma atividade com questões objetivas acerca dos assuntos estudados. Os alunos vão responder às questões que podem ser encontradas no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) intitulado A5: Questionário questões objetivas. Para correção desta atividade, o professor poderá utilizar o Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) nomeado como B5: Respostas e comentário sobre Questionário questões objetivas.

Ao final da aula, o questionário deve ser entregue ao professor e em seguida os alunos vão realizar uma roda de conversa onde apresentarão suas respostas buscando identificar as justificativas para suas respostas.

Na sequência, será aplicada uma avaliação individual, por meio de um questionário contendo novamente as 7 perguntas realizadas na aula 1. Este questionário pode ser encontrado no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o título "A6: Questionário Avaliativo final".

As respostas dos alunos servirão como material para buscar identificar se houve uma aprendizagem significativa ou uma melhor compreensão de determinados conceitos. O questionário possui respostas esperadas semelhantes às do Apêndice I atividade A1 que já foi citada acima na aula 1 e que podem ser encontradas no Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) e possui o nome B6: Respostas esperadas para o Questionário Avaliativo final.

4 Considerações finais

O presente Produto Educacional busca identificar os conceitos prévios dos alunos para, posteriormente, identificar a construção do conhecimento e se ocorreu uma melhora significativa.

A todo momento, o professor precisa analisar as respostas dos alunos para identificar o que foi alcançado e auxiliar na organização de suas ideias e observações, integrando-as aos conceitos físicos.

Segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, são necessárias duas condições para ocorrer a aprendizagem significativa: o aluno deve apresentar uma predisposição a aprender, e o material de aprendizagem deve ser significativo à ele.

A SD apresentada foi pensada e elaborada para acrescentar uma contextualização, buscando uma maior aproximação do cotidiano do aluno e aguçar o interesse deles. Possui também um caráter experimental com metodologia que torna o aluno mais ativo no processo de aprendizagem.

Assim, a SD configura-se como um bom material alternativo para trabalhar a Lei de Faraday, pois busca construir todos os conceitos e os experimentos permitem ao aluno discutir e observar os fenômenos acontecendo. Além disso, as rodas de conversa podem permitir aos professores observar como o conceito está sendo assimilado pelos alunos.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. *Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018, p. 559-560.
- BONJORNO, J. R; et all. *Eletromagnetismo física moderna*. v. 3. 3. ed. São Paulo, Ed. FTD, p.145-174, 2016.
- CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, p. 41-51, 2007.
- HALLIDAY, D.; RESNICK R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. v.3. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- HALLIDAY, D.; RESNICK R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. v.3. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Editora UnB. Brasília, 2006.
- MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? *Revista cultural La Laguna*, Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2023.
- OSTERMANN, F; CAVALCANTI, C. J. H. *Teorias de aprendizagem*. Porto Alegre: UFRGS, 2011. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/sead/wp-content/uploads/2021/10/Teorias_de_Aprendizagem.pdf> Acesso em: 23 out. 2024.
- RAMALHO JR, F; IVAN J., C.S.; NICOLAU, G. F.; e TOLEDO S., P. A. Os *Fundamentos da Física*. v. 3. 9. ed. São Paulo: Ed. Moderna, p. 279-281, 2007.
- REZENDE, S, M. *Materiais e Dispositivos Eletrônicos*. 4. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.
- SANTIAGO, A, J.; MACHADO, A, F.; SILVA, C,E.; PINHEIRO, L.; TAVARES JR, A, D. Construindo um motor elétrico de corrente contínua como aprendizagem ativa da Lei de Faraday. *Revista do Professor de Física*, Brasília, v. 2, n. 2, p.17 2018.
- ZABALA, Antonio. *A prática educativa: como ensinar*. Tradução de Ernani F. da F. Rosa. Reimpressão. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 2010.

Apêndice I - Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao aluno(a) contendo os passos a serem realizados nos experimentos e os questionários propostos pela Sequência Didática.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MATERIAL DO ALUNO(A): INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Este material de apoio ao aluno(a), contém os questionários propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDER A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDER A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva

Paulo Ricardo Garcia Fernandes

A1: Questionário diagnóstico preliminar

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: _____

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?

Explique:

R: _____

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: _____

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: _____

5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: _____

6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: _____

7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: _____

A2: Questionário Atividade rotação por estações

ESCOLA: _____ TURMA: _____
NOME: _____

Estação 1: Faça como Oersted

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Pegue o ímã em sua mão e passe próximo da bússola (sem encostar). Verifique o que aconteceu.

Passo 2: Afaste bem o ímã, pegue o fio de cobre enrolado (desconectado) passe sobre a bússola, depois verifique se algo acontece.

Passo 3: Conecte o fio de cobre na mini *protoboard* em série com as pilhas formando um circuito elétrico, passe-o próximo da bússola e verifique se algo acontece (Atenção não deixe o circuito conectado por muito mais do que 1 minuto para manter as pilhas em seu bom funcionamento).

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que você observa com o ponteiro da bússola ao passar o ímã e o circuito elétrico próximo a ela?

R: _____

- 2) Qual a relação existente entre o ímã e o circuito elétrico? O que você pode concluir com este experimento?

R: _____

Estação 2: Motor elétrico

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte a bateria de 9V em série com os dois clipes, coloque os ímãs no centro do suporte de madeira, o fio enrolado (bobina) suspenso pelos dois clipes alinhado com o centro dos ímãs. Dê um pequeno impulso com o dedo na bobina de forma que comece a girar (se necessário repita este impulso algumas vezes até verificar que a bobina e os ímãs estão alinhados corretamente). Verifique o que acontece.

Passo 2: Retire e afaste os ímãs e veja o que ocorre.

Passo 3: Faça o mesmo com o circuito desconectado da bateria 9V.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que acontece quando giramos a bobina com o circuito ligado e com os ímãs abaixo dela? Tente explicar por qual motivo isso está acontecendo.

R: _____

- 2) Segundo o que foi observado, explique qual a relação entre o circuito elétrico e os ímãs que estão abaixo dele?

R: _____

- 3) Você acredita que corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético? Se sim, será que o oposto também funciona, ou seja, o campo magnético seria capaz de gerar corrente elétrica? Justifique sua resposta.

R: _____

Estação 3: Gerando corrente induzida.

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte o multímetro na mini *protoboard* (na escala de mA, para medir corrente contínua) em série com o fio enrolado.

Passo 2: Segure a seringa com os ímãs em repouso e observe o multímetro.

Passo 3: Chacoalhe a seringa, de forma que os ímãs fiquem balançando dentro dela, variando assim a posição e observe o que ocorre com o multímetro durante o processo.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Com os ímãs parados, o que se observa no multímetro? E com os ímãs em movimento, o que foi observado?

R: _____

- 2) Ao variar a posição dos ímãs, o que acredita que acontece com o campo magnético? Explique.

R: _____

- 3) Campo magnético é capaz de gerar corrente elétrica? Tente explicar como isso pode ocorrer.

R: _____

A3: Questionário Experimento da Lei de Faraday

ESCOLA: _____ TURMA: _____
NOME: _____

Experimento transmissor de energia à distância

Passo 1: Com o multímetro para medir corrente (escala de 20mA) conecte-o em série nos terminais da mini protoboard.

Passo 2: Ligue o circuito gerador conectado a fonte de tensão (suporte com duas pilhas de 1,5V AA). Observe que a bobina receptora pode mover-se.

Passo 3: Aproxime e afaste-a da bobina geradora e veja o que acontece.

Passo 4: Coloque a bobina receptora a uma distância de 0,0 cm da outra (medida observada nas réguas), aumente a distância de 0,5 cm afastando a bobina receptora da bobina geradora e anote a medida da corrente induzida (multímetro) de acordo com as distâncias na Tabela 1.

TABELA 1: Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i);

| Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ |
|---------------------------------------|--|--|--|
| 0,0 | | | |
| 0,5 | | | |
| 1,0 | | | |
| 1,5 | | | |
| 2,0 | | | |
| 2,5 | | | |
| 3,0 | | | |
| 3,5 | | | |
| 4,0 | | | |
| 4,5 | | | |
| 5,0 | | | |

Com as medidas realizadas, calcule a média dos valores de corrente i e construa um gráfico da corrente i pela distância d .

Em seguida responda às seguintes questões:

- 1) A distância influencia na corrente induzida? Qual a relação do campo magnético com a distância entre as bobinas?

R: _____

- 2) Qual interpretação você conseguiu concluir do gráfico construído? A relação do campo magnético com a distância é uma relação diretamente proporcional?

R: _____

- 3) De acordo com o que estudamos sobre o Transistor. Explique qual o papel dele no circuito. Diga se sem ele seria capaz de gerar a corrente induzida no experimento realizado?

R: _____

- 4) Tente descrever passo a passo do funcionamento do experimento, utilizando todos os conhecimentos adquiridos sobre o assunto:

R: _____

A4: Questionário de organização de pensamento

ESCOLA: _____ TURMA: _____
NOME: _____

Atividade organizando o pensamento

De acordo com todos os conceitos estudados durante essa sequência didática responda às seguintes questões:

- 1) De acordo com tudo o que foi estudado em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday.

R: _____

- 2) Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia.

R: _____

- 3) O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias que existem hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?

R: _____

- 4) Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta.

R: _____

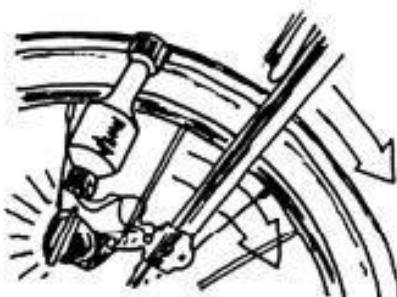
- 5) Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou.

R: _____

A5: Questionário questões objetivas

ESCOLA: _____ TURMA: _____
NOME: _____

- 1) (ENEM/2010) Os dinamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador encontram-se um ímã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

- O princípio do funcionamento deste equipamento é explicado pelo fato de que a
- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
 - B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - C) bobina em atrito com o campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético
 - E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Fonte: Exercício número 80 ENEM 2010, 1º Dia – Caderno 4 – Rosa – Reaplicação/PPL

https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2010/2010_PV_reaplicacao_PPL_D1_CD4.pdf

Acesso em 10/10/2023.

- 2) (UCS) Um dos fornos mais utilizados em indústrias é o chamado forno de indução. Seu princípio de funcionamento está baseado na lei de Faraday, ou seja,
- A) temperatura homogênea no espaço vazio gera corrente elétrica.
 - B) fluxo magnético variando no tempo gera força eletromotriz induzida.
 - C) luz que varia de intensidade no espaço vazio gera condução térmica constante.
 - D) corrente elétrica constante em um condutor gera ponto de fusão variante no tempo.
 - E) pressão que varia sobre uma área gera convecção constante.

Fonte: Exercício número 1- <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/exercicios/11-87>. Acesso em 10/10/2023.

- 3) (ENEM/2023) O fogão por indução funciona a partir do surgimento de uma corrente elétrica induzida no fundo da panela, com consequente transformação de energia elétrica em calor por efeito Joule. A principal vantagem desses fogões é a eficiência energética, que é substancialmente maior que a dos fogões convencionais.
- A corrente elétrica mencionada é induzida por
- A) radiação.
 - B) condução.
 - C) campo elétrico variável.
 - D) campo magnético variável.
 - E) ressonância eletromagnética.

Fonte: Exercício número 101 ENEM 2023, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2023_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

- 4) (ENEM/2020) Em uma usina geradora de energia elétrica, seja através de uma queda d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas. Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do(a)
- A) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
 - B) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
 - C) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
 - D) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
 - E) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

Fonte: Exercício número 130 ENEM 2020, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo

https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2020_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

A6: Questionário Avaliativo final

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: _____

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?
Explique:

R: _____

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético?
Justifique sua resposta.

R: _____

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: _____

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: _____

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: _____

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: _____

Apêndice II - Material do Professor: Questionários com respostas esperadas

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao professor(a) com as devidas respostas esperadas, para cada uma das questões dos questionários pertencentes à Sequência Didática, além de alguns comentários sobre o que se espera que os alunos observam e compreendam em alguns passos realizados nos experimentos.

**MATERIAL DO PROFESSOR:
QUESTIONÁRIOS COM RESPOSTAS ESPERADAS**

Este material de apoio ao professor(a), contém as respostas esperadas para as questões dos questionários propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva

Paulo Ricardo Garcia Fernandes

B1: Respostas esperadas para o Questionário diagnóstico preliminar

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: A presença de dipolos magnéticos, como no caso do ímã e cargas elétricas em movimento.

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?
Explique:

R: Sim, a corrente elétrica produz a sua volta um campo magnético que é proporcional a sua intensidade.

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: O campo magnético ao variar pode induzir uma força eletromotriz que estabelece uma corrente elétrica.

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: Um fenômeno relacionado ao surgimento de uma corrente elétrica em um condutor exposto a uma variação de campo magnético.

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: O processo de indução eletromagnética aplica-se em geradores, motores, carregador por indução e fogão por indução. Para produzir corrente elétrica a distância.

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: As linhas de campo magnético de um corpo ficam menos intensas quando nos afastamos deste corpo.

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: Não existem monopolos magnéticos na natureza.

B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações

Estação 1: Faça como Oersted

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Pegue o ímã em sua mão e passe próximo da bússola (sem encostar). Verifique o que aconteceu.

Espera-se que o aluno verifique que a presença do ímã próximo à bússola faz com que o ponteiro dela varie, devido ao campo magnético ímã que interage com o campo magnético do ponteiro.

Passo 2: Afaste bem o ímã, pegue o fio de cobre enrolado (desconectado) passe sobre a bússola, depois verifique se algo acontece.

Espera-se que o aluno verifique que nenhum movimento diferente acontece no ponteiro da bússola, pois o fio de cobre desconectado de qualquer fonte elétrica não é capaz de produzir campo magnético e fazer o ponteiro da bússola variar sua posição.

Passo 3: Conecte o fio de cobre na mini *protoboard* em série com as pilhas formando um circuito elétrico, passe-o próximo da bússola e verifique se algo acontece (Atenção não deixe o circuito conectado por muito mais do que 1 minuto para manter as pilhas em seu bom funcionamento).

Espera-se que o aluno verifique que ao conectar o fio a uma mini *protoboard* e às pilhas forma-se um circuito elétrico e, com a aproximação da bússola verifica-se que ocorre uma deflexão do ponteiro devido ao campo magnético proveniente do circuito elétrico que interage com o ponteiro da bússola imantada.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

1) Descreva o que você observa com o ponteiro da bússola ao passar o ímã e o circuito elétrico próximo a ela?

R: Ambos fazem o ponteiro da bússola variar devido ao seu campo magnético que interage com o campo magnético do ponteiro.

2) Qual a relação existente entre o ímã e o circuito elétrico? O que você pode concluir com este experimento?

R: O ímã e o circuito possuem campo magnético. Pode-se concluir que corrente elétrica em um condutor pode gerar campo magnético como o de um ímã.

Estação 2: Motor elétrico

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte a bateria de 9V em série com os dois clipes, coloque os ímãs no centro do suporte de madeira, o fio enrolado (bobina) suspenso pelos dois clipes alinhado com o centro dos ímãs e dê um pequeno impulso com o dedo na bobina de forma que comece a girar (se necessário repita este impulso algumas vezes até verificar que a bobina e os ímãs estão alinhados corretamente). Verifique o que acontece.

Espera-se que os alunos verifiquem que após o impulso, a bobina continuará girando em torno do seu próprio eixo, sempre para um mesmo sentido. Pode ocorrer de não estar tão alinhado com o centro do ímã e assim parar de girar, portanto se for necessário o aluno deverá repetir até que tudo esteja alinhado e a bobina continue sempre girando.

Passo 2: Retire e afaste os ímãs e veja o que ocorre.

Espera-se que verifiquem que após a retirada dos ímãs, a bobina não continuará girando repetidamente como no passo 1.

Passo 3: Faça o mesmo com o circuito desconectado da bateria 9V.

Espera-se que verifiquem que se o circuito não estiver ligado a bobina não é capaz de continuar girando após cessado o impulso do dedo.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que acontece quando giramos a bobina com o circuito ligado e com os ímãs abaixo dela? Tente explicar por qual motivo isso está acontecendo.

R: A bobina continua girando. Com o circuito ligado a corrente elétrica flui na bobina gerando campo magnético ao seu redor, de acordo com a Lei de Ampère. Devido à proximidade dos ímãs com a bobina ocorre uma interação entre os campos magnéticos existentes, isto é, o campo dos ímãs com aquele gerado na bobina. Dessa interação entre os campos magnéticos resulta uma força resultante sobre a bobina fazendo com que ela gire continuamente parando seu movimento somente quando um dos campos cessar.

- 2) Segundo o que foi observado, explique qual a relação entre o circuito elétrico e os ímãs que estão abaixo dele?

R: Ambos possuem campo magnético.

- 3) Você acredita que corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético? Se sim, será que o oposto também funciona ou seja o campo magnético seria capaz de gerar corrente elétrica? Justifique sua resposta.

R: Sim, porém o campo magnético precisa variar no tempo para gerar corrente elétrica.

Estação 3: Gerando corrente induzida.

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte o multímetro na mini *protoboard* (na escala de mA, para medir corrente contínua) em série com o fio enrolado.

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor, mas precisa-se certificar que está na escala correta.

Passo 2: Segure a seringa com os ímãs em repouso e observe o multímetro.

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor representando que não há nenhuma corrente elétrica passando por ele.

Passo 3: Chacoalhe a seringa, de forma que os ímãs fiquem balançando dentro dela, variando assim a posição e observe o que ocorre com o multímetro durante o processo.

Enquanto o ímã é balançado atravessando as espiras enroladas em volta da seringa, o multímetro é capaz de apresentar valores de corrente elétrica presente no fio. Este valor sempre varia de acordo com a velocidade com que o ímã é balançado lá dentro. Quando o movimento cessar, o multímetro tornará a não identificar a presença da corrente elétrica.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Com os ímãs parados, o que se observa no multímetro? E com os ímãs em movimento, o que foi observado?

R: Não apresenta medidas de corrente elétrica enquanto o ímã está parado. Já, ao movimentar o ímã percebe-se que o multímetro apresenta medidas de corrente elétrica.

- 2) Ao variar a posição dos ímãs, o que acredita que acontece com o campo magnético? Explique.

R: Variando a posição do ímã o campo magnético produzido por ele também varia.

- 3) Campo magnético é capaz de gerar corrente elétrica? Tente explicar como isso pode ocorrer.

R: Somente o campo magnético não gera corrente elétrica mas a variação do campo magnético no tempo é capaz de gerar uma corrente induzida.

B3: Respostas esperadas para o Questionário Experimento da Lei de Faraday

Experimento transmissor de energia à distância

Passo 1: Com o multímetro para medir corrente (escala de 20mA) conecte-o em série nos terminais da mini protoboard;

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor se o outro circuito não estiver totalmente ligado, contudo é necessário começar a montar o experimento para realizar as medidas. Atenção, após terminar de usar deve-se desligar o multímetro corretamente.

Passo 2: Ligue o circuito gerador conectado a fonte de tensão (suporte com duas pilhas de 1,5V AA);

Recomendo evitar ficar com este circuito ligado por muito mais de 1 minuto para que o transistor não sobreaqueça muito. Ao ligar o circuito, dependendo da distância que esteja da bobina receptora, será possível notar a presença de corrente nela.

Observe que a bobina receptora pode mover-se.

Passo 3: Aproxime e afaste-a da bobina geradora e veja o que acontece.

Neste momento, será possível notar que o LED acende e ocorrerá uma variação na sua luminosidade, na medida de corrente induzida marcada pelo multímetro, sendo que ao aproximar as bobinas a corrente fica maior e a luminosidade do LED também, já ao afastar a bobina receptora o oposto ocorrerá. Se todo circuito estiver montado corretamente isso irá ocorrer, caso contrário recomendo desligar a fonte, checar todos os terminais e testar novamente.

Passo 4: Coloque a bobina receptora a uma distância de 0,0 cm da outra (medida observada nas réguas), aumente a distância de 0,5 cm afastando a bobina receptora da bobina geradora e anote a medida da corrente induzida (multímetro) de acordo com as distâncias na Tabela 1.

Será possível perceber que, quanto mais próximo uma bobina estiver da outra, maior será o valor medido da corrente induzida.

TABELA 1: Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i);

| Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ | Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$ |
|---------------------------------------|--|--|--|
| 0,0 | | | |
| 0,5 | | | |
| 1,0 | | | |
| 1,5 | | | |
| 2,0 | | | |
| 2,5 | | | |
| 3,0 | | | |
| 3,5 | | | |
| 4,0 | | | |
| 4,5 | | | |
| 5,0 | | | |

Com as medidas realizadas, calcule a média dos valores de corrente i e construa um gráfico da corrente i pela distância d .

Em seguida responda às seguintes questões:

- 1) A distância influencia na corrente induzida? Qual a relação do campo magnético com a distância entre as bobinas?

R: Sim, quanto mais longe as bobinas se encontram, menor será a corrente induzida. Ao aproximar as bobinas o fluxo de campo magnético da bobina geradora é mais intenso, sendo assim, quanto maior este fluxo maior será a corrente induzida na bobina receptora.

- 2) Qual interpretação você conseguiu concluir do gráfico construído? A relação do campo magnético com a distância é uma relação diretamente proporcional?

R: A relação da corrente induzida com a distância entre as bobinas não é linear. O gráfico ilustra que a relação do campo magnético com a distância não é diretamente proporcional, pois quanto menor for a distância maior será o fluxo de campo magnético que, por sua vez, maior será a corrente induzida.

- 3) De acordo com o que estudamos sobre o Transistor. Explique qual o papel dele no circuito? Diga se sem ele seria capaz de gerar a corrente induzida no experimento realizado?

R: Somente o campo magnético não é capaz de gerar uma corrente induzida, portanto é necessário criar um campo magnético variável no tempo. Sabendo que ao ligar e desligar um circuito elétrico a corrente gera um campo magnético variável. Desta forma, utilizamos o transistor como uma chave para ligar e desligar o circuito. Sem o transistor seria necessário encontrar uma outra maneira de variar a corrente elétrica no circuito.

- 4) Tente descrever passo a passo do funcionamento do experimento, utilizando todos os conhecimentos adquiridos sobre o assunto:

R: A bobina geradora alimentada por uma fonte de corrente contínua gera um campo magnético, e o transistor NPN funciona como uma chave eletrônica fazendo variar o fluxo do campo magnético no tempo. Assim, o campo magnético variável interage com a bobina receptora gerando uma fem (força eletromotriz), que por sua vez, gera uma corrente induzida fazendo com que o LED acenda. O valor da corrente pode ser medido com o multímetro conectado à bobina receptora. Quanto mais próximas as bobinas estiverem, mais intenso será o fluxo do campo magnético e, por esta razão maior será a corrente induzida.

B4: Respostas esperadas para o Questionário de organização de pensamento

Atividade organizando o pensamento

De acordo com todos os conceitos estudados durante essa sequência didática responda às seguintes questões:

- 1) De acordo com tudo o que foi estudado em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday.

R: A Lei de Faraday diz que quando houver variação do fluxo magnético através de um circuito surgirá uma força eletromotriz induzida.

- 2) Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia.

R: Funciona por meio dos dois princípios fundamentais do eletromagnetismo: a repulsão entre dois ímãs (eletroímãs) e o fato de que campos magnéticos são criados por cargas elétricas em movimento. O motor possui, em suas extremidades, um ímã fixo que será responsável por fornecer um campo magnético externo à uma bobina que se encontra na parte interna, próximo ao rotor, que é um eixo móvel no interior do motor. O rotor do motor precisa de um torque para começar a girar, e este torque é produzido ao passar corrente elétrica pela bobina, que sofre uma repulsão eletromagnética pelo campo do ímã fixo, que fará com que ela comece a girar, produzindo assim a energia mecânica.

- 3) O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias que existem hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?

R: No fogão por indução a corrente elétrica cria um campo eletromagnético que fica variando na parte interna do fogão. Esse campo interage com o material ferromagnético do interior da panela gerando correntes induzidas que circulam nela aquecendo-a e assim, aquecendo a comida em seu interior. E o carregador de celular por indução possui uma bobina eletromagnética em seu interior que cria um campo magnético variável que interage com outra bobina presente no interior do

celular capaz de receber e armazenar a corrente induzida pela variação do campo produzido pelo carregador.

- 4) Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta.

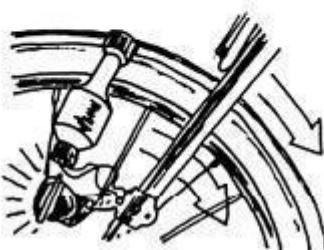
R: Esta pergunta é pessoal não podendo ser classificada segundo os critérios de correção, contudo espera-se que o aluno(a) consiga construir uma aprendizagem significativa acerca dos conteúdos propostos.

- 5) Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou.

R: Esta pergunta é pessoal não podendo ser classificada segundo os critérios de correção, contudo espera-se que o aluno(a) tenha se motivado a aprender devido às metodologias aplicadas na SD.

B5: Respostas e comentário sobre Questionário questões objetivas

- 1) (ENEM/2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador encontram-se um ímã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

- O princípio do funcionamento deste equipamento é explicado pelo fato de que a
- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
 - B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - C) bobina em atrito com o campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético
 - E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Fonte: Exercício número 80 ENEM 2010, 1º Dia – Caderno 4 – Rosa – Reaplicação/PPL

https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2010/2010_PV_reaplicacao_PPL_D1_CD4.pdf.

Acesso em 10/10/2023.

Resposta: E

Espera-se que os alunos identifiquem que a situação descrita conta com ímã e bobina, também é necessário o movimento da bicicleta para o dínamo funcionar, desta forma o movimento é relevante ao processo. Portanto, somente ao variar o campo magnético (do ímã ao mover a roda) é possível gerar corrente elétrica no circuito fechado.

- 2) (UCS) Um dos fornos mais utilizados em indústrias é o chamado forno de indução. Seu princípio de funcionamento está baseado na lei de Faraday, ou seja,
- A) temperatura homogênea no espaço vazio gera corrente elétrica.
 - B) fluxo magnético variando no tempo gera força eletromotriz induzida.
 - C) luz que varia de intensidade no espaço vazio gera condução térmica constante.
 - D) corrente elétrica constante em um condutor gera ponto de fusão variante no tempo.
 - E) pressão que varia sobre uma área gera convecção constante.

Fonte: Exercício número 1- <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/exercicios/11-87>. Acesso em 10/10/2023.

Resposta: B

Espera-se que os alunos identifiquem que a Lei de Faraday diz que a força eletromotriz induzida é dada pela variação de fluxo magnético durante um período de tempo.

- 3) (ENEM/2023) O fogão por indução funciona a partir do surgimento de uma corrente elétrica induzida no fundo da panela, com consequente transformação de energia elétrica em calor por efeito Joule. A principal vantagem desses fogões é a eficiência energética, que é substancialmente maior que a dos fogões convencionais.

A corrente elétrica mencionada é induzida por

- A) radiação.
- B) condução.
- C) campo elétrico variável.
- D) campo magnético variável.
- E) ressonância eletromagnética.

Fonte: Exercício número 101 ENEM 2023, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2023_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

Resposta: D

Espera-se que os alunos identifiquem que é necessário um campo magnético variável para induzir uma corrente elétrica no fundo da panela.

- 4) (ENEM/2020) Em uma usina geradora de energia elétrica, seja através de uma queda-d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas. Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do(a)
- A) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
 - B) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
 - C) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
 - D) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
 - E) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

Fonte: Exercício número 130 ENEM 2020, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo

https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2020_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em

15/11/2023.

Resposta: D

Espera-se que os alunos compreendam que quanto maior a velocidade angular das pás do gerador, mais rápido será o seu giro e a variação do fluxo magnético nas bobinas, provocando assim, o aumento do módulo da diferença de potencial elétrico obtido.

B6: Respostas esperadas para o Questionário Avaliativo final

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: A presença de dipolos magnéticos, como no caso do ímã e cargas elétricas em movimento.

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?

Explique:

R: Sim, a corrente elétrica produz ao seu redor um campo magnético que é proporcional à sua intensidade.

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: O campo magnético ao variar pode induzir uma força eletromotriz que estabelece uma corrente elétrica.

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: Um fenômeno relacionado ao surgimento de uma corrente elétrica em um condutor exposto a uma variação de campo magnético.

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: O processo de indução eletromagnética pode ser aplicado a geradores, motores, carregador por indução e fogão por indução. Para produzir corrente elétrica a distância.

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: As linhas de campo magnético de um corpo ficam menos intensas quando nos afastamos deste corpo.

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: Não existem monopolos magnéticos na natureza.

Apêndice III - Guia de Montagem Experimental

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao professor(a) com a descrição da montagem dos experimentos realizados ao longo da SD. Descrevendo quais materiais foram utilizados, como ocorreu a montagem experimental e comentários que auxiliem o docente na produção.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

GUIA DE MONTAGEM EXPERIMENTAL

Este guia contém a descrição de 4 experimentos propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDER A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDER A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva
Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted.

Para construção de todas as etapas do experimento da estação 1 foram necessários alguns materiais, os quais devem ser selecionados, preparados e testados pelo professor(a) antes da aula, de forma que os alunos consigam realizar as atividades propostas.

Materiais utilizados

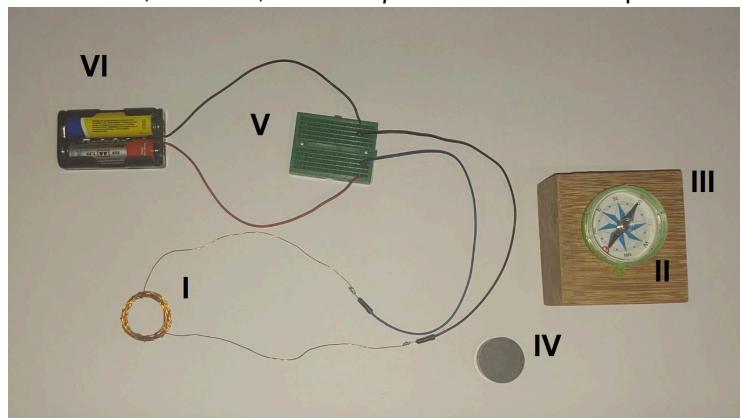
- Uma bússola;
- Um suporte para duas pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5V;
- Um ímã de ferrite em disco (2,5cm x 0,5cm);
- Apoio de madeira;
- Bobina com fio de cobre 0,2 mm enrolado (20 espiras de raio 1 cm);
- Uma mini *protoboard*;
- Dois *Jumpers* (ou 10 cm de fios conectores de 1 mm).

A montagem experimental ocorreu utilizando todos os materiais citados e será detalhada, a seguir, de forma que possa ser reproduzida. Cabe ressaltar que é possível adaptar os materiais utilizados, tendo em vista que os materiais descritos podem ser facilmente adquiridos ou parcialmente reutilizados de outros experimentos existentes.

Montagem experimental

Como pode-se visualizar na Figura 1, encontram-se todos os materiais utilizados e a montagem utilizada para a estação 1.

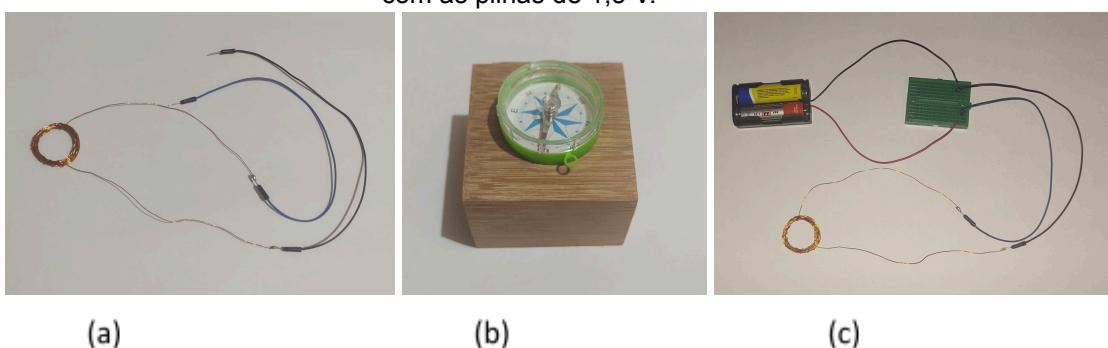
Figura 1 - Imagem fotográfica da montagem experimental da estação 1. Sendo I a bobina com os *jumpers*, II a bússola, III o apoio de madeira, IV o ímã, V a mini *protoboard* e VI o suporte com duas pilhas.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Para a montagem experimental alguns dos materiais presentes na Figura 1 foram confeccionados pela autora deste trabalho, tais como a bobina (I) constituída por um fio de cobre com 20 espiras deixando livre as extremidades do fio para soldar as conexões (*jumpers*) em cada uma das extremidades (Figura 2(a)). Em todas as ligações foram utilizados *jumpers*, pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na *protoboard*, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar as ligações. Com os demais materiais selecionados a bússola (II) ficará localizada em cima do apoio de madeira (III) de forma que consiga ficar em repouso como na Figura 2(b), em seguida alguns testes com o ímã (IV) vão ser realizados aproximando-o da bússola para verificar o que ocorre com ela. O mesmo vai ocorrer com a bobina conectada em série à mini *protoboard* (V) e ao suporte com as pilhas (VI) como mostra a Figura 2(c) formando um circuito para verificar o que ocorre ao aproximar de uma bússola.

Figura 2 - (a) Imagem fotográfica da bobina de 20 espiras soldada com os *jumpers*; (b) Imagem fotográfica bússola com da montagem expe; (b) Imagem fotográfica do circuito elétrico, formado pela bobina em série com as pilhas de 1,5 V.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico.

Para construção de todas as etapas do experimento utilizado na da estação 2 foram necessários alguns materiais. A seguir pode-se identificar os materiais necessários para a atividade que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

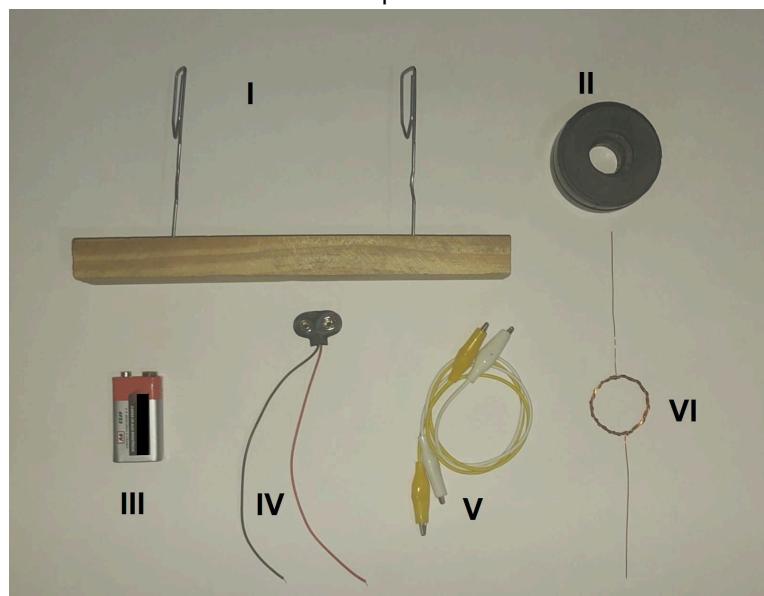
- Bateria 9 V;
- Conector para bateria 9 V tipo T;
- Um suporte de madeira;
- Dois clips (6/0);
- Dois ímãs de ferrite em formato de anel (retirado de alto falante);
- Dois cabos com garras jacaré;
- Bobina de fio de cobre 0,3 mm enrolado (5 espiras de raio 1,5 cm).

Para a montagem experimental final foram utilizados todos os materiais citados. Esta montagem será detalhada a seguir para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento.

Montagem experimental

Para este experimento foram utilizados os materiais representados na Figura 3. Foi construído um suporte de madeira com dois clipe fixos (I) de forma que os ímãs (II) possam ser colocados sobre a madeira, entre os clipe. Foi montado também um circuito com uma bateria 9V (III) com um conector de bateria tipo T (IV) de forma que cada ponta do conector será ligado a um dos cabos com garras (V), que vão ser conectadas aos dois clipe fixos no suporte. Com o fio de cobre enrolado foi construída uma bobina (VI) de 5 espiras que conectarão os dois clipe de forma que o circuito elétrico seja fechado.

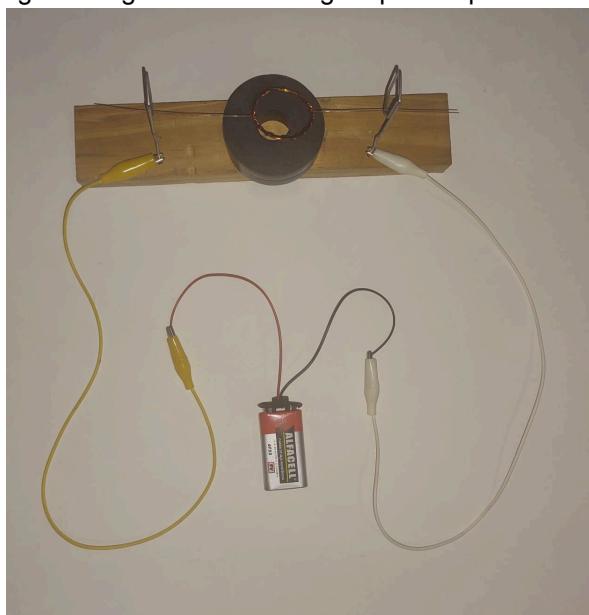
Figura 3 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 2, sendo I o suporte feito com madeira e clips, II os ímãs, III a bateria 9 Volts, IV o conector de bateria, V os cabos de garras jacarés e VI a bobina com 5 espiras.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

A montagem experimental completa deste experimento está indicada na Figura 4.

Figura 4 - Imagem fotográfica da montagem para experimento da estação 2.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida.

Para construção de todas as etapas do experimento utilizado na estação 3 foram necessários alguns materiais. A seguir pode-se identificar os materiais necessários para a atividade, que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

- Seringa (10 ml com 1,8 cm de diâmetro);
- Bobina com fio de cobre 0,2mm (300 voltas);
- Fita isolante;
- Ímãs de Neodímio em disco (20 unidades de 10mm por 1,5mm);
- Suporte de madeira;
- Multímetro;
- Dois cabos ponta de prova;
- Uma mini protoboard;
- Dois fios encapados (retirados de qualquer equipamento eletrônico);
- *Jumpers* (ou 4 cm de fios conectores de 1 mm).

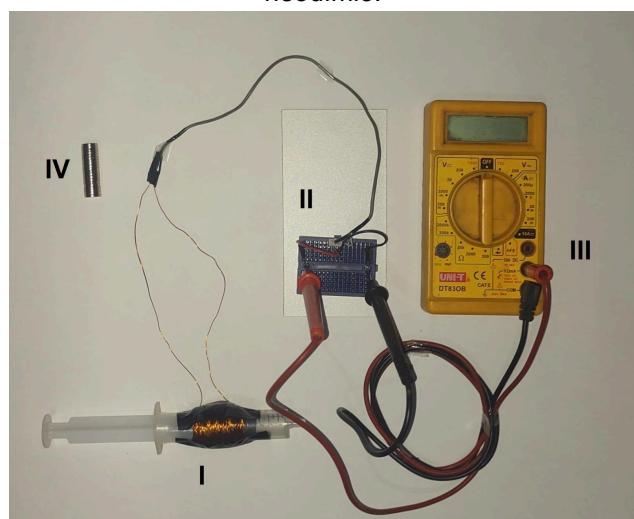
Para a montagem experimental foram utilizados todos os materiais citados. A seguir, a montagem será detalhada para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento.

Montagem experimental

Neste experimento (Figura 5), um fio de cobre foi enrolado em volta de uma seringa (300 voltas), e fixado com fita isolante (I) de forma que as duas pontas fiquem livres. As suas extremidades estão conectadas a fios encapados que conectam à dois *jumpers* que foram soldados na mini *protoboard* (II) fixa em um suporte de madeira, assim com o multímetro (III) ligado em série será possível medir a corrente induzida. No interior da seringa foram colocados os 20 ímãs de neodímio (IV). Neste processo foram utilizados *jumpers* pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na protoboard, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar as ligações. A montagem experimental

pode ser observada na Figura 3.8 onde o ímã deve estar no interior da seringa para realização do experimento. Contudo, aconselha-se soldar todas as conexões como maneira de reduzir os riscos dos alunos ao manipular os experimentos e acabar desconectando-os e prejudicando na execução do experimento.

Figura 5 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 3, sendo I o fio de cobre enrolado na seringa como uma bobina, II as conexões com *jumpers*, III o multímetro com cabos de prova, IV ímãs de neodímio.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Experimento da Lei de Faraday

Para construção de todas as etapas do experimento da Lei de Faraday foram necessários alguns materiais. A seguir, é possível identificar os materiais necessários para a sua construção, que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

- Bobina geradora, fio de cobre 1 mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm);
- Uma protoboard;
- Um transistor NPN (KSP2222A);
- Um suporte para pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5 V AA;
- Bobina receptora, fio de cobre 1mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm) com LED verde;
- Bobina receptora, fio de cobre 0,3mm enrolado (10 espiras de raio 2,6 cm) com LED vermelho e com extremidades soltas;
- Multimetro;
- Suporte de madeira (12,5 x 3,5 x 6,0 cm);
- Plataforma de madeira (20,0 x 1,2 x 13,0 cm);
- Duas régua (15 cm);
- Dois parafusos auto atarraxante (3,5 x 30 mm);
- Cola de madeira;
- Fita isolante preta;
- Uma mini Protoboard;
- Alguns cabos *jumpers* (ou fios conectores de 1 mm).
- Dois cabos de ponta de prova.

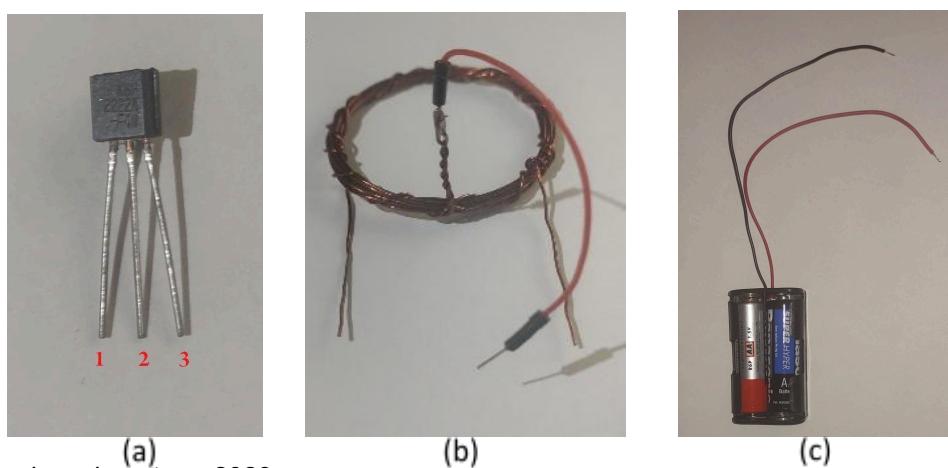
Para a montagem experimental foram utilizados todos os materiais citados acima. A seguir, esta montagem será detalhada para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se

adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento. Como o experimento possui etapas, a seguir serão demonstradas a construção do circuito gerador, e o circuito receptor.

Círculo Gerador

Neste circuito, utiliza-se um transistor do tipo NPN (KSP2222A) (Figura 6 (a)), cujos terminais são: 1 (emissor), 2 (base) e 3 (coletor). Há também uma bobina de fio de cobre enrolado com espessura de 1mm, contendo 10 espiras e duas extremidades livres. Uma das espiras foi levemente esticada, tornando-se maior que as demais e permitindo ser enrolada. Uma parte do fio foi lixada para possibilitar a soldagem de um jumper nessa região (no meio do fio), como se observa na Figura 6 (b), criando três pontos de conexão. O circuito também inclui uma fonte de tensão contínua, composta por duas pilhas de 1,5V em um suporte (Figura 6 (c)).

Figura 6 - (a) Transistor NPN (KSP2222A); (b) Bobina geradora com as duas extremidades livres e um jumper soldado no meio de uma espira que foi esticada, deixando sobre parte do fio; (c) Fonte de tensão suporte com duas pilhas de 1,5 V.

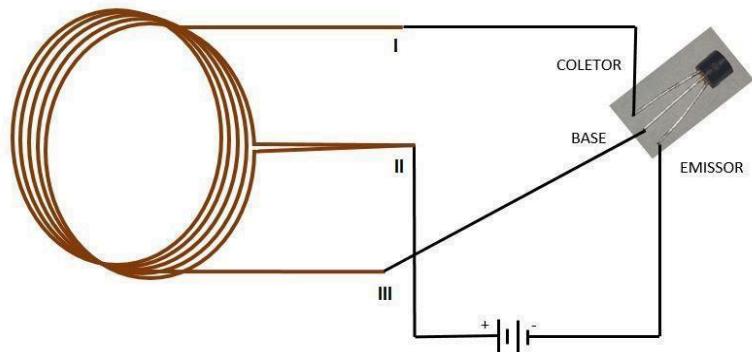


Fonte: arquivos da autora, 2023.

O esquema da montagem do circuito está representado na Figura 7, onde a bobina geradora precisa ser conectada a uma fonte de corrente contínua e a um transistor NPN que funcionará como chave eletrônica para gerar um campo magnético que varia no tempo. O mesmo circuito pode ser construído utilizando um outro transistor diferente do que foi apresentado na Figura 6 (a), desde que o mesmo também seja NPN, caso queira

utilizar um transistor PNP o circuito da Figura 7 deverá ser reformulado devido a polaridade ser invertida. Importante também ressaltar que caso pretenda-se utilizar um outro transistor NPN é necessário realizar uma busca para identificar qual terminal é o emissor a base e o coletor para que seja conectado corretamente de acordo com o que está indicado pela Figura 7, pois, isso pode variar de um para o outro.

Figura 7 - Desenho ilustrativo da montagem do circuito gerador.

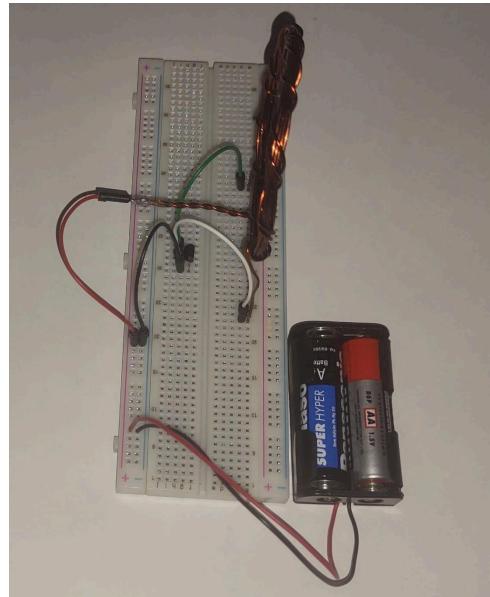


Fonte: a autora (baseado em EL-PRO-CUS- electronics, projects, focus; Wireless Power Transfer Circuit and Its Working; <https://www.elprocus.com/wireless-power-transfer-circuit-and-working/>, acesso em 05/11/2023).

Seguindo a montagem representada pela Figura 7 para realizar as ligações do circuito da Figura 8 foram utilizados vários *jumpers* de forma que o transistor e a bobina foram conectados na *protoboard* onde os terminais 2 e 3 do transistor foram conectados nas duas extremidades soltas I e III da bobina, o terminal 1 (emissor) do transistor foi conectado ao negativo da fonte de tensão, já o positivo da fonte está conectado ao *jumper* soldado no meio da bobina (II).

Neste circuito, as ligações podem ser realizadas também por qualquer fio conector de 1 mm, contudo, os *jumpers* são utilizados para auxiliar a fixar na *protoboard*.

Figura 8 - Imagem fotográfica montagem circuito gerador.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Círculo Receptor

Foram construídos dois circuitos receptores. Uma bobina receptora feita com fio de cobre que possui um LED alto brilho de cor verde soldado, ligando as suas extremidades, como representado pela Figura 9.

Figura 9 - Imagem fotográfica bobina receptora.



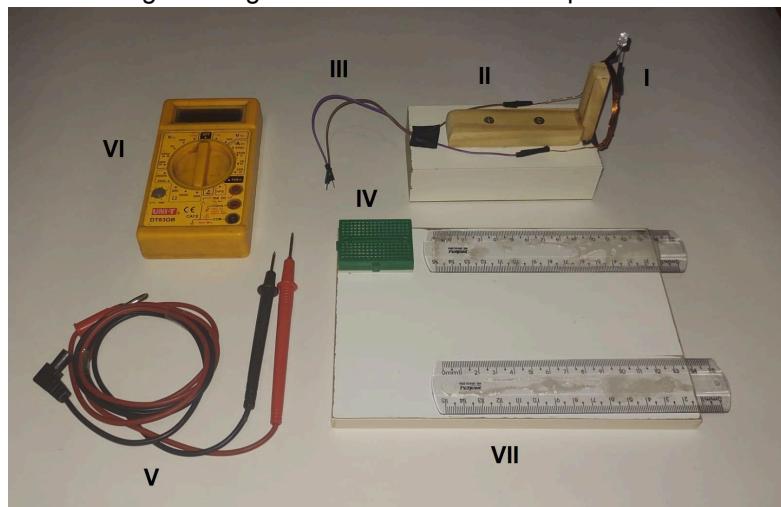
Fonte: arquivo da autora, 2023.

Contudo, esta bobina receptora não permite medir a quantidade de corrente induzida de acordo com a distância entre as bobinas, então foi construído um circuito com outra

bobina receptora e para isso foram utilizados os seguintes materiais representados na Figura 10. Primeiramente foi construída uma bobina receptora (I) com fio de cobre 0,3mm formando 10 espiras, com extremidades soltas e que o fio de uma de suas espiras foi cortado para que um LED alto brilho de cor vermelha seja soldado em cada ponta. Para que a bobina fique na posição vertical foi construído um suporte de madeira (II) com toda estrutura necessária, parafusado e colado mantendo a bobina sempre fixa na posição vertical. Nas extremidades soltas desta bobina receptora foram conectados dois *jumpers* (III) para que possam ser conectados a uma mini *protoboard* (IV) e assim utilizando os cabos ponta de prova (V) todo circuito possa ser ligado em série com um multímetro (VI).

O suporte de madeira (II) deve ser posicionado sobre uma plataforma de madeira (VII) que em sua superfície encontram-se coladas duas réguas de 15 cm tendo uma distância de 6 cm uma da outra e as suas pontas encontram-se aproximadamente 1,2 cm para fora da plataforma (para melhorar a medida da distância entre as bobinas). Então o suporte deverá ficar encaixado entre as duas réguas possibilitando que ele deslize e assim varie a distância da bobina. Com uma fita isolante preta todas as conexões foram isoladas.

Figura 10 - Imagem fotográfica materiais utilizados para o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Assim a montagem completa da bobina receptora descrita acima encontra-se na Figura 11 a seguir.

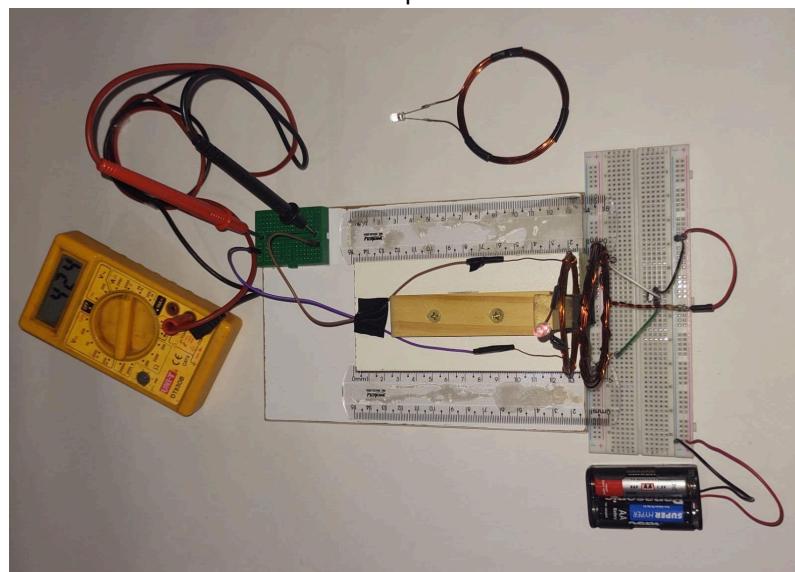
Figura 11 - Imagem fotográfica montagem do circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

A montagem completa do experimento precisa que os dois circuitos estejam próximos. Desta forma a *protoboard* do circuito gerador deve ser colocada embaixo dos pedaços de régua que sobraram da plataforma do circuito receptor de forma que as bobinas fiquem bem alinhadas como na Figura 12. Em seguida as medidas podem ser realizadas.

Figura 12 - Imagem fotográfica montagem completa do experimento com o circuito gerador e o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.