

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUANA DE LARA

**PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O
ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

MEDIANEIRA

2022

LUANA DE LARA

**PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O
ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

**Proposal of an Investigative Teaching Sequence for the Study Of
Electromagnetic Induction**

Produto Educacional vinculado à Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Profa. Dra. Elizandra Sehn

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz.

MEDIANEIRA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira



LUANA DE LARA

PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 05 de Dezembro de 2022

Dra. Elizandra Sehn, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Marcos Fernando Soares Alves, Doutorado - Instituto Federal do Paraná

Dra. Sheyse Martins De Carvalho, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/12/2022.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Aparato experimental de Oersted | 13 |
| Figura 2 - Aparato experimental da espira | 14 |
| Figura 3 - Aparato experimental do experimento de Faraday | 16 |
| Figura 4 - Simulador PHET lei de Faraday | 17 |
| Figura 5 - Fluxo de água no copo | 20 |
| Figura 6 - Representação do fluxo do campo magnético | 20 |
| Figura 7 - Representação do fluxo do campo magnético em diferentes ângulos | 21 |
| Figura 8 - Ângulo formado do Fluxo sobre uma área | 21 |
| Figura 9 - Figura exercício nº3 | 24 |
| Figura 10 - Aparato experimental da Lei de Lenz | 25 |
| Figura 11 - Sentido da corrente induzida na espira segundo o observador | 26 |
| Figura 12 - Tubo antigravidade | 27 |
| Figura 13 - Representação do Experimento Pêndulo eletromagnético | 29 |
| Figura 14 - Simulador PHET Transformador | 32 |
| Figura 15 - Simulador PHET Gerador | 33 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Síntese das aulas | 9 |
| Quadro 2 - Pré Teste | 10 |
| Quadro 3 - Perguntas da atividade 1.1 | 13 |
| Quadro 4 - Perguntas da atividade 1.2 | 15 |
| Quadro 5 - Perguntas da atividade 2.1 | 16 |
| Quadro 6 - Perguntas da atividade 2.2 | 18 |
| Quadro 7 - Perguntas da atividade 3.1 | 26 |
| Quadro 8 - Perguntas da atividade 3.3 | 28 |
| Quadro 9 - Perguntas da atividade 3.4 | 29 |
| Quadro 10 – Questionário A | 30 |
| Quadro 11 - Perguntas da atividade 4.1 - Transformador..... | 32 |
| Quadro 12 - Perguntas da atividade 4.2 - Gerador | 33 |
| Quadro 13 - Questionário B..... | 34 |
| Quadro 14 - Questionário Resumo | 35 |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | APRESENTAÇÃO | 5 |
| 2 | SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA | 6 |
| 3 | SÍNTESE DAS AULAS | 8 |
| 4 | DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES..... | 10 |
| 4.1 | SEMANA 1 | 10 |
| 4.1.1 | Pré-teste..... | 10 |
| 4.1.2 | Atividade 1.1 – Experimento de Oerted..... | 12 |
| 4.1.3 | Atividade 1.2 – Campo Magnético Da Bobina | 14 |
| 4.2 | SEMANA 2 | 15 |
| 4.2.1 | Atividade 2.1 – Experimento da Indução de Faraday | 15 |
| 4.2.2 | Atividade 2.2 – Lei De Faraday No Simulador..... | 17 |
| 4.2.3 | Atividade 2.3 – Equacionando a Lei de Faraday | 19 |
| 4.3 | SEMANA 3..... | 25 |
| 4.3.1 | Atividade 3.1- Experimento da Lei de Lenz | 25 |
| 4.3.2 | Atividade 3.2 – Sistematização da Lei de Lenz | 26 |
| 4.3.3 | Atividade 3.3 – Tubo Anti-Gravidade..... | 27 |
| 4.3.4 | Atividade 3.4 – Pêndulo eletromagnético | 28 |
| 4.3.5 | Atividade 3.5 – Questionário | 29 |
| 4.4 | SEMANA 4..... | 31 |
| 4.4.1 | Atividade 4.1 – Transformadores..... | 31 |
| 4.4.2 | Atividade 4.2 – Geradores..... | 32 |
| 4.4.3 | Atividade 4.3 – Questionário B | 33 |
| 4.5 | SEMANA 5..... | 35 |
| 4.5.1 | Atividade 5.1 - Questionário Resumo | 35 |
| 4.5.2 | Pós-teste e questionário de satisfação..... | 39 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 40 |
| | REFERÊNCIAS..... | 42 |

1 APRESENTAÇÃO

Prezado (a) professor (a), este material foi desenvolvido como parte integrante da Dissertação de Mestrado intitulado: “PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA”, desenvolvido pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Medianeira, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

Hoje nas escolas do Brasil as práticas experimentais são motivo de grande dificuldade para a maioria dos professores de escolas públicas. A proposta de um método que desperte no aluno a curiosidade sobre os fenômenos físicos que são observados em seu dia a dia, torna-se um verdadeiro desafio para os docentes, além da superlotação nas salas de aula, ainda sofrem com uma estrutura precária, tais como a ausência de matérias e laboratórios que suportem muitos alunos.

Este trabalho traz como proposta um Produto Educacional para o estudo de indução eletromagnética, através de alguns experimentos e simulações, utilizando uma sequência de ensino investigativa com foco na aprendizagem significativa. De forma simplificada este trabalho traz uma fundamentação básica para a execução de experimentos no ensino do assunto abordado. Deste modo pretende-se que o professor possa entender o que foi exposto e em seguida dinamizar assim suas aulas de física.

Os mesmos estão organizados em objetivo de aprendizagem que contemplam todas as etapas do raciocínio científico, trazendo o conteúdo e a forma de aplicação dos experimentos, além de sua forma de gerenciamento em sala de aula, com a finalidade de incentivar e desencadear o processo de argumentação, e questionamentos dos alunos com o que foi apresentado, pode-se salientar também o objetivo de dinamizar as aulas de física experimental.

As técnicas utilizadas nos experimentos podem ser adaptadas conforme a realidade do professor e dos alunos, assim facilitando e a tornando-a mais acessível.

2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa, optou-se por desenvolver um produto educacional a partir de uma sequência de ensino investigativa. A mesma consiste em uma série de atividades com o foco na argumentação, visto este ser um importante elemento no processo de ensino-aprendizagem (BELLUCO; CARVALHO, 2014 e DRIVER, 2000).

Sendo assim, cada atividade proposta é composta por seu objetivo e seu procedimento, contendo neste procedimento o processo de argumentação que o professor poderá utilizar, e as questões para serem respondidas após a prática. Além disso, cada atividade que seja necessário a montagem do experimento há um apêndice em anexo, para o professor verificar.

Assim, salientamos que o professor faça intervenções quando necessárias no decorrer da atividade e que as questões a serem respondidas, venham de um “porque?”, ou seja, de uma justificativa da resposta, fazendo com que o aluno pense antes de responder.

A sequência de ensino foi separada da seguinte maneira: baseada no conteúdo do livro de David Haliday, 1916, edição 8, Eletromagnetismo e no livro do Ensino Médio, Física Aula por Aula 3, de Benigno Barreto e Claudio Xavier, aprovado no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018. A primeira atividade consiste em um pré teste para ser realizado pelos alunos, para então constatar o que os mesmos possuem de conhecimentos prévios sobre indução eletromagnética. As demais atividades do PE irão explorar os conceitos da Lei de Faraday e Lei de Lenz.

A sequência de conteúdo adotada como forma de estudo, é justificada pela grande dificuldade que os alunos possuem nesse conteúdo. Segundo Paz (2007,p.17):

Dentre os conteúdos de Física que apresentam um grau maior de dificuldade de aprendizagem, comparando aos demais, está o Eletromagnetismo. Os professores, na grande maioria, declaram que os estudantes expressam dificuldade na aprendizagem dos fenômenos, leis e conceitos que envolvam. Uma grande dificuldade que se coloca no ensino de Eletromagnetismo é que os alunos não conseguem visualizar os campos magnéticos.

Desta forma, nota-se que os alunos tem dificuldades na área de eletromagnetismo, muitas vezes por não conseguirem observar os fenômenos que envolvem este conteúdo. No ensino médio é visível que os professores tem

dificuldades de lecionar esta matéria, geralmente não por falta de tempo, mas sim por nem eles mesmos conseguirem compreender a indução eletromagnética, já que muitos professores da rede pública não têm formação em física e sim em outras áreas de exatas, isso ocorre pela deficiência de professores formados na área da física.

Por isso, esse produto educacional tem como objetivo explicar tanto aos alunos como professores, maneiras simples e práticas para compreender este conteúdo tão amplo do eletromagnetismo.

3 SÍNTESE DAS AULAS

No Quadro 1 pode ser observado a síntese das aulas e o tempo médio para cada atividade proposta, no caso o tempo total foi de 10 aulas. Na sequência será apresentada a descrição de cada uma das atividades.

Usaram-se experimentos demonstrativos e simulações computacionais para a observação dos conceitos relacionados ao conteúdo de Indução Eletromagnética. Os dois primeiros experimentos têm o objetivo de revisão de conceitos de campo magnético e força magnética, os demais experimentos exploram a Lei de Faraday e Lei de Lenz.

Esses experimentos foram usados em uma sequência de ensino investigativa com base no artigo de BELLUCO e CARVALHO (2014), ou seja, a SEI tem as seguintes etapas do conhecimento científico: elaboração e testes de hipóteses, argumentação, solução do problema, produzindo uma explicação, construção do raciocínio, exposto através de “se, então, portanto”. A ideia foi possibilitar que o aluno manipule os experimentos e a partir disto respondesse questões objetivas sobre os conceitos envolvidos nos experimentos.

Cada professor pode mudar o número de aulas aplicadas, como também a quantidade de atividades da SEI e o tempo de duração, tudo depende da turma que o docente está trabalhando, principalmente o tamanho da turma e quantidade de grupos formados.

Quadro 1 - Síntese das aulas

| Conteúdo | Atividades | Tempo | Semana |
|---|--|---|---------------|
| Avaliação dos conhecimentos prévios | Pré Teste – Questionário | 110 min | 1 |
| Resgate dos conceitos relacionados ao campo magnético produzido por uma corrente elétrica | Atividade 1.1 – Experimento de Oersted | | |
| | | Atividade 1.2 - Experimento da espira Tarefa 1 | |
| Compreendendo a Lei de Faraday | Atividade 2.1- Experimento da Indução de Faraday | 110 min | 2 |
| | Atividade 2.2- Simulador PHET sobre a Lei de Faraday, aba “Solenóide” | | |
| | Atividade 2.3- Equacionando a Lei de Faraday Tarefa 2 | | |
| Compreendendo a Lei de Lenz | Atividade 3.1 – Demonstração da Lei de Lenz- Experimento anel | 80 min | 3 |
| | Atividade 3.2 – Entendendo a Lei de Lenz | | |
| | Atividade 3.3- Tubo Antigravidade | | |
| | Atividade 3.4 – Pêndulo eletromagnético para demonstração da Lei de Faraday | | |
| Sistematização dos conceitos da indução eletromagnética | Atividade 3.5 - Questionário A Tarefa 3 | 30 min | |
| Exploração do conceito da indução eletromagnética em transformadores e geradores | Atividade 4.1 – Texto: Geração e transmissão | 110 min | 4 |
| | Atividade 4.2 - Transformadores | | |
| | Atividade 4.3 - Geradores | | |
| | Atividade 4.4 - Questionário B | | |
| Avaliação qualitativa dos conhecimentos adquiridos | Atividade 5.1 - Questionário Resumo | 110 min | 5 |
| | Atividade 5.2 - Pós teste | | |
| | Atividade 5.3 - Questionário de Satisfação | | |
| Tempo total | | 10 aulas | |

Fonte: Autoria própria (2022).

A descrição das atividades será apresentada por semana, onde cada semana é composta por duas aulas geminadas, totalizando 110 minutos para cada semana, totalizando 5 semanas.

4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

4.1 SEMANA 1

4.1.1 Pré-teste

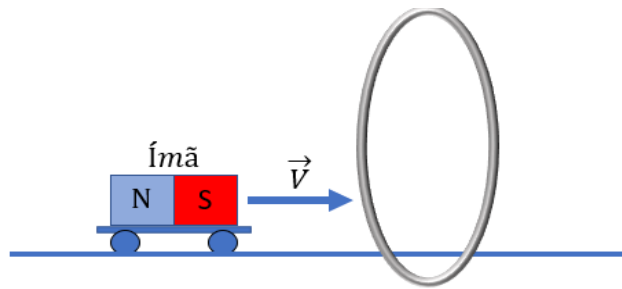
Primeiramente é importante a aplicação de um pré-teste para verificar quais conhecimentos prévios os alunos têm em sua estrutura cognitiva, pois de acordo com Ausubel (1999), o conhecimento prévio é uma das condições extremamente importantes para o indivíduo aprender, pois se pensa na estrutura cognitiva do indivíduo, é aquilo que está na constituição do mesmo sendo significativo. Abaixo segue um modelo de pré-teste em forma de questionário. O mesmo pode ser usado como forma de avaliação final para verificar se houve progresso na aprendizagem após as atividades desenvolvidas.

Após a avaliação dos conhecimentos prévios inicia-se a aplicação das atividades.

Quadro 2 - Pré Teste

| PRÉ TESTE | |
|--|-------------|
| Professora: Luana de Lara | Disciplina: |
| Aluno(a): | Data: |
| <p><i>Este questionário tem o objetivo de verificar os conhecimentos prévios sobre o conteúdo de “Indução eletromagnética”. Não se preocupe e nem se sinta inseguro(a) com as questões, pois parte do conteúdo será vista na sequência.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cite a(s) forma(s) de se obter um campo magnético. 2. Podemos dizer que a Terra e a agulha de uma bússola se comportam como barras de ímãs, que possuem polos magnéticos Norte e Sul. Sabe-se que a bússola é usada para a orientação geográfica. Assim, podemos concluir que: <ol style="list-style-type: none"> (a) o Polo Sul magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Sul geográfico terrestre, aproximadamente. (b) o Polo Norte magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Sul geográfico terrestre, aproximadamente. (c) os Polos magnéticos da agulha são atraídos pelos Polos magnéticos terrestres de mesma denominação. | |

- (d) o Polo Sul magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Norte geográfico terrestre, aproximadamente.
- (e) o Polo Sul magnético da agulha da bússola é atraído pelo Polo Sul magnético da Terra.
3. Um fio condutor retilíneo e muito longo é percorrido por uma corrente elétrica constante, que cria um campo magnético em torno do fio. Podemos afirmar que esse campo magnético:
- (a) tem o mesmo sentido da corrente elétrica.
- (b) é uniforme.
- (c) é paralelo ao fio.
- (d) aponta para o fio.
- (e) diminui à medida que a distância em relação ao condutor aumenta.
4. Com relação ao conceito de campo magnético produzido por espiras com corrente elétrica assinale a alternativa incorreta:
- (a) O campo magnético gerado em espiras circulares é diretamente proporcional à corrente elétrica e sua orientação é obtida pela regra da mão direita.
- (b) A intensidade do campo magnético gerado por uma espira é inversamente proporcional ao raio da espira e diretamente proporcional ao valor da corrente.
- (c) Somente espiras circulares geram campo magnético, pois fios em formato de quadrado ou outra forma não expressam essa propriedade.
- (d) A junção de várias espiras forma uma bobina no qual a intensidade do campo magnético é diretamente proporcional ao número de voltas que compõe a bobina.
- (e) Quando espiras circulares são unidas uniformemente em hélice, recebem o nome de solenoide.
5. Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura. Pode-se afirmar que, na espira, a corrente elétrica:



- a) é sempre nula.
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira.
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira.
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira.
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.
6. Podemos encontrar transformadores na rua, fixados em postes, e também dentro das residências, onde é inserido no circuito entre um aparelho e uma tomada. Qual a função de um transformador num circuito elétrico?
- (a) Modificar a tensão elétrica (ddp) e a intensidade da corrente elétrica que atravessa um circuito.
- (b) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como a intensidade da corrente elétrica que o atravessa.
- (c) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como sua tensão elétrica (ddp).
- (d) Apenas converter uma corrente alternada em corrente contínua, e vice-versa.
- (e) Transformar energia elétrica em energia térmica.
7. Como é gerada a energia elétrica em uma usina hidroelétrica?

Fonte: Autoria própria (2022).

4.1.2 Atividade 1.1 – Experimento de Oerted

As atividades são realizadas em grupos de 3 a 4 alunos. Inicia-se a aplicação de duas atividades experimentais com o objetivo de rever alguns conceitos relacionados com a origem do campo magnético gerado por uma corrente elétrica. Essa atividade consiste no experimento de Oersted (Figura 1), no qual o aparato é apresentado aos alunos e eles devem realizar a investigação para responder as perguntas do Quadro 3.

Esta atividade proporciona a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, na qual os conhecimentos prévios são usados como hipóteses a serem exploradas durante o manuseio do experimento. Assim, os estudantes podem fazer uso de seus conhecimentos sobre o campo magnético gerado por uma corrente elétrica e sobre como é a sua orientação do campo em um fio retilíneo com corrente elétrica para fornecer suporte as suas explicações.

Figura 1 - Aparato experimental de Oersted



Fonte: Autoria própria (2022).

A partir do levantamento de hipóteses os alunos devem manipular a bússola para observar a orientação do campo magnético em volta do fio, iniciando assim o processo de argumentação. Respondida as perguntas os grupos devem expor suas respostas para os demais grupos, denominado momento de discussão. Os alunos devem responder “como” chegaram à solução em cada questão e “o porquê” do fenômeno relatado.

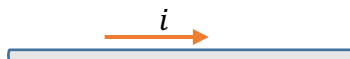
Quadro 3 - Perguntas da atividade 1.1

Pergunta investigativa:

- a) O que pode ser observado na agulha da bússola quando a aproximamos de um fio que passa corrente elétrica?

Perguntas exploratórias:

- b) Por que a agulha sofre uma deflexão ao aproximá-la do fio que passa corrente elétrica?
- c) Quando se inverte o sentido da corrente elétrica, no experimento, o que pode ser observado na orientação da agulha da bússola? Por quê?
- d) Qual a relação que existe entre a intensidade da corrente e o campo magnético. Explique.
- e) Na figura abaixo faça a representação das linhas de campo magnético em volta do fio com corrente elétrica.



Momento discussão

Sugere-se que os alunos debatam entre eles, sobre as respostas, argumentem e tentem chegar em um conceito científico correto sobre o fenômeno observado.

Fonte: Aatoria própria (2022).

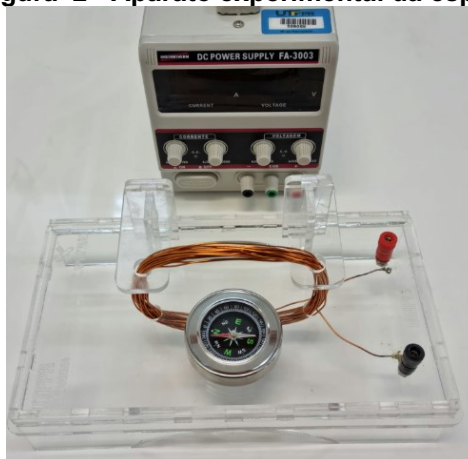
4.1.3 Atividade 1.2 – Campo Magnético Da Bobina

Na Atividade 1.2 são novamente explorados a origem do campo magnético gerado por uma corrente elétrica em uma espira retangular (Figura 2). O objetivo é rever a orientação do campo magnético gerado em volta do fio ou mais fios, como o caso de uma bobina.

Para a montagem da bobina utilizou-se uma base de acrílico e o fio de cobre esmaltado foi enrolado formando uma bobina, conforme pode ser observado na (Figura 2). O experimento é composto por uma fonte de tensão contínua, cabos conectores e uma bússola para observar o campo magnético em volta da bobina.

Os alunos devem iniciar a atividade respondendo as perguntas do Quadro 4. Na pergunta investigativa é importante que professor auxilie os alunos para manusear a bússola, pois pode ser que alguns alunos não saibam onde colocar corretamente. Os alunos deverão levantar hipóteses e testá-las ao manipular o experimento, situação em que se inicia o processo de argumentação.

Figura 2 - Aparato experimental da espira



Fonte: Aatoria própria (2022).

Quadro 4 - Perguntas da atividade 1.2

| |
|--|
| <p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) Como é a orientação do campo magnético no centro de uma bobina que circula corrente elétrica? Explique e ilustre.</p> |
| <p>Perguntas exploratórias:</p> <p>b) Qual a forma do campo magnético em volta da bobina? Explique.</p> <p>c) Se inverter o sentido da corrente elétrica, o que pode ser observado com a orientação do campo magnético no centro da bobina?</p> <p>d) Use a regra da mão direita para verificar se o sentido que a bússola aponta para o campo magnético é correto. Explique.</p> |
| <p>Momento discussão</p> <p>Sugere-se que o professor fique atento as etapas do raciocínio dos alunos, e sempre que necessário interfira do “como” chegaram na resposta.</p> |

Fonte: Autoria própria (2022).

O professor deve ficar atento as etapas de raciocínio dos grupos e sempre que achar necessário intervir de forma que os alunos consigam raciocinar “como” é possível que ocorra as hipóteses criadas.

Após as discussões e formulação das respostas, os alunos devem responder novamente às questões, como tarefa (Tarefa 1), corrigindo suas respostas a partir das concepções corretas que adquiriram durante a discussão.

4.2 SEMANA 2

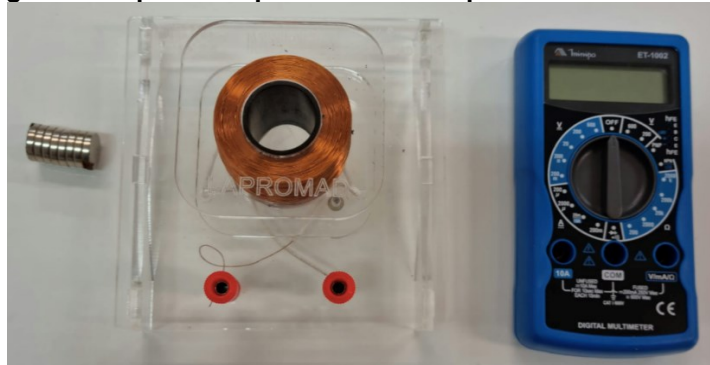
4.2.1 Atividade 2.1 – Experimento da Indução de Faraday

O objetivo desta atividade é demonstrar o fenômeno de indução eletromagnética a partir de um ímã inserido em uma bobina.

Para essa atividade, indica-se que o docente apenas seja o mediador da atividade, para que os alunos possam manusear e realizar o experimento sozinhos.

Cada grupo recebe uma bobina, ímã e um multímetro, conforme Figura 3. Com auxílio do professor o multímetro será ligado a bobina no modo amperímetro para detectar corrente elétrica na bobina e os alunos realizarão a investigação.

Figura 3 - Aparato experimental do experimento de Faraday



Fonte: A autoria própria (2022).

Na sequência os alunos devem fazer o levantamento de hipóteses para a pergunta investigativa (Quadro 5) e testá-las manipulando o experimento.

Neste momento o professor observa as discussões em grupo e as investigações experimentais que os alunos irão fazer. Caso algum grupo não tenha ideia de como realizar a investigação o professor pode solicitar que os alunos respondam as perguntas exploratórias, pois possibilitam verificar as situações em que a corrente elétrica induzida é observada.

Em seguida os grupos devem apresentar suas respostas explicando “como” e “o porquê” dos fenômenos observados. É provável que os alunos cheguem ao conceito de que a variação do campo magnético na espira é o responsável para a geração da corrente elétrica induzida. No entanto, ainda faltam explorar alguns conceitos relacionados ao fluxo do campo magnético. Para isto é utilizada a próxima atividade.

Quadro 5 - Perguntas da atividade 2.1

| |
|--|
| <p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) Como é possível gerar uma corrente elétrica na bobina apenas com o ímã?</p> |
| <p>Perguntas exploratórias:</p> <p>b) O que ocorre ao movimentar o ímã em relação à bobina?</p> <p>c) O que pode ser observado ao deixar o ímã parado próximo à bobina?</p> <p>d) O que pode ser observado ao mudar a velocidade de movimento do ímã em relação à bobina?</p> <p>e) Ao aproximar e afastar o ímã com o polo Sul, o que acontece com o sentido da corrente elétrica?</p> <p>f) Ao aproximar e afastar o ímã com o polo Norte, o que acontece com o sentido da corrente elétrica?</p> <p>g) O que ocorre se mover o ímã para cima e para baixo em relação à bobina?</p> <p>h) O que ocorre se deixar o ímã parado e mover a bobina em relação ao ímã?</p> |

Momento discussão

Propõe-se que o professor após as discussões e levantamento de hipóteses dos alunos, inicia-se o “porque” tal fenômeno ocorreu, isso contribui no surgimento de características argumentativas como explicação, justificativa, raciocínio lógico.

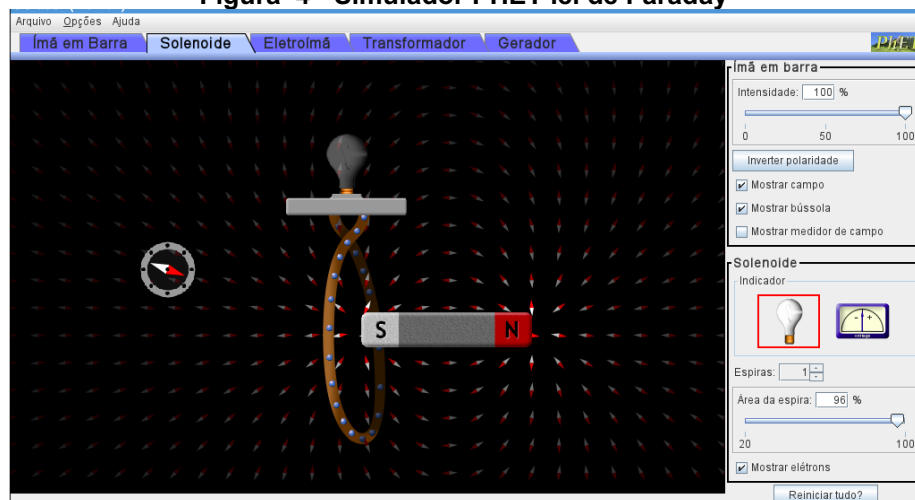
Fonte: Autoria própria (2022).

4.2.2 Atividade 2.2 – Lei De Faraday No Simulador

Na Atividade 2.2 é utilizado o simulador PHET sobre a Lei de Faraday selecionando a aba “Solenoide” (Figura 4) o qual tem o objetivo de sistematizar o conceito relacionado com a variação do fluxo do campo magnético com a força eletromotriz induzida. Este simulador permite simular o mesmo efeito observado no experimento anterior, porém, possibilita variar o número de espiras, a área das espiras e com isto explorar a relação do fluxo do campo magnético com a corrente induzida.

O simulador permite ainda, o aluno visualizar as linhas de campo magnético que atravessam a área da espira e observar a variação da intensidade da lâmpada relacionada com a intensidade da corrente gerada pela variação do fluxo do campo magnético na espira. A partir do simulador, os alunos devem investigar e responder às perguntas do Quadro 6.

Figura 4 - Simulador PHET lei de Faraday¹



Fonte: PHET (2022).

¹ Link de acesso ao simulador PHET, altere a sessão superior para a aba “solenoide” disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale=pt_BR

Quadro 6 - Perguntas da atividade 2.2

| |
|--|
| <p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) O que pode ser feito para acender a lâmpada?</p> |
| <p>Perguntas exploratórias:</p> <p>b) E o que pode ser feito para a lâmpada brilhar mais?</p> <p>c) Como a velocidade do ímã afeta o brilho da lâmpada?</p> <p>d) Como o número de voltas da bobina afeta o brilho da lâmpada?</p> <p>e) Como a área da bobina afeta o brilho da lâmpada?</p> <p>Solicitou-se que os alunos trocassem a lâmpada pelo medidor de tensão.</p> <p>f) Ao aproximar o polo sul da bobina qual será a polaridade da ddp observada? E ao afastar o polo sul da bobina?</p> <p>g) Ao aproximar o polo norte da bobina, qual a polaridade da ddp observada? E ao afastar o polo norte da bobina?</p> <p>h) O que de fato está gerando uma tensão que é detectada pelo medidor de tensão?</p> |
| <p>Momento discussão</p> <p>Sugere-se que os alunos levantem hipóteses e testem ao manipular o experimento, situação em que se inicia o processo de argumentação.</p> |

Fonte: Autoria própria (2022).

Observe que os alunos tiveram a oportunidade de explorar o conceito de indução eletromagnética de duas formas diferentes. Este procedimento é importante, pois permite a sistematização do conhecimento a respeito do conteúdo de indução eletromagnética.

Durante a realização da atividade e do momento da discussão em grupo é esperado o aparecimento de parte das características campo-dependentes da argumentação científica, como: levantamento e teste de hipóteses, abdução, seriação, classificação e organização de informação e raciocínio lógico e proporcional.

Após as perguntas respondidas o professor deve ir a próxima atividade do produto: montar junto com os alunos a equação do fluxo magnético e a equação de Faraday, que tem o objetivo de usar este conhecimento que os alunos obtiveram na realização do experimento e manipulação do simulador para a construção do raciocínio científico.

4.2.3 Atividade 2.3 – Equacionando a Lei de Faraday

O objetivo desta atividade é usar os conhecimentos prévios adquiridos para formar a relação entre fem induzida gerado pela variação fluxo do campo magnético, construindo um raciocínio científico.

A atividade começa com duas perguntas que os alunos, em grupo, devem responder baseado nas atividades que acabaram de desenvolver:

1. *De quantas maneiras diferentes você pode gerar uma força eletromotriz induzida?*
2. *Como podemos denominar esta grandeza que gera a força eletromotriz induzida?*

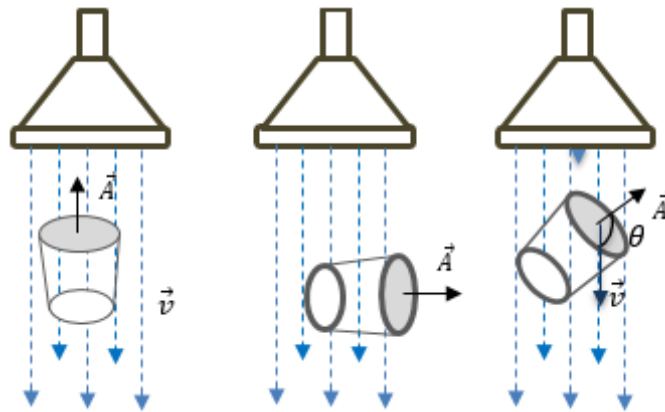
Ao finalizar as respostas os grupos são organizados em círculo, para que cada grupo exponha a sua resposta e a professora foi anotando no quadro os principais pontos.

O professor precisa observar as etapas do raciocínio científico. Assim, primeiramente a discussão deve focar no “como” chegou na resposta, por exemplo, movimentando o ímã em relação a bobina, mantendo o ímã fixo e variando a área da espira, movimentando ímã para cima e para baixo.

Durante esta discussão, algumas características campo-dependentes da argumentação que podem ter iniciado durante as atividades anteriores, podem reaparecer, tal como seriação, classificação e organização dos dados qualitativos obtido no experimento e no simulador, assim como o raciocínio lógico e proporcional (BELLUCCO, 2014).

Na sequência a professora questiona o “porque” tal fenômeno ocorreu, por exemplo, por que ao movimentar o ímã em relação ao solenoide ou bobina aparece uma corrente elétrica induzida? Segundo Bellucco (2014), neste momento devem aparecer características argumentativas como explicação, justificativa, raciocínio lógico e proporcional e possivelmente a abduções. Os alunos passam a observar que a movimentação do ímã está relacionada com a variação do campo magnético no interior da bobina. O professor deve aproveitar o momento para explorar o conceito de fluxo no quadro, fazendo analogia com o fluxo de água de um chuveiro em um copo, conforme (Figura 5).

Figura 5 - Fluxo de água no copo



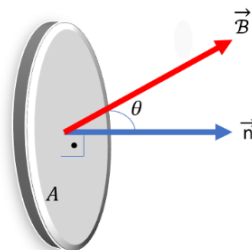
Fonte: Autoria própria (2022).

Deve ser explicado aos alunos que o fluxo de água no copo depende do vetor velocidade da água, da área da boca do copo e do ângulo formado entre o vetor de área e o vetor velocidade, foi visível neste momento, o entendimento dos alunos, para a analogia, obtendo-se equação de fluxo de um fluido ou vazão, dada por:

$$\phi = vA\cos\theta \quad (1)$$

Na sequência deve-se introduzir o conceito de **fluxo de campo magnético** fazendo relação ao que foi observado no conceito de fluxo de um fluido com o que foi observado no experimento e no simulador. Assim pode-se escrever o fluxo magnético, no quadro, como sendo: $\phi = BA\cos\theta$. É importante o uso de desenhos e imagens para a compreensão dos alunos, conforme (Figura 6).

Figura 6 - Representação do fluxo do campo magnético

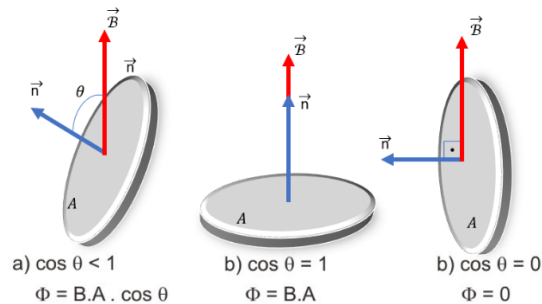


Fonte: Autoria própria (2022).

É importante relembrar aos alunos que o campo magnético é grandeza vetorial e que o vetor área é uma definição que consiste na área da espira e possui direção normal a área e teta é o ângulo entre os vetores \vec{B} e \vec{A} .

E para os alunos explorarem um pouco mais a relação do fluxo do campo magnético com o ângulo, foi proposto a imagem da (Figura 7) para os alunos obterem o fluxo.

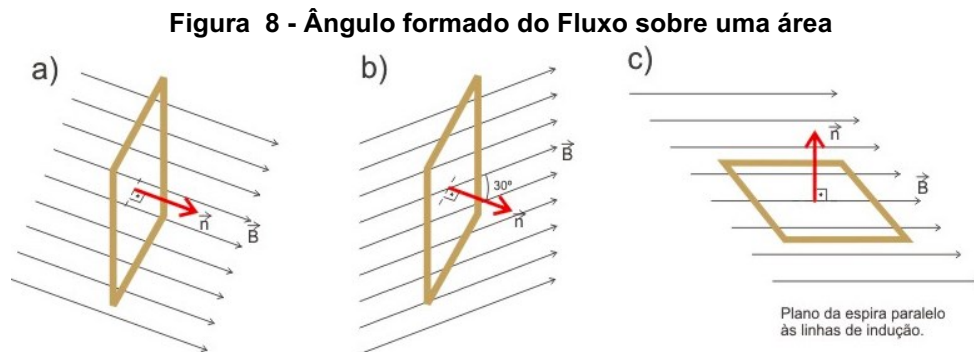
Figura 7 - Representação do fluxo do campo magnético em diferentes ângulos



Fonte: Autoria própria (2022).

Resolver com os alunos o seguinte exemplo:

Exemplo 1. Uma espira quadrada de lado $a = 10 \text{ cm}$ está submersa em uma região de campo magnético uniforme de intensidade $2 \times 10^{-3} \text{ T}$. Calcule o fluxo magnético através da espira, para os seguintes casos:



Fonte: Halliday (2007).

Nesse momento o professor teve o papel fundamental de mapear o que aluno sabe, para a partir de então organizar um material que seja significativo para o indivíduo (MOREIRA, 1999).

Desta forma, a professora em conjunto com os alunos construiu no quadro as três possibilidades possíveis:

1. **Variando-se o campo magnético.** Por exemplo, aproximando-se ou afastando-se relativamente o ímã e a espira.
2. **Variando-se a área da espira.** Por exemplo, deformando a espira.
3. **Variando-se o ângulo θ .** Por exemplo, girando-se a espira.

Na sequência é importante que os alunos entendam que para gerar uma **força eletromotriz induzida** é necessário que haja uma **variação do fluxo do campo magnético na bobina**, novamente fazendo associação ao que foi observado nos experimentos. Assim o professor em conjunto com os alunos apresenta a equação da força eletromotriz induzida em uma espira.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{fem em uma espira}) \quad (1)$$

$$\varepsilon = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{fem em uma bobina com N voltas}) \quad (2)$$

Em que:

ε é a força eletromotriz induzida em volts (V);

N é o número de voltas da bobina;

$\Delta\phi = \phi_f - \phi_i$ é a fluxo final menos fluxo inicial (wb);

$\Delta t = t_f - t_i$ é a variação do tempo (s).

A corrente induzida, i , em uma espira de resistência R será:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} \quad (3)$$

Posteriormente o professor aplicará um exemplo para os alunos, para manipularem as equações vista de Faraday.

Exemplo 2. Para os dois casos a seguir considere um campo magnético de intensidade $B = 8 \cdot 10^{-5}$ T que é reduzido a zero em um intervalo de tempo de 4 s. Uma espira e uma bobina são inseridas perpendicularmente ao campo magnético. Determine a *fem* induzida nesse intervalo de tempo para:

(a) Um fio condutor, de forma quadrada, de lado 10 cm.

(b) Uma bobina circular de área $A = 1,0 \cdot 10^{-2}$ cm² composta por 50 voltas.

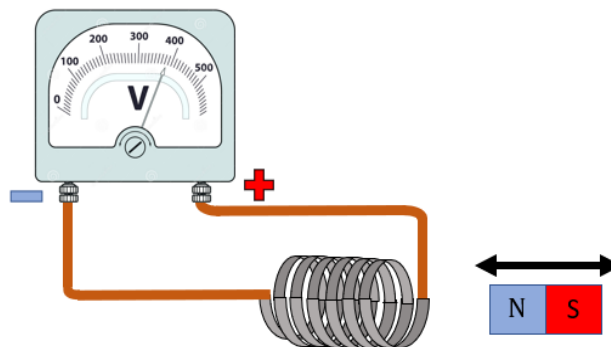
Por fim, o docente entregará de Tarefa 2 uma lista de exercício sobre fluxo do campo magnético e cálculo da *fem* induzida.

É importante neste processo de matematização dos fenômenos, ficar atento às ideias intuitivas usadas pelos alunos, que costumam misturar os conceitos de campo magnético com fluxo magnético.

TAREFA 2 – EXERCÍCIOS

1. Considere um campo magnético tenha o valor $B = 3,5 \cdot 10^{-2} T$ e que sua superfície mostrada tenha uma área $A = 60 \text{ cm}^2$. Calcule o valor do fluxo magnético Φ .
2. Determine o módulo do campo magnético necessário para produzir um fluxo de 10^{-4} Wb sobre uma espira de área 10^{-4} m^2 , sabendo que o ângulo entre o vetor campo magnético e o plano normal da espira vale $\theta = 60^\circ$.
3. Um ímã está a uma certa distância de uma bobina de 6 voltas, e está estabelecendo através dela um fluxo $\Phi_1 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$. Aproximando rapidamente o ímã da bobina, o fluxo passa a valer $\Phi_2 = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$. Se essa variação ocorrer em um intervalo de tempo $\Delta t = 0,10 \text{ s}$:

Figura 9 - Figura exercício nº3



Fonte: Autoria Própria (2022).

- a) Determine o valor da fem induzida da bobina.
 - b) Sabendo que a resistência da espira vale $2,0 \text{ ohm}$, calcule a intensidade da corrente induzida na bobina.
4. Num campo magnético uniforme $B = 6 \cdot 10^{-2} T$ está inserida uma espira de área $0,003 \text{ m}^2$. Inicialmente a espira está colocada perpendicularmente as linhas de indução. A espira sofre um giro e, após $0,4 \text{ s}$, o plano da espira está posicionado paralelamente as linhas de indução. Determine, nesse intervalo de tempo, o valor absoluto médio da fem induzida na espira.

4.3 SEMANA 3

4.3.1 Atividade 3.1- Experimento da Lei de Lenz

Nesta semana será apresentada uma série de atividades para a compreensão da Lei de Lenz, que consiste em determinar o sentido da corrente induzida em uma espira.

A Atividade 3.1 consiste em um experimento para verificar o sentido da corrente induzida em um anel, conforme a variação do fluxo magnético através de uma espira condutora. A corrente induzida na espira cria um campo magnético que se opõe à variação. É disponibilizado aos alunos três anéis suspensos por um fio isolante, sendo dois de alumínio (um deles com corte), um anel de PVC e um ímã (Figura 10).

Figura 10 - Aparato experimental da Lei de Lenz



Fonte: Autoria própria (2022).

Os grupos são orientados a responder às perguntas do Quadro 7 a partir do levantamento de hipóteses e suas investigações manuseando o experimento. Durante a realização da atividade os alunos já compreendem que a variação do fluxo do campo magnético no anel fechado irá induzir uma corrente no anel. Irão observar manuseando o experimento, e o sentido da corrente é tal que se opõe ao movimento do ímã.

Novamente os alunos são orientados em responder às perguntas com “como” o efeito ocorreu e “o porquê” de tal acontecimento, para que assim seja contemplado a formação do raciocínio lógico.

Quadro 7 - Perguntas da atividade 3.1

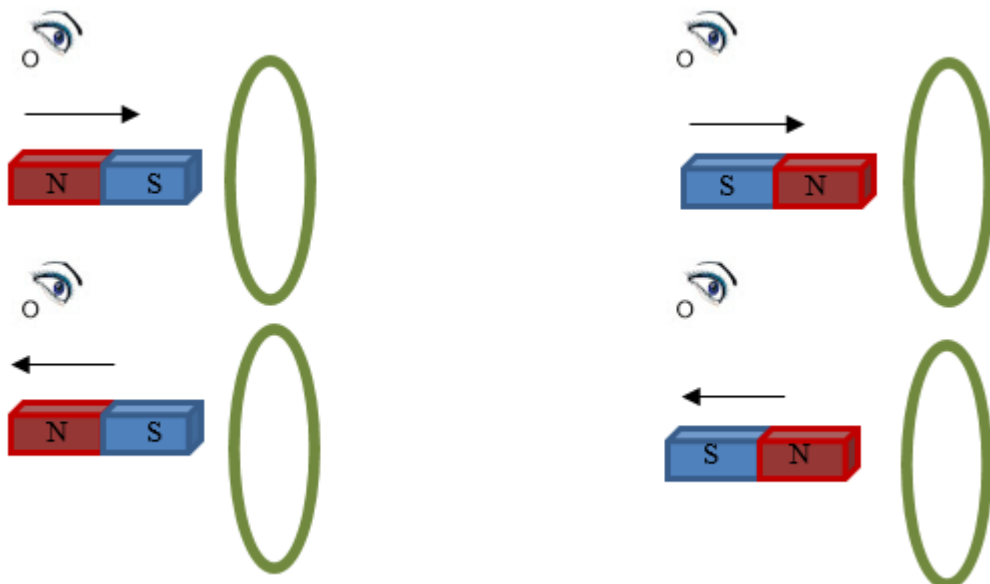
| |
|--|
| <p>Pergunta investigativa: a) Como movimentar o anel de alumínio suspenso sem tocá-lo com a utilização de um ímã?</p> |
| <p>Perguntas norteadoras: b) O que pode ser observado no anel ao aproximar o ímã do anel? E ao afastá-lo? c) O que causa a aproximação e o afastamento entre o anel e o ímã? Explique qual a grandeza física associada e essa observação. d) É possível movimentar o anel com corte utilizando um ímã sem tocá-lo? Por quê? e) Responda à pergunta d) para o anel de PVC.</p> |
| <p>Momento discussão Propõe-se que o professor fique atento as etapas de raciocínio dos alunos e sempre que necessário interfira para chegar ao conhecimento científico correto.</p> |

Fonte: Autoria própria (2022).

4.3.2 Atividade 3.2 – Sistematização da Lei de Lenz

Na sequência é realizada a Atividade 3.2 que consiste na sistematização do conceito da Lei de Lenz a partir de imagens e questionamentos. Na Figura 11 pode-se observar um ímã se movimentando em relação a uma espira conforme o sentido indicado. Para cada situação o aluno deve identificar o sentido da corrente induzida na espira, ou seja, sentido horário ou anti-horário, de acordo com o observador O. No centro da espira indicar com a letra N para polo norte ou S para polo sul do campo magnético induzido no anel.

Figura 11 - Sentido da corrente induzida na espira segundo o observador



Fonte: Autoria própria (2022).

Após os grupos responderem às questões o professor fez suas considerações e inicia-se a explicação da Lei de Lenz a partir de imagens e o experimento para mostrar a ocorrência do efeito de oposição ao que está provocando a força

eletromotriz induzida, por isto do sinal de menos da equação da Lei de Faraday (Equação 4).

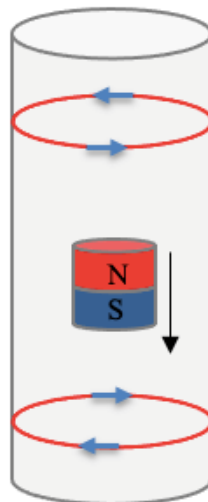
$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (4)$$

Talvez seja necessário refazer os desenhos indicando corretamente o sentido da corrente induzida na espira e o campo induzido que esta corrente gera na espira, indicando as polaridades no ímã da direita. Escrever e desenhar, realçando a construção pessoal do conhecimento, é um ponto importante que as características campo-dependentes da argumentação se façam presente.

4.3.3 Atividade 3.3 – Tubo Antigravidade

A Atividade 3.3 é mais um experimento que desperta muito a curiosidade dos alunos, que consiste no tubo antigravidade (Figura 12). Mais uma oportunidade de sistematizar o conhecimento adquirido nas duas atividades anteriores.

Figura 12 - Tubo antigravidade



Fonte: Autoria própria, (2022).

Mostra-se aos alunos dois tubos, sendo um de alumínio e outro de PVC, dois parafusos e dois ímãs de neodímio idênticos. Os alunos devem realizar a investigação para responder às perguntas do Quadro 8.

Quadro 8 - Perguntas da atividade 3.3

| |
|--|
| <p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) Ao soltar os parafusos ao mesmo instante de tempo da parte superior dos dois tubos, mantendo-os a mesma altura, qual chegará primeiro? Por quê?</p> <p>b) Ao soltar os ímãs, ao mesmo instante, da parte superior dos dois tubos, mantendo-os a mesma altura, qual chegará primeiro? Por quê?</p> |
| <p>Perguntas exploratórias:</p> <p>c) Represente na imagem (a) as linhas de campo magnético.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>d) Agora imagine que como se o tubo fosse feito por vários anéis. Podemos considerar cada anel como se fosse uma espira. Na figura (b) temos a representação de duas espiras uma superior e outra inferior ao ímã. Considerando que o ímã está caindo, determine o campo magnético induzido em cada espira de acordo com o observador.</p> <p>e) Determine o sentido da corrente elétrica induzida provocada pela passagem do ímã nas duas espiras?</p> <p>f) O que podemos concluir com relação as forças resultantes que irão atuar sobre o ímã?</p> |
| <p>Momento discussão</p> <p>Sugere-se que os alunos levantem hipóteses e elaboração.</p> |

Fonte: Autoria própria (2022).

Após os grupos responderem as questões o professor faz suas considerações e inicia-se a explicação da Lei de Lenz a partir de imagens fazendo relação com os dois experimentos acima (professor solicita que desenham o campo magnético do ímã atravessando o tubo indicando o fenômeno de indução eletromagnética e a formação de campos de mesma polaridade acima e abaixo do ímã).

4.3.4 Atividade 3.4 – Pêndulo eletromagnético

O objetivo desta atividade é aplicar os conhecimentos adquiridos até o momento para compreensão do funcionamento de um pêndulo eletromagnético. Cada grupo recebeu um pêndulo, conforme (Figura 13). Os materiais utilizados para esta atividade são: um ímã, bobina, suporte de acrílico e fios condutores.

O professor pode iniciar a aula mostrando aos alunos os materiais que há para esta atividade. Expôr de maneira que os alunos consigam associar os materiais com um pêndulo simples, e em seguida, solicitar aos estudantes que expliquem o funcionamento de um pêndulo. Após lembrar o funcionamento de um pêndulo simples, questionar os alunos se o movimento de oscilação também deve ocorrer neste pêndulo que é composto por ímã e bobina. O docente deve explicar e mostrar que há dois led ligados em paralelo a bobina.

Figura 13 - Representação do Experimento Pêndulo eletromagnético



Fonte: Autoria própria (2022).

Após estas primeiras observações pedir que os alunos deixem o ímã oscilar e relatem o que estão observando. Na sequência os alunos devem responder as questões do Quadro 9.

Quadro 9 - Perguntas da atividade 3.4

| |
|---|
| <p>Questão investigativa: a) O que provoca o acendimento dos leds?</p> |
| <p>Questões exploratórias: b) Se soltar o ímã em diferentes alturas, o que pode ser observado no brilho dos leds? Explique. c) Ao ligar os terminais da bobina em curto-circuito, o que pode ser observado no movimento do ímã? Por que isto acontece? d) Se os terminais da bobina estiverem abertos, o que pode ser observado no movimento do ímã? Explique. e) Por que os leds ficam piscando de forma aleatória?</p> |
| <p>Momento discussão Sugere-se que o professor fique atento as etapas do raciocínio dos alunos, e sempre que necessário interfira do “como” chegaram na resposta.</p> |

Fonte: Autoria própria (2022).

Após a formulação de hipóteses o professor faz sua contribuição explicando a relação dos efeitos observados com os princípios da indução eletromagnética e a conservação da energia e como a forma com que o circuito com os leds foi montado.

4.3.5 Atividade 3.5 – Questionário

Para finalizar o conjunto de atividades desta semana é proposta a Atividade 3.5, que consiste no Questionário A, o qual tem o objetivo de avaliar o nível de

compreensão do conceito adquirido, e ainda possibilitar a recuperação dos alunos que não acompanharam o processo de ensino-aprendizagem.

Em grupo os alunos respondem as questões e após a finalização apresentaram para os demais grupos suas respostas. Nesse momento os estudantes relatam “como” chegaram às respostas e a explicação do “porque” das respostas marcadas.

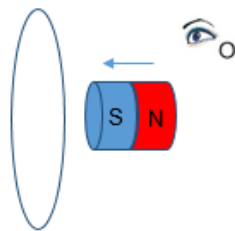
Para finalizar a semana 3, os alunos levaram para casa, de tarefa, a atividade do Apêndice G, e terão que fazer a leitura do texto sobre geração e transmissão de energia elétrica. Com perguntas a serem entregues.

Quadro 10 – Questionário A

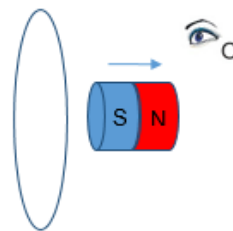
QUESTIONÁRIO A

- 1- Qual é o verdadeiro significado físico do sinal de menos presente na lei de Faraday?
- 2- A figura abaixo ilustra um ímã (a) se aproximando de uma espira e um ímã (b) se afastando de uma espira. Determine o campo magnético induzido de acordo com o observador e o sentido da corrente induzida para cada um dos casos.

(a)



(b)



- 3- Considere a mesma imagem da questão três, e marque V para verdadeira e F para as falsas.

() O sentido da corrente induzida dependerá do movimento de aproximação e afastamento entre a espira e o ímã.

() Se houver movimento relativo entre a espira e o ímã, ocorrerá variação do fluxo do magnético através da espira e surgirá uma corrente induzida.

() Se não houver movimento relativo entre a espira e o ímã, ocorrerá fluxo magnético através da espira, contudo não ocorrerá corrente induzida.

() O sentido da corrente induzida independe do movimento de aproximação e afastamento do anel e o ímã.

() A intensidade da corrente elétrica induzida não depende da velocidade de movimento do ímã em relação a espira.

- 4- Uma espira circular de 40 cm^2 de área é colocada perpendicularmente a um campo magnético de intensidade $4 \cdot 10^{-6} \text{ T}$, a intensidade do campo magnético é reduzida $2 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ em 4s. Determine a *fem* induzida neste intervalo de tempo.
- 5- Uma espira circular de lado 3 cm^2 esta imersa em um campo magnético uniforme, cuja intensidade é $4 \cdot 10^{-3} \text{ T}$. Determine o fluxo magnético através da espira, sabendo que o ângulo formado entre o campo magnético e o vetor normal a área é 60 graus.
- 6- Uma espira, inserida em um campo magnético, está submetida a seguinte variação do fluxo magnético: no instante $t_1 = 4 \text{ s}$, o fluxo é 12 Wb ; no instante $t_2 = 12 \text{ s}$, o fluxo é 55 Wb . Qual é o valor absoluto da força eletromotriz média induzida nesse intervalo de tempo?

Fonte: Autoria própria (2022).

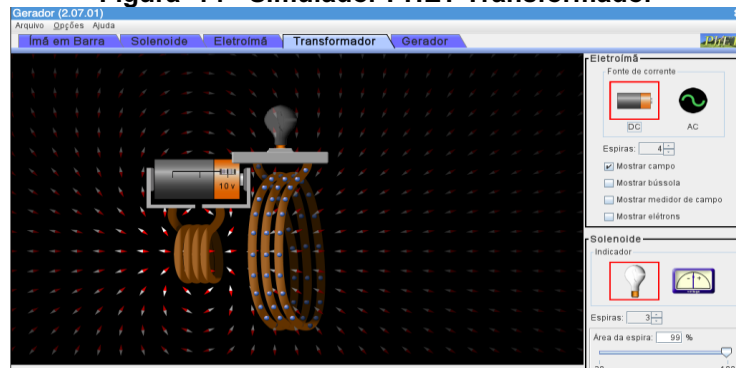
4.4 SEMANA 4

4.4.1 Atividade 4.1 – Transformadores

Essa atividade tem por objetivo que os alunos percebam como funciona um transformador, quais suas características e para que ele serve no nosso dia a dia, por isso, o docente deve ter muita clareza na hora da explicação para não restar dúvidas nos alunos.

O professor irá iniciar a aula pedindo para que cada grupo descreva o que é um transformador. Os alunos levaram para casa uma atividade da SEI que era tarefa (Apêndice G), portanto esperasse que todos os alunos leram o texto “Geração e transmissão de energia elétrica” e responderam às perguntas que se encontravam no final. Neste texto há uma explicação sobre transformadores e geradores de energia. Após as explicações, os alunos irão abrir o simulador da Lei de Faraday, selecionando a aba transformador, conforme Figura 14.

Figura 14 - Simulador PHET Transformador



Fonte: PHET (2022).

Os alunos devem fazer o levantamento de hipótese referente as perguntas do Quadro 11. Após finalização os mesmos irão realizar a investigação usando o simulador.

O professor deve sempre estar por perto averiguando e questionando os alunos caso não consigam desenvolver algumas respostas, sempre instigando nos alunos o levantamento de hipóteses “e se, portanto”.

Quadro 11 - Perguntas da atividade 4.1 - Transformador

Pergunta investigativa: De quantas formas diferentes podemos acender a lâmpada? Cite cada uma delas.

(Devem aparecer 3 formas que são mover a bobina primária em relação a secundária, mover a bobina secundária em relação a primária ou mudar a pilha para uma fonte AC)

Perguntas exploratórias:

- Observe e escreva o que acontece quando você aumenta a área das espiras.
- Se você aumentar o número de espiras o que acontece?
- Relacione o brilho da lâmpada com as possíveis variáveis.
- Identifique as diferenças entre usar uma pilha e uma corrente alternada AC.

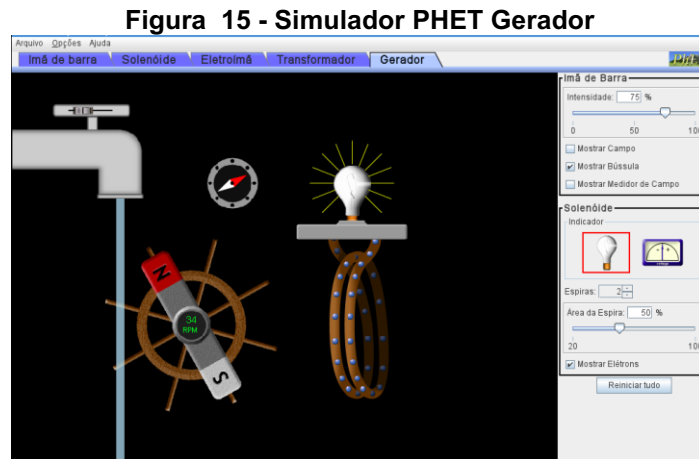
Fonte: Autoria própria (2022).

4.4.2 Atividade 4.2 – Geradores

O objetivo dessa atividade é mostrar para os alunos a relação com o fenômeno de indução eletromagnética no processo de geração de energia elétrica.

Inicialmente os grupos devem responder o que é um gerador de energia elétrica. Este conceito os alunos também tiveram contato com o texto sobre “Geração e transmissão de energia elétrica”, assim é provável que os alunos lembrem o que é um gerador e exemplos de geradores. Pergunta-se para cada grupo o que é um gerador, modelos de gerador existentes, e como funciona um gerador de energia elétrica. É importante que o professor faça com que os alunos realizem a associação da geração de energia elétrico com o fenômeno de indução eletromagnética. Após as

explicações os alunos abriram o simulador Faraday selecionando a aba “Gerador”, conforme Figura 15.



Fonte: PHET (2022).

Inicialmente os alunos devem fazer o levantamento de hipóteses da pergunta investigativa do Quadro 12 e na sequência realizar as investigações. Nas perguntas exploratórias observa-se que foram direcionadas para que o aluno explore as variáveis associadas ao fenômeno de indução eletromagnética.

Quadro 12 - Perguntas da atividade 4.2 - Gerador

| |
|---|
| <p>Pergunta investigativa: a) O que você pode fazer para acender a lâmpada?</p> |
| <p>Perguntas exploratórias: b) O que pode ser observado na lâmpada ao aumentar a vazão da torneira? Explique. (Nota: Observe como o fluxo da água varia a frequência da corrente. É assim que é controlado em barragens hidrelétricas. O fluxo de água na turbina é controlado por palhetas-guia.) c) Aumente a área das espiras observe e justifique o que você observou. d) Aumente o número de espiras observe e justifique o que você observou. Faça uma relação entre o número de espiras da bobina e a energia gerada. e) Qual a relação entre a simulação do gerador com as características da corrente elétrica que temos em nossa residência?</p> |

Fonte: Autoria própria (2022).

O professor nessa atividade deve notar se os alunos conseguiram identificar que a área e o número de espiras influenciam na corrente gerada para um gerador.

4.4.3 Atividade 4.3 – Questionário B

O objetivo do questionário é sistematizar os conhecimentos construídos sobre transformadores e geradores de energia elétrica. As três primeiras questões exploram o conceito de transformador, cálculo usando a relação $\frac{N_1}{V_1} = \frac{N_2}{V_2}$. As duas últimas

questões são cálculos sobre geração e transmissão de energia elétrica, deve-se solicitar que os alunos utilizem o texto “Geração e transmissão de energia elétrica”.

Quadro 13 - Questionário B

QUESTIONARIO B

1. Quando um enrolamento primário de um transformador que é alimentado por uma corrente elétrica, possui mais espiras que o secundário, se compararmos o enrolamento secundário com o primário, como é o seu potencial e sua corrente elétrica?
2. O enrolamento secundário possui uma diferença de potencial de 57 V que é recebida pelo enrolamento primário. Considere que o enrolamento primário possui 300 espiras e o secundário 1200 espiras. Qual a diferença de potencial do enrolamento primário?
3. Um transformador possui em seu interior um enrolamento primário com 750 espiras e possui uma corrente elétrica de $i_p = 10$ A, sabendo disso calcule a corrente do enrolamento secundário do transformador, que possui 200 espiras.
4. Na fig. 24-34 do livro Curso de Física Vol 3. (ALVARENGA, B; MÁXIMO A., 2018,p. 318-322). suponha que a pequena usina elétrica esteja gerando uma potência $P_1 = 2400W$, com uma voltagem $V_{ab} = 120V$, sem $r = 3,0\Omega$ a resistência total dos cabos AC e BD usados para transportar a energia até a residência.
 - a) Qual a corrente que está sendo conduzida nos cabos de transmissão?
 - b) Qual a potência que está sendo dissipada, por efeito Joule, nos cabos?
 - c) Qual é a porcentagem de energia gerada que é dissipada na transmissão?
 - d) Qual seria a solução para diminuir a perda de energia dissipada, por efeito Joule, na transmissão da energia elétrica?
5. Observe a fig. 24-35 do mesmo livro, que mostra diversas fases de produção, transmissão e distribuição da energia elétrica, e responda:

- a) Quantas vezes o valor da voltagem foi alterado por meio de transformadores?
- b) Diga onde estão localizados esses transformadores, informando, em cada caso se ele é usado para reduzir ou aumentar a voltagem.

Em cada caso do item (b) diga se o valor da corrente na transmissão aumenta, diminui ou não se altera.

Fonte: ALVARENGA, B; MÁXIMO A (2018).

Caso os alunos não consigam finalizar o Questionário B, o docente pode pedir para levarem de tarefa e o professor na próxima aula corrige no quadro alguns exercícios que os alunos acharam mais difíceis de realizar ou que tiveram alguma dificuldade na realização.

4.5 SEMANA 5

4.5.1 Atividade 5.1 - Questionário Resumo

O questionário resumo tem o objetivo de avaliar o nível de compreensão do conteúdo alcançado, além de possibilitar a recuperação dos estudantes que não acompanharam o processo de ensino-aprendizagem.

Para isto as questões fazem relação com experimentos e simuladores usados durante as atividades. Neste processo os alunos respondem o questionário individualmente em casa.

No início da aula, os estudantes têm que dizer “como” chegaram à resposta e “porque” tal resposta encontrada. Durante a explicação do porque o professor pode fazer a correção de eventuais erros observados.

Esta é uma oportunidade importante para o docente em conjunto com os alunos discutirem estas dúvidas e se necessário explorar novamente no experimento e/ou simulador utilizado.

Quadro 14 - Questionário Resumo

| QUESTIONÁRIO RESUMO | |
|----------------------------|-------------|
| Professora: | Disciplina: |
| Aluno(a): | Data: |

Este questionário tem o objetivo de reforçar e fazer um resumo dos conceitos relacionados ao conteúdo de “Indução eletromagnética”.

1. De acordo com a Lei de Faraday, a fem induzida é proporcional

Escolha uma opção:

- a) à taxa de variação do fluxo elétrico.
- b) à taxa de variação do fluxo magnético.
- c) Nenhuma das respostas.
- d) à taxa de variação do campo magnético.
- e) à taxa de variação do campo elétrico.

2. Assinale a alternativa correta a respeito da lei de Lenz:

- a) Por meio da lei de Lenz, determinamos a intensidade da força eletromotriz induzida em um condutor.
- b) A lei de Lenz relaciona a variação temporal do fluxo do campo magnético com a intensidade da força eletromotriz induzida em um condutor.
- c) A lei de Lenz afirma que o sentido da corrente elétrica induzida em um circuito ou condutor é tal que o campo magnético por ela produzido sempre irá opor-se às variações de campos magnéticos externos.
- d) A lei de Lenz afirma que o sentido da corrente elétrica induzida sobre um circuito ou condutor é tal que o campo magnético por ela produzido será favorável às variações de campos magnéticos externos.
- e) Por meio da lei de Lenz, podemos calcular o módulo da corrente elétrica induzida em um circuito ou condutor.

3. Julgue os itens a seguir como verdadeiros (V) ou falsos (F):

I – Se um ímã aproxima de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão repelir-se.

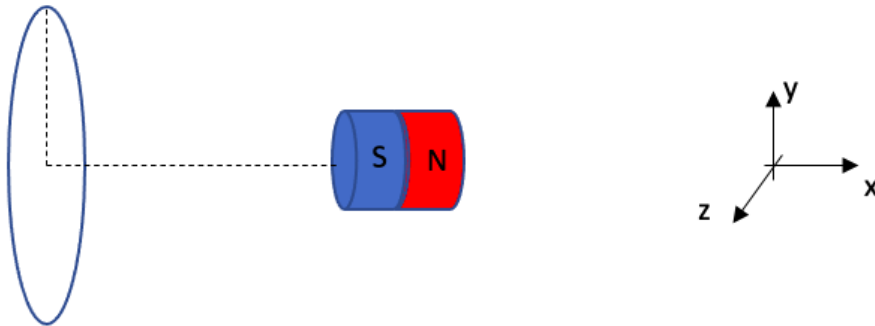
II – Se um ímã aproxima de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão atrair-se.

III – Se um ímã afasta de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão atrair-se.

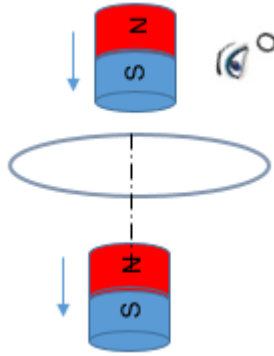
É(são) verdadeiro(s):

- a) Somente I
- b) Somente II
- c) I e III
- d) Somente III
- e) I, II e III

4. A figura mostra um ímã no eixo x e uma espira no plano yz. Observe e analise cada um dos casos abaixo e marque com x aquele produzirá uma corrente elétrica induzida na espira.



- a) Ímã e espira em repouso.
 - b) Ímã em movimento e espira em repouso.
 - c) Ímã em repouso e espira em movimento.
 - d) Ímã girando em torno do seu eixo x na posição fixa e espira em repouso.
 - e) Ímã e espira se movimentando para a direita com a mesma velocidade.
 - f) Ímã em repouso e espira girando em torno do seu eixo x.
 - g) Ímã em repouso e espira girando em torno do seu eixo y.
6. Um ímã em queda aproxima-se de uma espira, a atravessa e depois afasta-se. Determine o sentido da corrente elétrica induzida para o observador O, durante a aproximação e durante o afastamento.



7. Uma espira, inserida em um campo magnético, está submetida a seguinte variação do fluxo magnético: no instante $t_1 = 8 \text{ s}$, o fluxo é 18 Wb ; no instante $t_2 = 18 \text{ s}$, o fluxo é 110 Wb . Qual é o valor absoluto da força eletromotriz média induzida nesse intervalo de tempo?
8. 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.



- O princípio de funcionamento desse equipamento é:
- Corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- Bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- Bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- Corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- Corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Fonte: Autoria própria (2022).

4.5.2 Pós-teste e questionário de satisfação

O objetivo do pós-teste é avaliar o nível de compreensão que os estudantes obtiveram após a aplicação da SEI. Desta forma foi realizado de forma individual.

O docente entregará aos alunos o pós-teste que é o mesmo pré-teste que os alunos fizeram na primeira aula, para que seja realizado de forma individual. Assim o docente ao final, pode discutir com os alunos juntos, quais as diferenças que eles conseguiram ter, a partir das atividades aplicadas sobre o conteúdo e se foi positiva.

Para finalizar, é feito um questionário de satisfação aos alunos nos últimos 10 minutos de aula, o *link* do questionário: https://docs.google.com/forms/d/19ZNEGMiDTghCl3Yd_Xu_L4fXxpjB3TEHcMgNrnZgqn4/viewform?edit_requested=true, o objetivo desse questionário é considerar quais aspectos positivos e negativos ocorreram durante a aplicação do produto educacional. O professor pode sentir à vontade em acrescentar perguntas em seu questionário de satisfação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este produto educacional tem como finalidade desenvolver aulas de física com experimentos, de maneira que os professores possam ter uma aprendizagem significativa mais relevantes do conteúdo de indução eletromagnética, além, da disponibilidade do mesmo para que mais professores possam reproduzir este material, contribuindo assim para uma melhor forma de ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio.

A sequência de ensino sugerida aos professores, pode ser adequada de maneira que o docente possa utilizar em suas turmas, depende muito do número de horas aulas presentes, quantidade de alunos, e equipamentos disponibilizados pela escola, desta forma, não é preciso seguir fielmente a sequência de ensino o professor pode adequar da maneira que se encaixar melhor a sua realidade escolar.

Ainda é possível fazer uma análise do ponto de vista de Ausubel (1999), visto que a aprendizagem significativa do aluno acontece em um processo de como uma informação é relevante para estrutura cognitiva do sujeito, pois a aprendizagem significativa é algo que deve acontecer de maneira lógica e racional e não algo literal (MOREIRA, 1999). Deste modo os professores precisam promover uma aprendizagem significativa para o aluno, onde os conhecimentos prévios e conhecimentos novos se entrelaçam e adquirem significado ao sujeito (MOREIRA 2012).

Os melhores resultados obtidos na SEI, foram os resultados onde os estudantes conseguiam manipular os materiais ou mexer com os simuladores, foi perceptível as atividades onde os alunos observaram a indução eletromagnética e não apenas imaginaram por meio de resolução de questionários. Os questionários são importantes, também pois neles consegue-se observar o resultado conquistado pelos discentes no decorrer de toda a SEI, mas as atividades que eles podiam manipular se sentiam mais à vontade em realizar.

Sendo assim, pode-se concordar com Carvalho (2011) e Bellucco e Carvalho (2014), ter uma etapa de raciocínio a ser seguido e defender durante a aplicação da SEI, não se torna algo somativo e nem que influencia na nota do aluno, mas sim, que o aluno cria suas hipóteses, sua argumentação, soluciona o problema e ainda constrói seu raciocínio através de “se, então e portanto”.

Por isso, a SEI, são mais interessantes, tanto para o aluno quanto para o professor, pois é composta por várias atividades, dispostas e estruturadas, envolvendo atitudes, procedimentos, questionamentos, em que o aluno executa as atividades e o professor é o mediador (CARVALHO, 2011).

Para terminar, acredita-se que a metodologia utilizada para se ensinar física por meio da investigação, torna-se algo mais atraente e adequada para as escolas em que se trabalha, fala-se isso pela experiência na docência no ensino médio e também pelos bons resultados adquiridos, já que principalmente a matéria de indução eletromagnética é mais complicada para os estudantes, utilizando-se uma metodologia que atraia os estudantes e que eles mesmos consigam realizar suas situações problemas e levantarem suas hipóteses, contribui para a construção do conhecimento científico correto.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D.; Teoria da aprendizagem de Ausubel. *In*: MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Pedagógica e Universitária Ltda, 1999. p. 151-165.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P.; Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 31, n. 1, p. 30- 59, nov. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n1p30/26466>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- BRASIL.; Ministério da Educação. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências e suas tecnologias. 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**: eletromagnetismo. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2010. 812 p.
- JELICIC, K.; PLANINIC, M.; PLANINSIC, G. Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. **Physical Review Physics Education Research**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 0101121-01011218, 27 fev. 2017. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010112>. Acesso em: 11 fev. 2021.
- MOREIRA, M. A.; Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física, Brasília**, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22a13.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020.
- PAZ, A. M.; **Atividades Experimentais e Informatizadas**: contribuições para o ensino de eletromagnetismo. 2007. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/teses/ativ_exper_infor_magnetism.pdf. Acesso em: 27 setembro 2020.