



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**

PAULO HENRIQUE PEREIRA DE MELO

**O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA PARA O
ESTUDO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

CAMPINA GRANDE

2021

PAULO HENRIQUE PEREIRA DE MELO

**O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA PARA O
ESTUDO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

Trabalho de Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - (MNPEF) da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador: Prof. Dr. Heron Neves de Freitas.

CAMPINA GRANDE

2021

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M528u Melo, Paulo Henrique Pereira de.
O uso de atividades experimentais no Ensino de Física para o estudo de indução eletromagnética [manuscrito] / Paulo Henrique Pereira de Melo. - 2021.
132 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2021.
"Orientação : Prof. Dr. Heron Neves de Freitas, UFCG - Universidade Federal de Campina Grande."

1. Ensino de Física. 2. Sequência didática. 3. Indução eletromagnética. 4. Atividades experimentais. I. Título

21. ed. CDD 530.7

PAULO HENRIQUE PEREIRA DE MELO

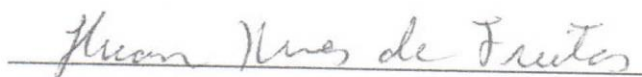
**O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA PARA O
ESTUDO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

Trabalho de Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - (MNPEF) da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica.

Aprovada em: 26/02/2021

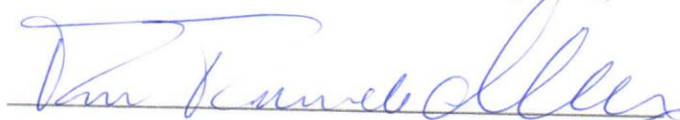
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Heron Neves de Freitas (Orientador)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof. Dr. José Jamilton Rodrigues dos Santos.
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Fábio Ferreira de Medeiros
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Dedico esse trabalho

A minha mãe Severina Ana, à Wilma (*in memoriam*), ao eterno Mestre Dr. Edvaldo Mará (*in memoriam*) e em especial ao Professor Dr. Heron Freitas por tê-lo como um irmão e que neste período me ajudou a vencer muitas dificuldades e por estar sempre me encorajando a produzir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo êxito alcançado no curso de mestrado e pela sua maestra orientação durante todo percurso da minha vida.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), a SBF (Sociedade Brasileira de Física) e Coordenação do MNPEF (Mestrado Nacional e Profissional em Ensino de Física), pela criação e manutenção deste mestrado, sem eles esse sonho não seria possível.

Ao meu professor e orientador, HERON NEVES DE FREITAS, por além de ter exercido seu papel enquanto professor neste curso de mestrado, orientou-me, sempre se mostrando disponível com sugestões, conselheiro nas decisões e esclarecimentos sobre qualquer aspecto desse trabalho.

A todos que compõem o corpo docente do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UEPB pela contribuição na minha formação ao longo do meu curso.

A toda minha família, pela força e apoio nos momentos difíceis.

RESUMO

Nesta dissertação apresentamos uma proposta de Ensino Problematizador, que possui como produto educacional uma Sequência Didática, que tem como objeto de discussão o estudo da indução eletromagnética. O desenvolvimento da base conceitual da indução eletromagnética se deu a partir da realização de atividades experimentais, e após inúmeras observações e questionamentos levantados sobre o fenômeno, tornou-se possível entender a união da eletricidade e magnetismo, surgindo assim o eletromagnetismo. A sequência didática proposta é composta por cinco encontros e segue o aporte do uso da experimentação em sala de aula e os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti. Nos quatros primeiros encontros, os alunos fizeram o manuseio de experimentos relacionados ao eletromagnetismo, onde através da socialização dos saberes, do estímulo e incentivo, passaram para o processo de construção do conhecimento, buscando explicar os fenômenos observados. Ao fim de cada encontro os alunos participaram de uma avaliação composta por questões, que foram respondidas de forma descritiva e com a utilização de representações gráficas. Ao final teremos como produto educacional, a sequência didática e um tutorial para confecção dos experimentos, os quais seguem uma ordem de fenômenos sobre a indução eletromagnética.

Palavras-Chave: Ensino de Física. Sequência Didática. Indução Eletromagnética. Momentos Pedagógicos.

ABSTRACT

In this dissertation we present a proposal of Problematic Teaching, which has as its educational product a Didactic Sequence, which has as object of discussion the study of electromagnetic induction. The development of the conceptual basis of electromagnetic induction occurred from the realization of experimental activities, in which after numerous observations and questions raised about the phenomenon, made it possible to understand the union of electricity and magnetism, thus giving rise to electromagnetism. The proposed didactic sequence is composed of five meetings and follows the use of experimentation in the classroom and the three pedagogical moments of Delizoicov and Angotti. In the first four meetings, the students will handle experiments related to electromagnetism, where through the socialization of knowledge, stimulus and incentive, they will move into the process of building knowledge, seeking to explain the phenomena observed. At the end of each meeting the students will participate in an evaluation composed of questions, which must be answered in a descriptive manner and with the use of graphic representations. At the end we will have as an educational product, the didactic sequence and a tutorial for making the experiments, which follow an order of phenomena on electromagnetic induction.

Keywords: Teaching Physics. Didactic Sequence. Electromagnetic Induction. Pedagogical Moments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ilustração da experiência de Oersted	23
Figura 2– Os polos de um ímã.....	24
Figura 3 – Interação entre os polos magnéticos de um ímã	24
Figura 4 - Formatos dos ímãs	25
Figura 5 – Elétron girando em torno do seu próprio eixo, e em torno do núcleo do átomo. Eles funcionam como se fossem um ímã com dois polos magnéticos.....	26
Figura 6 - Orientação dos domínios magnéticos no ímã	26
Figura 7 – Orientação dos domínios magnéticos de um corpo com magnetização fraca ou desmagnetizado.	27
Figura 8 – Representação das linhas de indução de Campo Magnético de um ímã.....	27
Figura 9 – Representação do vetor campo magnético (B) e de uma linha de indução.....	28
Figura 10 – Cargas em movimento gerando uma corrente no fio condutor.....	29
Figura 11– Representação do vetor densidade de corrente J	30
Figura 12 – Regra da mão direita.	31
Figura 13 – Lei de Biot-Savart para o campo magnético.....	32
Figura 14 – Campo devido a um fio condutor reto.	33
Figura 15 – Fio condutor percorrido por uma corrente I e campo magnético B circulando o fio.	34
Figura 16 – Corte transversal de um fio longo reto.....	35
Figura 17 – Quando o ímã se aproxima na direção de uma bobina metálica conectada a um amperímetro sensível, o equipamento registra uma corrente induzida na bobina.....	36
Figura 18 – Quando o ímã fica em repouso não há corrente induzida, mesmo o ímã ficando dentro da bobina.	37
Figura 19 – Quando o ímã se afasta da bobina metálica conectada a um amperímetro sensível, o equipamento registra uma corrente induzida na bobina, só que no sentido contrário ao anterior.	37
Figura 20 - Superfície S apoiada no circuito C . A Lei de Faraday relaciona à variação temporal do fluxo de B em S com a circulação de E em C	38
Figura 21 – Espira condutora que envolve uma área A , na presença de um campo magnético e a posição relativa entre o campo B e a Normal à espira.....	39
Figura 22 – (a) A aproximação de um ímã de uma espira, aumenta o fluxo magnético na espira. A corrente induzida na espira produz um campo contrário, que tenta anular o campo contrário,	

polarizando a espira com polo magnético igual ao do ímã e gerando uma força de oposição. (b) De modo análogo, se afastarmos o ímã, observaremos uma atração entre o ímã e a espira, isso é devido a indução de uma corrente com sentido contrário e que induz um campo de polo Sul

.....	40
Figura 23 – Carga localizada internamente a Gaussiana.....	41
Figura 24 - Ímã localizado internamente a Gaussiana.....	43
Figura 25 – Ímã se aproximando de um circuito fechado	44
Figura 26 – Campo gerado de vido à passagem da corrente elétrica.	45
Figura 27 – Corrente de deslocamento num capacitor de placas paralelas.	45
Figura 28 – Estrutura básica de um transformador.	47
Figura 29 – Estrutura de um transformador com núcleo de ferro.	47
Figura 30 – Formulário utilizado pelos alunos no primeiro momento.	53
Figura 31 – Gráfico de respostas dos estudantes da questão 1	54
Figura 32 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 2	55
Figura 33 – Imagem das respostas do formulário da questão 3.	55
Figura 34 – Imagem das respostas do formulário da questão 4.	56
Figura 35 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 5.	57
Figura 36 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 6.	58
Figura 37 – Formulário utilizado pelos alunos no segundo momento.	60
Figura 38 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 1.	61
Figura 39 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 2.	62
Figura 40 - Imagem da planilha de resolução do formulário da questão 3/2º encontro.	63
Figura 41 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 4.	64
Figura 42 – Formulário utilizado pelos alunos no terceiro momento.	66
Figura 43 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 1.	66
Figura 44 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 2.	68
Figura 45 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 3.	69
Figura 46 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 4.	70
Figura 47 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 5.	71
Figura 48 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 6.	72
Figura 49 – Formulário utilizado pelos alunos no quarto momento.	73
Figura 50 – Relatos dos alunos da questão 8 do 4º formulário.	74
Figura 51 – Formulário utilizado pelos alunos no quarto momento.	75
Figura 52 – Relatos dos alunos sobre o uso do simulador do 5º formulário.	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. O USO DE EXPERIMENTOS E UMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA DE ENSINO	14
2.1 O uso de experimentos no ensino	14
2.2 As dificuldades na realização de Atividades Experimentais nas aulas de Física	15
2.3 O uso de simulações como proposta de Atividades Experimentais num ambiente virtual	18
2.4 Os três momentos pedagógicos e a abordagem problematizadora	19
3. INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	21
3.1 O eletromagnetismo	22
3.2 Os ímãs - natureza e propriedades	23
3.3 Introdução a Lei de Ampère	28
3.3.1 A corrente elétrica (I)	28
3.3.2 A Lei de Biot-Savart e a Regra da Mão Direita	30
3.3.3 A Lei de Ampère	34
3.4 Indução Eletromagnética – Lei de Faraday	36
3.5 A Lei de Lenz	40
3.6 As Equações de Maxwell	41
3.6.1 A Lei de Gauss para o campo elétrico	41
3.6.2 A Lei de Gauss para o campo magnético	42
3.6.3 Lei da Indução de Faraday-Lenz	43
3.6.4 Lei de Ampère-Maxwell	45
3.7 Uma aplicação da Indução Eletromagnética – Os Transformadores	46
4. DESCRIÇÃO METODOLÓGICA	49
4.1 Sobre a pesquisa O	49

4.2 Sobre o Produto Educacional	50
4.2.1 Algumas considerações sobre a Sequência Didática	50
5. RELATO DE EXPERIÊNCIA DA APLICAÇÃO DO PRODUTO PEDAGÓGICO .	52
5.1 Etapas de Aplicação do Produto	52
PRIMEIRO ENCONTRO – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL e ORGANIZAÇÃO DE CONHECIMENTO	52
SEGUNDO ENCONTRO – ORGANIZAÇÃO DE CONHECIMENTO	59
TERCEIRO ENCONTRO – ORGANIZAÇÃO DE CONHECIMENTO	65
QUARTO ENCONTRO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO	73
QUINTO ENCONTRO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO	75
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
7 - REFERÊNCIAS	79
ANEXOS	I
APÊNDICES	IV

1. INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem na disciplina de física é uma questão que vem sendo alvo de debate desde 1970, quando o primeiro SNEF (SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA) reuniu diversos pesquisadores da área na cidade de São Paulo. Nestes 45 anos esse tema vem ganhando destaque em eventos educacionais, tanto no âmbito nacional quanto internacional (ALVES FILHO, 2000, p.96). Não o SNEF, mas o projeto “Physical Science Study Committee” (PSSC), na década de 1960, passou a se preocupar e começou a investigar o ensino de Ciências, inicialmente implantado nos Estados Unidos e logo depois na América Latina (ROSA, 2012; DA ROSA 2012).

Apesar das discussões realizadas ao longo dos últimos anos, a Física ainda recebe uma significação empirista-indutivista muito forte, e o uso das atividades experimentais continuam a serem utilizadas como estratégias metodológicas de um processo de ensino-aprendizagem muito tradicional. Nesse sentido, o aluno continua sendo um sujeito passivo no processo de aprendizagem e as atividades experimentais serviram apenas como uma ferramenta de revisão ou fixação do conteúdo ministrado em sala.

Nos últimos anos, vários pesquisadores têm demonstrado em seus estudos uma postura crítica no que diz respeito a abordagem feita no ensino de Física nas Escolas Públicas (SOTELO *et al*, 2010; LIMA e GAIO, 2009; ROSA e ROSA, 2005; SERÉ *et al*, 2003). Eles destacam que a participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem é de certa forma mínima e isso vem ocorrendo em relação a diversos fatores presentes no contexto escolar (GOMES e CASTILHO, 2010; MARQUES 2014; ALVES *et al*, 2014). Um dos fatores mais destacados é a falta de atividades experimentais, que ao se agregar a aula expositiva e problematizadora, proporciona ao aluno uma vivência do fenômeno abordado para uma realidade prática, fazendo com que o estudante saia de uma posição de agente passivo (apenas receptor) no processo de ensino-aprendizagem.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, o ensino de física deve contribuir para:

[...]a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional (BRASIL, 1999, p.22).

De semelhante modo, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), “o ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado” (BRASIL, 1999, p. 48). Podemos perceber que o professor fica como um único transmissor de conhecimento e agente ativo de ensino, onde o aluno passa a ser apenas um sujeito receptivo do conhecimento, essa postura adquirida é tida como uma postura tradicional de ensino, e possui uma série de fatores que podem ser os responsáveis por tal atividade.

Esta “postura tradicional” está atrelada a quatro motivos fundamentais: (1) falta de material e de equipamentos; (2) falta de local adequado que possibilite a atividade; (3) falta de tempo para seu preparo e execução; e (4) deficiência na formação acadêmica do professor (GASPAR, 2014).

Assim, muitos autores trazem propostas que buscam solucionar os problemas no processo de ensino-aprendizagem. Podemos destacar como medidas “a importância das Atividades Experimentais para o aprendizado do aluno” (GOMES e CASTILHO, 2010; COUTO, 2009; CAVALCANTE *et al*, 2012).

Professores e pesquisadores tendem a concordar que o uso de experimentos como uma ferramenta de ensino auxilia na construção e absorção de conhecimento por parte do aluno. Existem tópicos de física em que a compreensão pode tornar-se muito abstrata e de complexa interpretação do fenômeno, e a utilização de um experimento pode tornar-se uma estratégia de ensino muito eficiente, buscando ampliar a visão geral do aluno do fenômeno estudado. Um dos temas abordados em sala que possui uma grande importância, devido a sua aplicação em muitas das atividades da nossa vida cotidiana é a indução magnética, por tratar-se de uma gama de conceitos a ser absorvido, extenso formulário matemático e de grande necessidade de entendimento do fenômeno como um todo. O uso de experimentos tende a proporcionar um

melhor entendimento do fenômeno abordado, uma vez que os alunos passariam a identificar os elementos necessários para observarmos a indução eletromagnética.

Neste sentido, este trabalho versará para o uso de uma sequência didática, com uma abordagem problematizadora no ensino da indução eletromagnética, baseada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP) de Delizoicov, que busca proporcionar a construção do conhecimento do fenômeno estudado, fazendo com que o aluno saia da situação de ser um simples receptor de informações e passe a ser um sujeito ativo durante o processo ensino-aprendizagem.

Portanto, o objetivo deste trabalho será apresentar uma sequência didática que se encontra sustentada no uso de experimentos por meio de uma abordagem problematizadora da indução eletromagnética. Visando alcançar o objetivo, serão demonstrados quatro experimentos, a serem realizados e analisados pelos alunos durante os encontros marcados.

O trabalho está estruturado em alguns capítulos, o primeiro versará sobre os fundamentos teóricos da abordagem problematizadora e da experimentação no ensino da física, assim como seus aspectos, características e formas de abordagens no ensino. Na sequência teremos outro capítulo acerca do eletromagnetismo e o desenvolvimento conceitual que fundamenta a Indução Eletromagnética, assim como a descrição de suas aplicações em nosso cotidiano.

No capítulo seguinte é realizada a fundamentação teórica sobre o uso de atividades experimentais no ensino de Física, assim como o aporte na área de ensino. No capítulo 3 abordamos as considerações teóricas a respeito do eletromagnetismo. Na sequência acrescentamos um capítulo com a descrição da metodologia utilizada durante a pesquisa, suas fundamentações e forma de obtenção de dados durante a aplicação de produto educacional. Num penúltimo capítulo é apresentado o relato de experiência de aplicação da Sequência Didática, e por fim, o último capítulo traz as considerações finais sobre a aplicação do produto educacional e as conclusões sobre o benefício proporcionado por ele no ensino da Indução Eletromagnética.

2. O USO DE EXPERIMENTOS E UMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA DE ENSINO

Neste capítulo, tratamos dos fundamentos teóricos sobre o uso de experimentos no ensino de Física, além de considerações sobre a abordagem problematizadora, com base em Delizoicov e Angoti.

2.1 O uso de experimentos no ensino

Na busca de aproximar o aluno do processo de ensino, encontramos um discurso constante entre os professores de Física, que consiste em como aproximar o aluno do objeto de estudo e como representar este objeto concretamente, que se torne mais factível em seu cotidiano. Também é observado que os cursos priorizam a resolução de problemas que envolvem muitos cálculos matemáticos, e menos enfoque é dado à apresentação de conceitos que seriam fundamentais para a construção de um conhecimento do fenômeno abordado, pois estes conhecimentos se tornam importantes, para que o conhecimento científico possa ser incorporado e aplicado no cotidiano dos alunos. Como observa Bonadiman:

As causas que costumam ser apontadas para explicar as dificuldades na aprendizagem da Física são múltiplas e as mais variadas. Destacamos (...) o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, o distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos, a falta de contextualização dos conteúdos desenvolvidos com as questões tecnológicas, a fragmentação dos conteúdos e a forma linear como são desenvolvidos em sala de aula, sem a necessária abertura para as questões interdisciplinares, a pouca valorização da atividade experimental e dos saberes do aluno, a própria visão da ciência, e da Física em particular, geralmente entendida e repassada para o aluno como um produto acabado (BONADIMAN, 2007, p.199-223).

Partindo deste ponto, existe a necessidade de rever nossas ações pedagógicas que são adotadas em sala de aula, buscando assim proporcionar ao discente um conhecimento efetivo, conhecimento esse que colabore em sua formação social e acadêmica.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2007), o uso da experimentação deve ser presente em todo o processo de ensino/aprendizagem do aluno, onde este deverá desenvolver conhecimentos físicos mais significativos, além de garantir que ele desenvolverá outras habilidades, tais como questionar, interagir, investigar etc.

A utilização de experimentos durante uma aula com ações planejadas, pode proporcionar ao aluno um vínculo do conhecimento do senso comum com o conhecimento

científico, pois durante o manuseio e análise de experimentos, ele terá a possibilidade de promover a evolução de seu conhecimento para um patamar elevado. Logo, a relação entre a prática experimental e teoria, contribui para a construção do conhecimento científico, podendo assim vincular o conhecimento dito popular com o conhecimento formal.

Para Gaspar (2005) o uso de experimentos funciona como uma ferramenta de encanto, despertando o interesse das pessoas. Desta forma, a utilização de atividades experimentais em sala proporciona ao aluno um momento diferente da aula expositiva o que pode permitir ao mesmo tornar-se um sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem.

Observamos que a prática experimental é de fato um elemento enriquecedor a ser utilizado em sala de aula. No entanto, devemos estabelecer o tipo de experimentos e de obtenção de dados que poderão ser realizadas.

Durante a realização das atividades experimentais é importante levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos, fazendo com que venhamos utilizar uma prática metodológica adequada para a atividade proposta. Contudo, é importante estarmos atentos às dificuldades encontradas para a realização de atividades experimentais, seja na sala de aula ou no laboratório durante o processo de ensino e a necessidade de um planejamento antecipado, e como ele servirá na realização de nossas aulas.

A seguir, iremos discutir sobre as dificuldades encontradas para o uso e realização das atividades experimentais.

2.2 As dificuldades na realização de Atividades Experimentais nas aulas de Física

De acordo com Saraiva-Neves, Caballero, Moreira. (2006) e Ramos, Rosa (2008), vários fatores provocam o mau uso e a falta de utilização de atividades experimentais no processo de ensino-aprendizagem são eles:

- Quantidade de material indisponível;
- Pouco tempo disponível para discussão dos vários aspectos do trabalho experimental ou para a planificação pelos alunos;
- Excessivo número de alunos em sala de aula;
- Formação precária dos professores;
- Restrições institucionais;
- Pouca bibliografia para orientação;
- Ausência de horários específicos para à prática;
- Desarticulação entre atividades experimentais e o curso;

- Ausência de um trabalho coletivo que envolva todos os educadores;
- Falta de preparo dos professores durante os cursos de formação inicial e continuada para o desenvolvimento de atividades experimentais;
- Estímulo dentro das escolas para a manutenção de uma postura tradicionalista de ensino.

Em grande parte das escolas, a falta de uma estrutura ou espaço destinado para a realização de atividades experimentais, pode ser um dos fatores que dificultam a realização das atividades.

Segundo Silva, Borges e Cunha (2011) e Borges (2002), muitos professores quando passam a adotar o uso de experimentos em suas aulas, acabam se deparando com a falta de recursos materiais e estruturais disponíveis para a realização das atividades experimentais. A falta de estrutura, como o laboratório, para a realização de experimentos pode ser um fator que gere desestímulos aos alunos. Também podemos elencar como um dos fatores que dificultam o uso da experimentação: a falta de formação de professores em Física, muitos que lecionam esta disciplina se quer possuem formação na área e pouco se importam com a qualidade de ensino.

O “fracasso experimental” quase generalizado nas escolas se evidencia, com certa frequência, a partir de um tipo de relação com o saber profissional de simples emprego e não de vocação. O afastamento desta última condição para o de simples “ganha pão”, dada pela primeira condição, parece ter origem na entrada da universidade ou durante a profissão. Na primeira situação, há indicações de que a opção profissional escolhida se deu por equívoco ou por conveniência. A opção equivocada se evidencia na medida em que o pré-universitário adentra num curso universitário por desinformação e persiste no mesmo com indesejável sentimento. A última opção é compreendida, principalmente, pela maior facilidade de concorrência nos exames, sendo que os compromissos ou desejos se acham essencialmente externos à carreira. Outra situação acontece quando se adentra ao curso por afinidade ou ilusão vocacional que se vão progressivamente volatilizando em razão da desilusão com a própria formação ou com a dura realidade que se depara o licenciando frente às condições de trabalho (LABURÚ, BARROS e KANBACH, 2007, p. 317).

De acordo com Brasil (2007), ocorre uma evasão muito grande nos cursos de licenciatura em Física, o que torna o número de professores formados em Física muito pequeno, logo observamos uma carência grande na área, o que acaba acarretando na presença de educadores desqualificados e com práticas pedagógicas arraigadas em metodologias de ensino tradicionais, o que acaba ocasionando um ensino de má qualidade com implicações no fracasso da aprendizagem dos alunos.

Outro fator que torna difícil o uso de práticas experimentais é o tempo destinado a elaboração e preparo das atividades. Muitos professores trabalham em mais de uma escola, e

acabam precisando cumprir uma carga horária elevada, o que resulta a um tempo limitado destinado ao planejamento. A elaboração e aplicação desse planejamento em sala de aula são de fundamental importância, e é a partir deste que o professor poderá avaliar os itens mais importantes a serem abordados em sala. Sobre isto, Ramos e Rosa (2008), mencionam que:

Falta de preparo dos docentes no que se refere à organização do tempo em sala de aula e mostram que, de fato, uma das deficiências das escolas analisadas é a falta de planejamento adequado por parte desses profissionais. Além disso, parece que, de um modo geral, os professores ainda estão cultivando a prática de separação entre teoria e ação, o que acaba os aproximando, consideravelmente, do antigo modelo tradicionalista de ensino (RAMOS e ROSA, 2008, p.312).

Diante do exposto as dificuldades na aplicação de uma atividade experimental são inúmeras, e entendemos que prática experimental é de fato um elemento enriquecedor a ser utilizado em sala de aula, principalmente no ensino de fenômenos físicos que envolvem uma série de conceitos e equações matemáticas que representam um determinado fenômeno. Um destes que apresenta uma série de definições interligadas e com grande número de equações é a Indução Eletromagnética.

Ainda segundo os PCNs, não podemos ignorar que o aluno, apesar de todas as dificuldades que ele possa apresentar para compreender a Física, ele ainda é portador de conhecimentos prévios, entretanto possui dificuldades para correlacioná-los com conceitos. E a incompreensão do professor quanto a isso, se deve ao fato dele não conhecer os modelos mentais e conceituais construídos intuitivamente pelo aluno, para responder os questionamentos realizados, pode ser um obstáculo para a construção do seu conhecimento. É preciso reconhecer que a forma com que o aluno constrói suas articulações deve ser respeitada, pois é através dela que ele vai construir um conhecimento mais amplo e científico (BRASIL, 2007). Partindo deste ponto observamos que as práticas experimentais associadas a metodologias durante o processo de ensino-aprendizagem, podem proporcionar aos alunos uma oportunidade de desenvolver suas habilidades, tornando-os sujeitos mais ativos no processo.

Logo, as atividades experimentais possibilitam o diálogo entre o aluno e o professor, e até entre os próprios alunos, o que pode acabar contribuindo para o processo de ensino-aprendizagem desenvolvida na disciplina, e em sua interação com o meio que vive.

No tópico a seguir iremos discutir sobre o uso de simulações em ambiente virtuais e a possibilidade de seu uso como uma proposta de atividade experimental.

2.3 O uso de simulações como proposta de Atividades Experimentais num ambiente virtual

Anteriormente discutimos sobre as atividades experimentais, sua importância no processo de ensino-aprendizagem e as dificuldades encontradas na sua utilização e elaboração em sala, ao longo dos anos.

As mídias digitais e os *softwares* têm se desenvolvido muito nos últimos anos e hoje podemos encontrar muitos recursos na rede de Internet, os quais podemos utilizar em nossas aulas. A elaboração de *slides* como ferramenta auxiliar na apresentação das aulas ficou mais fácil, permitindo uma maior riqueza de conteúdo, como por exemplo, imagens e gifs animados, que possibilitam mostrar um fenômeno ou aplicação teórica de forma clara e rápida. O uso de simulações virtuais como suporte didático no ensino da Física tem contribuído de forma significativa para compressão de conteúdos da Física e como objeto facilitador no ensino.

As simulações apresentam grandes recursos no ensino da Física, podendo simular um experimento que não é possível realizar de forma prática ou complementar a explicação de uma atividade experimental realizada em laboratório. A simulação pode substituir um experimento desde que a impossibilidade de realização prática seja devido a fatores como a falta de recursos materiais, custo elevado, estrutura física ou falta de tempo, entre outras. Coelho (2002) destaca outras vantagens em relação ao uso das simulações virtuais no ensino:

... os simuladores virtuais são os recursos tecnológicos mais utilizados no Ensino de Física, pela óbvia vantagem que tem como ponte entre o estudo do fenômeno da maneira tradicional (quadro-e-giz) e os experimentos de laboratório, pois permitem que os resultados sejam vistos com clareza, repetidas vezes, com um grande número de variáveis envolvidas (COELHO, 2002, p.39).

A possibilidade de realizar várias repetições quando se utiliza simulações permite de forma mais rápida a compreensão do fenômeno estudado e possibilita que o aluno interaja mais vezes com a situação problema.

No que se diz respeito à interação do aluno com as simulações virtuais, podemos dividir as simulações em dois grupos: as simulações estáticas e as dinâmicas. Nas simulações estáticas os alunos não podem alterar os valores das grandezas envolvidas, podendo assim apenas repetir/reiniciar várias vezes a simulação. Já as simulações dinâmicas apresentam um grau de interação maior com o aluno, onde as grandezas físicas envolvidas podem ser alteradas de valor, obtendo assim diferentes resultados, obtendo assim diferente compreensão dos fenômenos simulados. As simulações dinâmicas possibilitam uma maior interação com o aluno do

fenômeno estudado, possibilitando a obtenção de dados, elaboração de testes, elaboração e avaliação de hipóteses e principalmente em estabelecer uma relação entre a teoria e a prática.

Uma das plataformas virtuais que permite a interatividade entre as simulações e o aluno é a PhET¹ (Physics Education Technology). Um projeto destinado a simulações que auxilia na compreensão dos conceitos de Ciências e da Matemática. O programa foi fundado em 2002, pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder funciona como uma plataforma *online*, permitindo ao aluno simular os fenômenos estudados, associando conceitos num ambiente virtual de uma forma dinâmica e atrativa.

No tópico a seguir iremos falar sobre os três momentos pedagógicos de Delizoicov e a abordagem problematizadora no uso de atividades experimentais no ensino da Indução Eletromagnética.

2.4 Os três momentos pedagógicos e a abordagem problematizadora

Pelo exposto nas seções anteriores sobre a importância da utilização de atividades experimentais como auxiliar no processo ensino/aprendizagem, faremos agora uma exposição sobre a utilização de uma atividade experimental estruturada segundo os três momentos pedagógicos.

Segundo os pressupostos de um ensino dialógico-problematizador e com uma organização baseada nos três momentos pedagógicos (3MP), o modelo proposto por Delizoicov e Angotti (1990) e estruturada segundo Giordan *et al.* (2011) é: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento. Essa organização se difere da prática tradicional de ensino de memorizar uma situação problema, responder de forma mecânica e transcrever o que foi lido em um livro didático. Para Muenchen *et al* (2014), essa dinâmica, abordada, inicialmente, por Delizoicov (1982, 1983), promove a transposição da concepção de educação de Paulo Freire para o espaço da educação formal.

Buscando descrever essa organização, podemos assim caracterizar:

Primeiro Momento Pedagógico (Problematização Inicial): apresentam-se questões ou situações reais, que fazem parte do cotidiano ou conhecimento prévio dos alunos. Nesse momento pedagógico, os alunos são estimulados a observar e descrever a concepção deles sobre o tópico abordado. O objetivo desse momento é proporcionar aos alunos uma fase de construção

¹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/

e discussão das interpretações, das situações propostas e buscar outros conhecimentos que ajudem na elaboração de uma hipótese.

Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 29).

Podemos observar que neste primeiro momento o aluno vai se identificar com o tema abordado, procurando então se inserir nesse universo temático à procura de situações que envolvem o mesmo problema e assim poder fazer novas observações e diferentes abordagens.

Segundo Momento Pedagógico (Organização do Conhecimento): é o momento em que os alunos passam a organizar o seu conhecimento, de forma a explicar e compreender a situação ou problematização inicial. Nesta fase o professor é aconselhado a desenvolver atividades, que visam ajudar o aluno no processo de organização do conhecimento, como destacam Muenchem e Delizoicov (2014, p.624): “[...] para o desenvolvimento desse momento o professor é aconselhado a utilizar as mais diversas atividades, como: exposição, formulação de questões, texto para discussões, trabalho extraclasse, revisão e destaque dos aspectos fundamentais, experiências”.

Terceiro Momento Pedagógico (Aplicação do Conhecimento): é o momento em que o aluno, após a organização do conhecimento, consegue intervir no momento inicial (Problematização Inicial) e aplicar o conhecimento adquirido em outras situações relacionadas ao tema. Como afirmam os autores:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p.31).

Neste momento final passamos a perceber toda a aplicação de conhecimento que foi feita pelos alunos, onde os alunos fazem menção aos experimentos e observações que antecedem a aplicação do conhecimento. Nesta fase o aluno interage por completo com o problema.

Segundo Delizoicov & Angotti (1991):

Significa dizer que, a todo e qualquer momento do diálogo didático da sala de aula, a atividade experimental poderá ser solicitada para configurar os conhecimentos prévios dos estudantes, para gerar conflitos de interpretação acerca de uma dada situação ou ainda como decorrência de uma problematização inicial (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991, p.13).

Os 3MP proporcionam uma oportunidade para trabalho coletivo, um ambiente de contribuição mútua, que promova o surgimento de soluções e conflitos, bem como um local de construção de saberes e conhecimento.

No capítulo a seguir apresentamos algumas considerações teóricas sobre o desenvolvimento da Indução Eletromagnética e suas aplicações.

3. INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Nesta seção encontraremos as definições, bases experimentais e teóricas que levaram ao desenvolvimento do conceito sobre Indução Eletromagnética. O desenvolvimento desse campo de conhecimento da Física proporcionou a criação de várias ferramentas tecnológicas como os motores elétricos, geradores de eletricidade, dínamos, transformadores entre outros.

3.1 O eletromagnetismo

Os fenômenos ligados à eletricidade e magnetismo já são conhecidos a um bom tempo e desde então estudos envolvendo as suas aplicações se destacaram na sociedade. Praticamente, toda a população está diariamente envolvida com a chamada tecnologia e com aparelhos eletroeletrônicos, que utilizam em alguma proporção os princípios da eletricidade e do magnetismo. É importante observar que estes conhecimentos aplicados aos dispositivos e aparelhos, não surgiram de um dia para o outro, mas foram uma construção social e gradual da necessidade humana em entender e utilizar os fenômenos naturais em seu cotidiano.

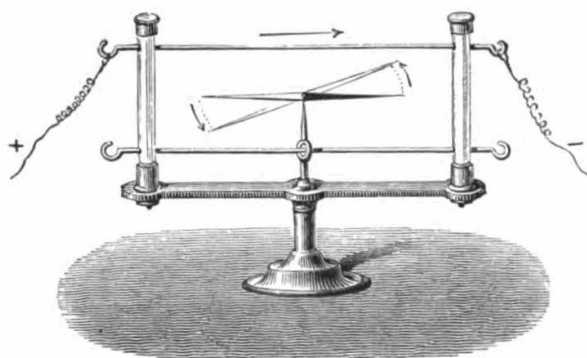
A primeira observação da eletrificação de objetos por atrito perdeu-se na antiguidade. Os filósofos gregos, como por exemplo, Thales, de Mileto, no ano 600 a.C., já sabia que ao esfregar uma peça de âmbar com um pedaço de lã ou pele, eram capazes de conferir ao âmbar a propriedade de atrair pequenos pedaços de palha. A palavra elétron, aliás, deriva da palavra âmbar (elektron), em grego. Esta constatação originou a ciência da eletricidade (OKA, 2000).

Não diferente das observações sobre fenômenos da eletricidade, o magnetismo também possui descobertas há séculos. Os gregos sabiam também que algumas "pedras", as magnetitas (lodestones) que eram encontradas em Magnésia, uma localidade da Ásia Menor, podiam atrair o ferro, e isto mesmo sem serem esfregados. O estudo desta propriedade origina a ciência do magnetismo. No século XI, árabes e chineses usavam a magnetita flutuando sobre a água para se orientarem ao navegar pelos mares. Eram as primeiras versões de um instrumento utilizado até hoje, as bússolas. O primeiro estudo sistemático dos ímãs foi feito em 1269 por Pierre de Maricourt. Ele usou uma agulha magnetizada para traçar o que chamava de "linhas de força" ao redor de uma esfera de magnetita e descobriu que estas linhas convergem em duas regiões, em lados opostos da esfera, como as linhas longitudinais da Terra (OKA, 2000).

Podemos observar que os estudos sobre a eletricidade e o magnetismo ocorriam de forma separada, só então em meados do século XIX, Oersted conseguiu observar a relação entre estes fenômenos. Em 1820, a partir dos estudos de um professor, físico e químico, dinamarquês Hans Christian Oersted (1777 – 1851) foi possível observar que os fenômenos da eletricidade e do magnetismo estavam relacionados. Oersted observou que uma corrente elétrica, ao passar por um fio condutor próximo a uma bússola, causava deflexão em sua agulha. Em suas

pesquisas Oersted observou que um campo magnético podia ser gerado pela passagem de uma corrente elétrica através de um circuito condutor de eletricidade. Um esquema do experimento utilizado por ele é apresentado na figura 1. Mais tarde Oersted descobriu também que um ímã é capaz de gerar uma força sobre um fio conduzindo corrente.

Figura 1- Ilustração da experiência de Oersted



Fonte: Disponível em: < https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Oersted_experiment.png >.

Acesso em: 30 set. 2019

Após as descobertas de Oersted, a simetria das relações entre o magnetismo e a eletricidade levou Michael Faraday (1791 – 1867) a acreditar na proposição inversa: se existe uma corrente elétrica induzida na bobina, há também uma força eletromotriz induzida, pois sem energia os portadores de carga não se movimentariam dentro da bobina.

A partir destes estudos foi possível então correlacionar o campo magnético ao movimento de cargas elétricas, isto é, a uma corrente elétrica. Mas como um pedaço de ímã possui campo magnético se não existe nenhuma pilha ligada ao mesmo para gerar uma corrente elétrica? Então quais são as fontes do campo magnético? Na próxima seção iremos explicar sucintamente tal fenômeno.

3.2 Os ímãs - natureza e propriedades

Se perguntarmos a uma pessoa se ela possui algum ímã em casa, ela vai responder que sim. Isso ocorre devido à grande utilização desse objeto em nosso cotidiano. O magnetismo está vinculado ao movimento de cargas num fio ou cargas em movimento dentro de um átomo e assim podemos encontrar corpos que exercem interações de atração com metais em nosso cotidiano, esses corpos são chamados de ímãs.

Mas o que são os ímãs? É uma pergunta interessante, e é isso que vamos responder a seguir.

Em princípio, pode-se pensar que os ímãs e as cargas elétricas são propriedades semelhantes, pois tanto estas como aqueles podem atrair e repelir uns aos outros. Entretanto, os portadores de carga elétrica são encontrados na natureza na forma de monopolos, isto é, apresenta dois tipos, denominadas de cargas positiva e carga negativa, enquanto os polos de um ímã, que são denominados polo norte e sul, nunca podem ser separados. Não existe na natureza, não foi observado até os dias atuais, monopolos magnéticos. Podemos representar um ímã como na figura 2, onde o polo Norte é a região indicada pela cor vermelha e polo sul região azul.

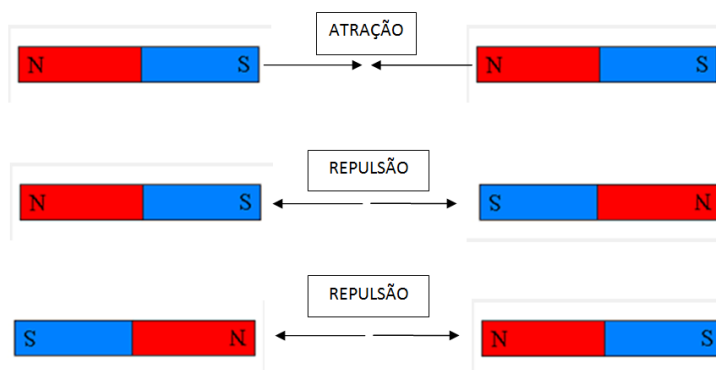
Figura 2– Os polos de um ímã



Fonte: Disponível em: < <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/imas.html> >. Acesso em: 30 set. 2019

Pode-se também representar esquematicamente as interações de repulsão e atração entre ímãs como na figura 3. Os polos magnéticos iguais de dois ímãs se repelem, enquanto os polos diferentes apresentam entre si uma força de atração.

Figura 3 – Interação entre os polos magnéticos de um ímã



Fonte: Disponível em: < <https://aprendafisica.files.wordpress.com/2016/05/mag4.png?w=700> > Acesso em: 30 set. 2019

Os ímãs podem ser classificados em naturais, compostos por magnetita ou óxido de ferro – Fe_3O_4 , ou artificiais, que adquirem a propriedade magnética devido ao processo de imantação, que é um processo pelo qual o material ferromagnético, pode adquirir propriedades magnéticas mais intensas. Os ímãs podem ser construídos em vários formatos de acordo com a figura 4 abaixo, dependendo de sua necessidade e aplicação.

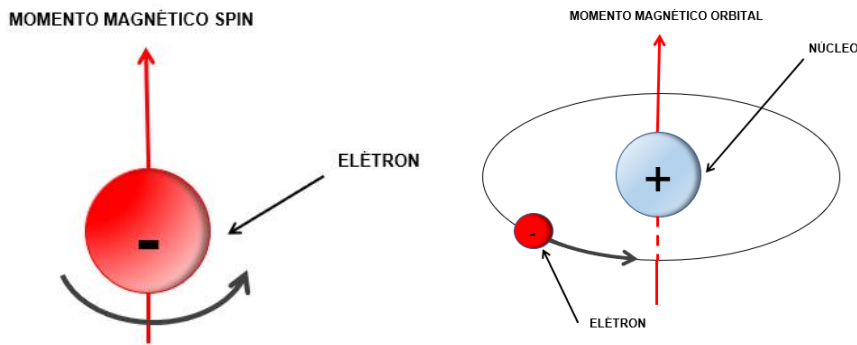
Figura 4 - Formatos dos ímãs

Fonte: Disponível em: < <https://www.oximag.com/imas-oximag.html> > Acesso em: 30 set. 2019

Podemos entender a propriedade magnética da matéria através de uma visão microscópica. Os materiais que possuem campo magnético, como os ímãs, são constituídos de átomos. Em um modelo simplificado, pode-se considerar que os átomos que constituem a matéria são formados por um núcleo com carga elétrica positiva fixo no centro, enquanto ao seu redor, em órbitas, estão os elétrons com cargas elétricas negativas. Tanto os prótons, no núcleo, como os elétrons, possuem um momento de dipolo magnético devido aos seus movimentos. Mais adiante veremos que este movimento das cargas pode explicar de forma clássica a origem do campo magnético da matéria. Entretanto, para um completo entendimento deste fenômeno, torna-se necessário conhecimentos de mecânica quântica que não serão abordados, pois foge ao escopo deste trabalho.

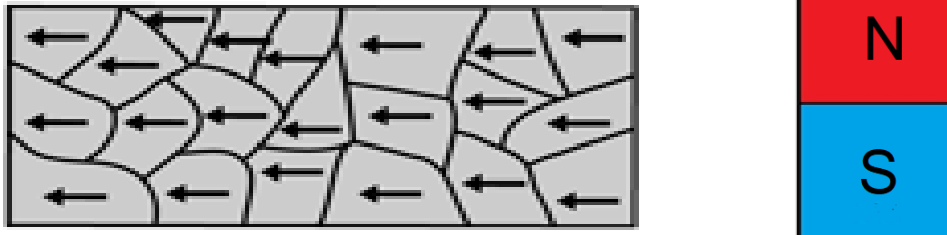
Pode-se dizer, então que todos os fenômenos magnéticos ocorrem devido a cargas elétricas em movimento. Se fosse possível analisar atômica e molecularmente um pedaço de um ímã, iríamos observar elétrons em movimento girando em torno de seu próprio eixo, e também girando em torno do núcleo do átomo (Figura 5). Pode-se tratar essas cargas em movimento como se fossem pequenas espiras de corrente, que acabam gerando um dipolo magnético.

Figura 5 – Elétron girando em torno do seu próprio eixo, e em torno do núcleo do átomo. Eles funcionam como se fosse um ímã com dois polos magnéticos



Assim, considerando que em um pedaço de matéria todos os dipolos atômicos estejam orientados aproximadamente na mesma direção, pode-se observar o surgimento de propriedades magnéticas mais intensas. Observamos que as propriedades magnéticas vinculadas ao movimento de cargas, se organizam de forma, com que o corpo passa a apresentar uma região de domínio magnético, fazendo com que a propriedade magnética seja mais intensa. Podemos representar essa região de domínios de acordo com a figura 6 abaixo.

Figura 6 - Orientação dos domínios magnéticos no ímã



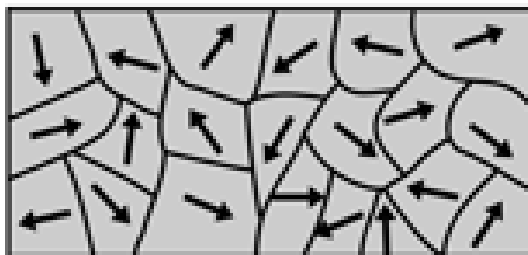
Fonte: Disponível em: < <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbases/Solids/ferro.html> > Imagem editada.

Acesso em: 30 set. 2019

Ao observarmos a figura 6 acima, não podemos afirmar que os sentidos dos dipolos magnéticos já são pré-definidos. Essa orientação não acontece em larga escala no material. Além disso, os próprios cristais do material possuem uma orientação disposta de forma aleatória em qualquer região do metal.

Quando o movimento das cargas possui sentidos diversos, implica em que os dipolos magnéticos também possam diferentes direções e sentidos, portanto, o domínio magnético da matéria é desordenado causando uma fraca magnetização, um esquema explicando este fenômeno pode ser visto na figura 7.

Figura 7 – Orientação dos domínios magnéticos de um corpo com magnetização fraca ou desmagnetizado

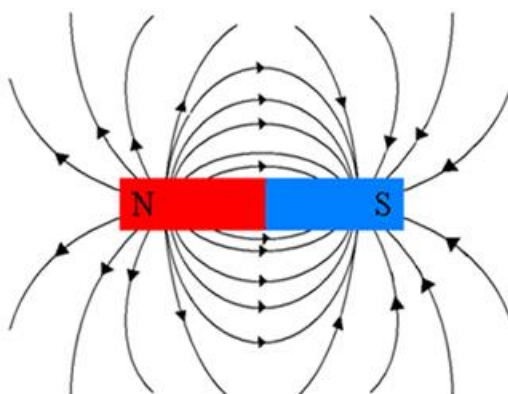


Fonte: Disponível em: < <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Solids/ferro.html> > Imagem editada.

Acesso em: 30 set. 2019

Os movimentos dos elétrons destacados na figura 5 e os domínios magnéticos resultam num efeito magnético. Esse efeito causa na região externa ao corpo um **Campo Magnético** permanente como descrito anteriormente e sua representação é feita pelas chamadas linhas de indução de campo magnético (Figura 8).

Figura 8 – Representação das linhas de indução de Campo Magnético de um ímã



Fonte: Disponível em: < <http://pratico-e-basico.blogspot.com/2017/12/eletromagnetismo-ii-campo-magnetico.html> > Imagem editada. Acesso em: 30 set. 2019

No estudo sobre magnetismo devemos definir como linhas de indução como uma representação gráfica do comportamento do vetor campo. É esta linha de indução que descreve o comportamento do campo magnético exterior ao ímã ou a um corpo magnetizado. O campo magnético é definido como a região do espaço que envolve a carga elétrica em movimento, seja ao longo de um condutor ou no átomo. Este por sua vez trata-se de uma grandeza vetorial e possui orientação (direção e sentido) e intensidade. O vetor campo magnético (\vec{B}) é representado por uma seta, que tangencia as linhas de indução (representada por linhas fechadas) (Figura 9).

Figura 9 – Representação do vetor campo magnético \mathbf{B} e de uma linha de indução



Fonte: Disponível em: < <https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/eletromagnetismo/campo-magnetico/conceitos-basicos> > Imagem editada. Acesso em: 30 set. 2019

Assim, podemos entender o comportamento do campo magnético a partir da representação geométrica das linhas de indução. Sua representação nos ajudará a entender como ocorre às interações magnéticas entre os corpos e como podemos visualizar essas propriedades magnéticas na matéria. A seguir iremos apresentar as teorias desenvolvidas pela Física para explicar os fenômenos relacionados ao magnetismo e indução magnética.

3.3 Introdução a Lei de Ampère

Nesta parte do capítulo iremos descrever como se comportam as interações magnéticas em situações que existam cargas em movimento (corrente elétrica). Para isso, discorrendo sobre a corrente elétrica, depois o comportamento do campo magnético analisando a Lei de Biot-Savart e assim introduziremos a Lei de Ampère.

3.3.1 A corrente elétrica (I)

A corrente elétrica I é definida como a carga que atravessa a área de uma secção plana de um fio por unidade de tempo. Podemos melhorar este conceito e definir também como uma densidade superficial de corrente, \mathbf{K} , da seguinte maneira: um material condutor do formato de uma fita de largura dl_{\perp} , sendo a fita paralela ao fluxo de cargas, de acordo com a figura 10. Sendo dI a corrente que passa pela fita, podemos definir a densidade superficial da seguinte forma:

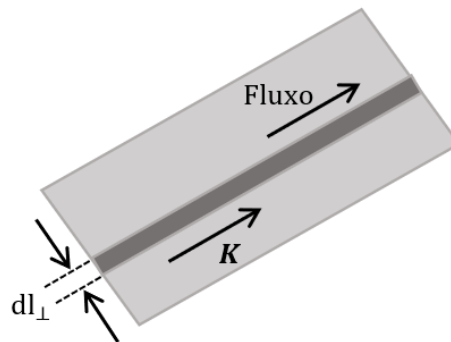
$$\mathbf{K} \equiv \frac{dI}{dl_{\perp}} \quad (01)$$

A corrente I é um vetor que pode ser entendido como um fluxo de cargas que passam por um fio com uma velocidade v . Já o K é a corrente por unidade de largura, sendo paralelo ao fluxo, podemos então descrever este comportamento por:

$$K = \sigma v \quad (02)$$

Onde σ é a densidade de cargas que se movimenta a uma velocidade v .

Figura 10 – Cargas em movimento gerando uma corrente no fio condutor



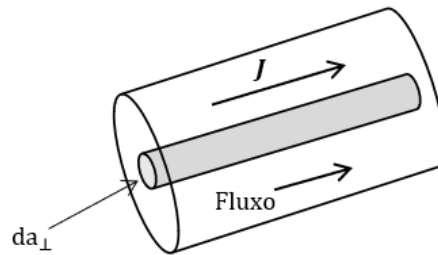
Fonte: Autor

Analisando o fluxo de corrente ao longo de um volume, ou uma região tridimensional, podemos descrever a corrente utilizando uma densidade volumétrica de corrente J . É difícil imaginar o movimento de elétrons apenas em uma ou duas dimensões, os objetos no geral possuem três dimensões, logo fica mais elegante descrever a corrente partindo do conceito da distribuição volumétrica de corrente. Vejamos a figura 11 a seguir e partindo dela podemos descrever:

$$J \equiv \frac{dI}{da_{\perp}} \quad (03)$$

O J é a corrente por unidade de área-perpendicular-ao-fluxo. Considerando ρ a densidade volumétrica de cargas móveis e a sua velocidade, temos:

$$J = \rho v \quad (04)$$

Figura 11– Representação do vetor densidade de corrente **J**

Fonte: Autor

A unidade de medida de corrente elétrica no SI é o ampère (A), onde $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (coulomb/segundo).

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Encontre a densidade de corrente volumétrica J , de uma corrente I distribuída uniformemente em um fio de corte transversal com raio a .

Aplicando a equação (03) a simetria de um fio, temos que a área-perpendicular-ao-fluxo é a área da base de um cilindro, então:

$$J = \frac{I}{\pi a^2} \quad (05)$$

A discussão foi de certa forma fácil devido à distribuição de corrente ser uniforme.

Diante do que foi exposto, podemos entender a corrente elétrica ao longo de um fio condutor. Na seção a seguir iremos analisar as interações magnéticas originadas em torno do fio devido ao movimento dos elétrons e assim quantificar essas interações.

3.3.2 A Lei de Biot-Savart e a Regra da Mão Direita

Antes de iniciarmos o estudo sobre a Lei de Ampère, temos que entender a Lei de Biot-Savart, e como se deu a determinação da intensidade do campo magnético (\vec{B}) a uma distância r de um fio. Jean-Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841) fizeram uma análise do experimento de Oersted e puderam observar como se dá essas interações magnéticas. Vejamos como se deu essas análises do experimento de Oersted.

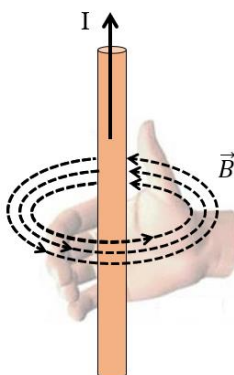
Os Srs. Biot e Savart leram uma memória na seção de 30 de outubro de 1820 da Academia de Ciências cujo tema é a determinação, por medidas precisas,

das leis físicas segundo as quais os fios metálicos colocados em contato com dois polos do aparelho voltaico agem sobre os corpos imantados. As experiências foram feitas suspendendo por fios de seda lâminas retangulares ou fios cilíndricos de aço temperado, imantadas pelo método de duplo contato [...].

Com o auxílio destes procedimentos os Srs. Biot e Savart foram conduzidos ao resultado seguinte que exprime rigorosamente a ação experimentada por uma molécula de magnetismo austral ou boreal colocada a uma distância qualquer de um fio cilíndrico muito fino e indefinido, tornado magnético, pela corrente voltaica. A força que atua sobre a molécula é perpendicular a esta linha e ao eixo do fio. Sua intensidade é inversamente proporcional a esta distância. A natureza de sua ação é a mesma que a ação de uma agulha imantada que fosse colocada sobre o contorno do fio em um sentido determinado e sempre constante em relação à direção da corrente voltaica; de tal maneira que uma molécula de magnetismo boreal e uma molécula de magnetismo austral seriam assim solicitadas em sentidos contrários, embora sempre seguindo a mesma [linha] reta determinada pela construção precedente. (ASSIS; CHAIB, 2006, p. 307-308).

Como foi dito no início da discussão, Oersted percebeu que a agulha da bússola sofria uma deflexão devido à ação magnética do campo gerado pelo fio, quando este é percorrido por uma corrente elétrica. Ele observou que esse campo é circular em torno de um fio. O campo magnético é dependente do sentido que a corrente elétrica circula pelo fio. Podemos determinar a orientação do campo magnético através de um procedimento muito simples: colocarmos o polegar direito no sentido da corrente, a orientação do campo é a mesma dos outros dedos da mão que envolve o fio – Essa regra é chamada de *Regra da Mão Direita* (Figura 12).

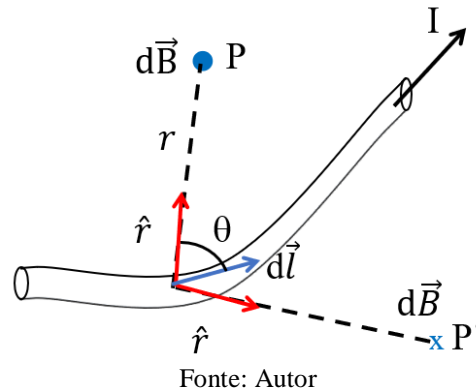
Figura 12 – Regra da Mão Direita



Fonte: Autor

Para compreender como surge o campo magnético ao redor do fio por onde circula uma corrente elétrica podemos partir de um modelo simples e descrever a Lei de Biot-Savart. Consideremos um fio por onde circula uma corrente elétrica I , como representado na figura 13, neste caso é induzido um campo magnético.

Figura 13 – Lei de Biot-Savart para o campo magnético



Baseado na figura, a intensidade do campo \vec{B} , num ponto P situado a uma distância r de um elemento $d\vec{l}$ que é percorrido uma corrente I , pode ser determinada pela expressão:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (06)$$

Na equação acima podemos observar que $d\vec{B}$ é proporcional a I (corrente elétrica) e inversamente proporcional ao quadrado da distância ($\frac{1}{r^2}$). Essa relação, de inverso quadrado da distância, ocorre devido a consideramos um elemento $d\vec{l}$ do fio semelhante a uma carga elétrica pontual Q , que gera um campo proporcional a r^{-2} , de modo que $\vec{B} \propto \frac{1}{r^2}$.

Aqui $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ representa a permeabilidade magnética no vácuo e \hat{r} é o vetor unitário na direção de \vec{r} .

A unidade de medida de Campo magnético ($d\vec{B}$) é o Tesla (T), em homenagem a Nicolas Tesla.

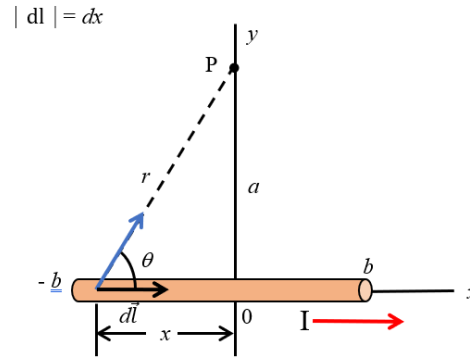
Note que, 1 Testa = 1 T = 1 N/A.m.

A lei de Biot-Savart pode ser aplicada a diferentes situações de formatos de fios, pode ser aplicada a um fio reto, uma espira (fio circular), uma bobina (formada por n espiras), solenoide, toróide, entre outros. Vamos então observar como se dá a aplicação de Lei de Biot-Savart para um fio reto.

APLICANDO A LEI DE BIOT-SAVART PARA UM FIO RETO

Considere um fio reto percorrido por uma corrente (I) (Figura 14), vemos na figura o elemento $d\vec{l}$ e os elemento de $d\vec{B}$ apontam para fora da página. Calculando a magnitude de $d\vec{B}$, temos:

Figura 14 – Campo devido a um fio condutor reto



Fonte: Autor

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dx \cdot \sin \theta}{r^2} \quad (07)$$

Observando a geometria da figura acima, temos: $r^2 = x^2 + a^2$ e $\sin \theta = \frac{a}{\sqrt{x^2 + a^2}}$, substituindo em (07),

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{a dx}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (08)$$

Calculando

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \int_{-b}^b \frac{dx}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[\frac{x}{a^2 \sqrt{x^2 + a^2}} \right]_{-b}^b$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \left[\frac{2b}{\sqrt{b^2 + a^2}} \right] \quad (09)$$

Para um fio reto infinito onde $b \rightarrow \infty$, temos:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \quad (10)$$

A expressão acima determina a intensidade do campo magnético numa região que dista a do fio reto, podemos observar que a intensidade de B é diretamente proporcional a corrente elétrica I . Essa observação de proporcionalidade foi discutida no início dessa seção, e a expressão comprova o que discutido por Biot-Savart.

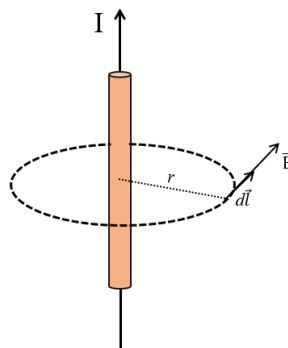
Na seção a seguir iremos realizar uma discussão sobre a Lei de Ampère, as bases de sua fundamentação teórica e matemática.

3.3.3 A Lei de Ampère

Depois de 1820, o físico e matemático francês André-Marie Ampère ao tomar conhecimento dos estudos, experimentos e dos resultados obtidos por Oersted, ele pôde concluir que as linhas de campo magnético induzidas deveriam ser fechadas e proporcionais a corrente elétrica que percorre o fio.

Vejamos a partir de agora como se deu essas conclusões de Ampère. Seja um fio que é percorrido por uma corrente elétrica (I) que cria um campo magnético (\vec{B}) circular (ver figura 15).

Figura 15 – Fio condutor percorrido por uma corrente I e campo magnético \vec{B} circulando o fio



Fonte: Autor

Considerando o caminho circuitual C (contorno) em volta do fio a uma distância r , e neste contorno iremos pegar um elemento de comprimento $d\vec{l}$ paralelo a \vec{B} . Por simetria o valor de \vec{B} é constante em torno do circuito de raio r centrado no fio, assim podemos expressar a seguinte relação:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I \quad (\text{Lei de Ampère}) \quad (11)$$

Combinando a equação (10) e a (11), temos:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \oint dl = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} (2\pi r) = \mu_0 I \quad (12)$$

Como os vetores \vec{B} , $d\vec{l}$ são paralelos (ou estão na mesma direção), o produto interno fica $B dl$.

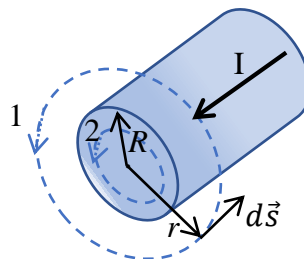
A Lei de Ampère só é válida para correntes estacionárias. Além disso, embora a Lei de Ampère seja *verdadeira* para todas as configurações, só é *útil* para cálculo de campos magnéticos de configurações com altos graus de simetria (SERWAY, 2014).

Podemos observar que a expressão (12) apresenta uma forma mais elegante de expressar B , fazendo com que os cálculos para a sua determinação sejam reduzidos. Na seção a seguir vamos aplicar a Lei de Ampère para um fio longo de corrente, observar o resultado encontrado e realizar um comparativo do resultado obtido por Biot-Savart.

APLICANDO A LEI DE AMPÈRE PARA UM LONGO FIO DE CORRENTE

Aplicando a Lei de Ampère a um fio de corrente longo, considerando uma simetria circular (caminho circuital 1 e 2), e observando a figura 16, temos:

Figura 16 – Corte transversal de um fio longo reto



Fonte: Autor

No caminho circuital 1 (exterior ao fio):

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B ds = B \oint ds = B(2\pi r) = \mu_0 I \rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \text{ para } r \geq R. \quad (13)$$

O resultado encontrado nessa expressão (13) utilizando a Lei de Ampère é o mesmo resultado encontrado na equação (10) onde utilizamos a Lei de Biot-Savart, no entanto tivemos menos esforço matemático para obtê-lo.

Agora vamos aplicar a Lei de Ampère no caminho circuital 2 (interior ao fio):

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B ds = B \oint ds = B(2\pi r) = \mu_0 I' = \mu_0 I \frac{r^2}{R^2} \rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r, \text{ para } r < R. \quad (14)$$

Como o caminho circuital 2 é no interior do fio, o valor da corrente que passa pela superfície I' é inferior a I , logo fazendo uma proporção entre as correntes e as áreas, obtemos a seguinte relação:

$$\frac{I'}{I} = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \rightarrow I' = \frac{r^2}{R^2} I \quad (15)$$

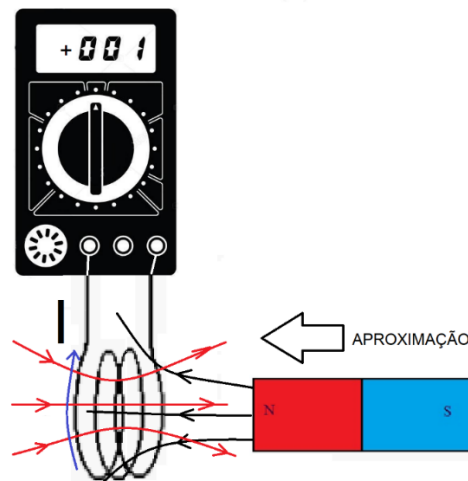
A relação (15) foi substituída em (14) para descrever o campo magnético em função de I , para $r < R$. Ao analisarmos a equação (14) podemos observar que B é proporcional a r , isso significa que quando $r \rightarrow 0$, $B \rightarrow 0$.

Podemos estender nessa seção como se deu o desenvolvimento teórico e matemática para entendermos o campo magnético e quantificá-lo. Iremos a partir da próxima seção analisar como se dá o fenômeno da indução eletromagnética.

3.4 Indução Eletromagnética – Lei de Faraday

Para iniciar o estudo da indução eletromagnética, vamos considerar um simples experimento. Vamos utilizar um amperímetro, uma bobina circular (com n espiras) e um ímã. De acordo com a figura 17, vamos aproximar e afasta o ímã da bobina e observar o que o amperímetro registra:

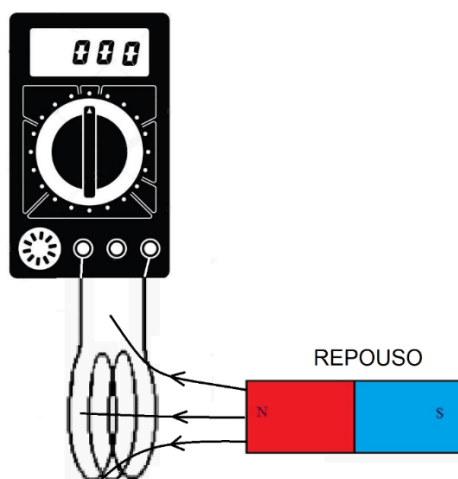
Figura 17 – Quando o ímã se aproxima na direção de uma bobina metálica conectada a um amperímetro sensível, o equipamento registra uma corrente induzida na bobina



Fonte: Autor

Para afastar o ímã, iremos parar e mudar de sentido, mas antes disso observamos que o amperímetro não registra nenhuma corrente elétrica (Figura 18).

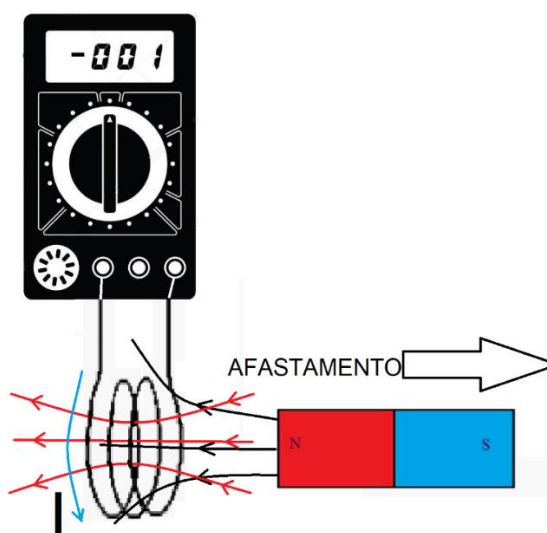
Figura 18 – Quando o ímã fica em repouso não há corrente induzida, mesmo o ímã ficando dentro da bobina



Fonte: Autor

Afastado o ímã da bobina, é possível perceber uma interação de atração, isso ocorre devido à oposição ao afastamento do ímã, e ao observarmos o amperímetro observamos que o display do instrumento indica um sinal negativo, afirmando que a corrente mudou de sentido (Figura 19).

Figura 19 – Quando o ímã se afasta da bobina metálica conectada a um amperímetro sensível, o equipamento registra uma corrente induzida na bobina, só que no sentido contrário ao anterior



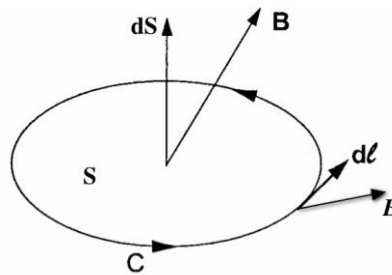
Fonte: Autor

A existência (aparecimento) de corrente elétrica detectada pelo amperímetro sensível na bobina leva-nos a concluir que existe uma força responsável pelo movimento dos elétrons dentro do condutor, essa força é chamada de força eletromotriz (FEM). A força eletromotriz não se trata de uma força cuja unidade de medida é o newton (N). “É a integral de uma força por unidade de carga. Algumas pessoas preferem a palavra eletromoção, mas fem já está de tal forma arraigada que acho melhor ficar com ela” (GRIFFITHS, 2011, p.203).

Os resultados são bastante notáveis quando consideramos que existe corrente na espira mesmo que não existam baterias conectadas ao fio. Chamamos tal corrente de corrente induzida e ela é produzida por uma FEM induzida (SERWAY, 2014).

Vamos então assim representar um modelo deste experimento e descrever matematicamente a Lei da Indução de Faraday. Considerando um caminho circuital C e uma superfície aberta S que se apoia em C, como representado na Figura 20.

Figura 20 - Superfície S apoiada no circuito C. A Lei de Faraday relaciona a variação temporal do fluxo de B em S com a circulação de E em C



Fonte: Disponível em: < http://www.fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap8.pdf > . Acesso em: 15 jul. 2019

Considerando a superfície S em volta do contorno C, as linhas de campo atravessam a superfície, passando a considerar o número de linhas que atravessam a superfície pode variar de acordo com a posição do elemento dS em relação a B, podemos então descrever o fluxo magnético Φ_B como:

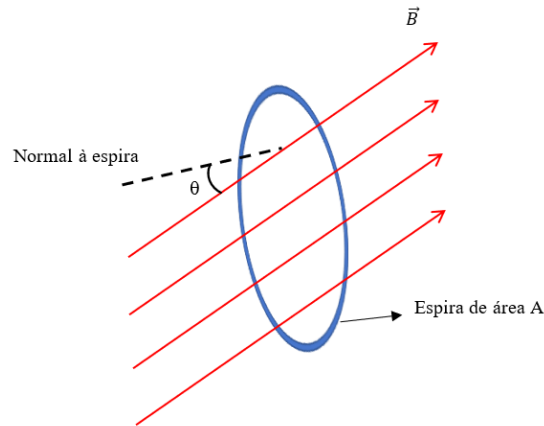
$$\Phi_B^S = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (15)$$

Observação: É importante notar que $\vec{B} \cdot d\vec{S} = B dS \cos \theta$

A unidade do SI para o fluxo magnético é o tesla · metro², chamada *weber* (Wb); 1 Wb = 1 T · m².

A variação temporal de Φ_B^S pode ocorrer devido a variação do campo B, ou por que a superfície S que é atravessada por \vec{B} muda, ou até mesmo pela mudança da posição (θ) entre B e o plano que se encontra S (Ver figura 21).

Figura 21 – Espira condutora que envolve uma área A, na presença de um campo magnético e a posição relativa entre o campo B e a Normal à espira



Fonte: Autor

Podemos observar que a análise da passagem do campo magnético numa superfície S nos fornece a ideia de um fluxo de campo. No entanto, essa variação temporal nos permite observar uma corrente elétrica na espira. Vamos então analisar os fatores que leva ao aparecimento dessa corrente elétrica.

A Lei de Faraday afirma que a variação do fluxo magnético em relação ao tempo induz em S o aparecimento de um campo elétrico circulante em L, assim podemos descrever esse fenômeno matematicamente de acordo com a expressão (16) abaixo:

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B^S}{dt} \quad (16)$$

Onde ε é a intensidade da força eletromotriz (FEM) induzida em S. Essa força é responsável pelo deslocamento dos elétrons em S, o que gera a corrente elétrica induzida. A unidade de medida de ε no SI é o volt (V).

A lei de Faraday passa assim, a possuir inúmeras aplicações, pois podemos observar que o campo elétrico \vec{E} que é induzido realiza um trabalho sobre as cargas elétricas. Essas cargas passam a transportar energia, que por sua vez pode ser utilizada e convertida em outras modalidades de energia. Um exemplo de larga aplicação se encontra nas Usinas Hidrelétricas, onde uma bobina realiza um movimento em relação a um conjunto de ímãs e uma FEM é induzida na bobina, obtendo assim uma corrente elétrica.

Podemos observar na equação (16) desta seção, a presença de um sinal negativo, este sinal não foi colocado de forma aleatória, ele possui uma explicação física e é isso que iremos discutir a seção seguinte.

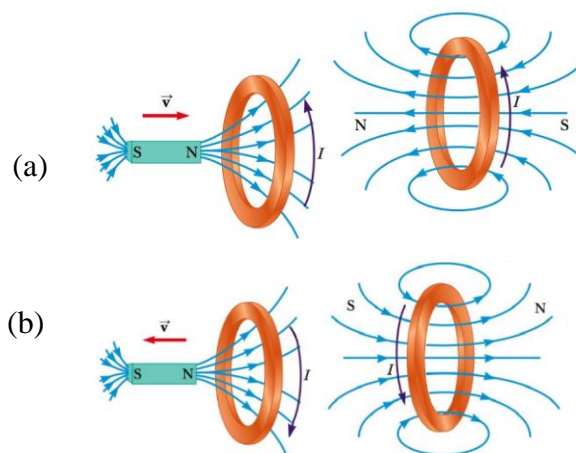
3.5 A Lei de Lenz

Nesta seção, analisaremos como se deu o aparecimento do sinal negativo da Lei de Faraday, e analisaremos esse efeito buscando explicações que justificam a sua presença tanto no contexto físico, como na interpretação matemática.

O sinal negativo que encontramos na lei de Faraday-Lenz foi inserido por Heinrich Frederich Lenz, que publicou em sua Lei da Indução em 1894, que diz: “a corrente induzida numa espira condutora terá o sentido que se opõe à variação que a criou” (GRAÇA, 2012).

Ao observar a figura 22 abaixo, percebe-se que o sentido da corrente difere na situação com aproximação e afastamento.

Figura 22 – (a) A aproximação de um ímã de uma espira, aumenta o fluxo magnético na espira. A corrente induzida na espira produz um campo contrário, que tenta anular o campo contrário, polarizando a espira com polo magnético igual ao do ímã e gerando uma força de oposição. (b) De modo análogo, se afastarmos o ímã, observaremos uma atração entre o ímã e a espira, isso é devido a indução de uma corrente com sentido contrário e que induz um campo de polo Sul



Fonte: Disponível em: < http://www.fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap8.pdf > . Acesso em: 15 jul. 2019

Segundo Griffiths (2011, p.210), define a Lei de Lenz como, a natureza abomina mudanças de fluxo.

Durante a indução eletromagnética realizamos um movimento de afastamento e aproximação entre a bobina e o ímã, observamos que o campo gerado pela corrente induzida é oposto ao campo do ímã que se aproxima, com isso conseguimos identificar o sentido da corrente que é induzida.

Com isso, podemos perceber que não se trata de apenas um sinal matemático, seu vínculo possui uma explicação natural e nos ajuda a compreender a indução eletromagnética.

Na seção a seguir, iremos analisar as contribuições de Maxwell para o eletromagnetismo, e passaremos a descrever as Leis que compõem o conjunto de equações que chamamos de equações de Maxwell. Escreveremos as equações na forma integral e diferencial.

3.6 As Equações de Maxwell

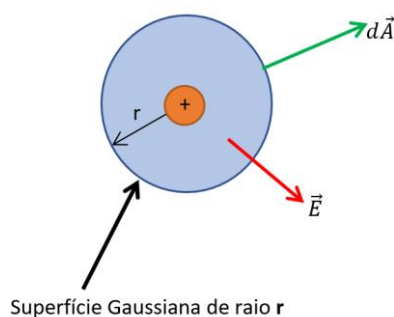
As equações de Maxwell do eletromagnetismo são compostas pela Lei de Gauss para o campo elétrico e magnético, a Lei de Ampère generalizada por Maxwell e a Lei de Faraday. O formalismo matemático utilizado para explicar as ideias propostas nessas leis, através de operadores diferenciais (gradiente, divergente e rotacional) é que possibilitou, a Maxwell, resumir uma teoria completa, muito clara, acerca do eletromagnetismo, facilitando o entendimento da geração das ondas eletromagnéticas.

Veremos a seguir um conjunto de demonstrações das equações de Maxwell.

3.6.1 A Lei de Gauss para o campo elétrico

A Lei de Gauss busca relacionar o fluxo do campo elétrico através de uma superfície fechada A , com a carga elétrica q_{int} localizada dentro da superfície. A figura 23 abaixo possibilita entender como a carga fica localizada:

Figura 23 – Carga localizada internamente a gaussiana



Fonte: Autor

Integrando ao longo de uma superfície fechada, obtemos a seguinte relação para o fluxo do campo elétrico através de uma superfície fechada:

$$\Phi_E \equiv \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{int}}{\epsilon_0} \quad (17)$$

Onde ϵ_0 é a constante de permissividade elétrica no vácuo.

A equação (17) acima é a forma integral da Lei de Gauss, a seguir iremos demonstrar a forma diferencial, para isso iremos considerar uma distribuição contínua da carga elétrica Q.

$$\rho = \frac{\partial Q}{\partial V} \Rightarrow Q = \int_V \rho dV \quad (18)$$

Onde Q é a quantidade total de carga.

Utilizando o Teorema da Divergência, temos:

$$\oint_S \vec{F} \cdot d\vec{A} = \int_V \nabla \cdot \vec{F} dV \quad (19)$$

$$\text{Onde } \nabla \cdot \vec{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z} \quad (20)$$

Relacionando as equações (19) e (20), obtemos:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_V (\nabla \cdot \vec{E}) dV = \int_V \frac{\rho}{\epsilon_0} dV \quad (21)$$

Juntando as identidades da equação (21), temos:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (22)$$

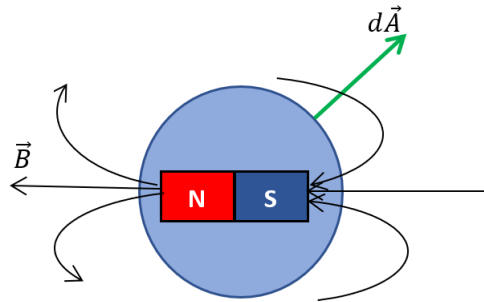
A equação (22) é a forma diferencial da Lei de Gauss para o campo elétrico. A seguir iremos de forma análoga definir a Lei de Gauss para o campo magnético.

3.6.2 A Lei de Gauss para o campo magnético

A Lei de Gauss para o campo magnético relaciona o fluxo do campo magnético numa superfície, considere um ímã localizado no interior de uma superfície gaussiana, temos a seguinte figura 24² abaixo:

² Fonte: Do autor

Figura 24 - Ímã localizado internamente a gaussiana



Na figura 24, podemos observar que o mesmo número de linhas de campo que entra na superfície gaussiana é o mesmo para o que sai, logo o fluxo do campo magnético na superfície é nulo, assim temos:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (23)$$

A equação (23) é a forma integral da Lei de Gauss para o magnetismo. De uma forma análoga, podemos escrever a equação (23) na forma diferencial, assim como fizemos com a equação (17):

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (24)$$

Ao analisarmos a equação (24), ela nos expressa a inexistência de cargas magnéticas, também chamadas de monopolos magnéticos.

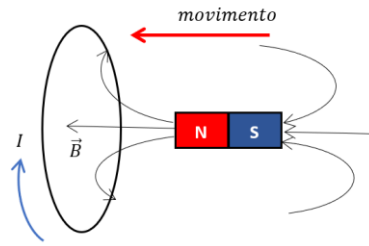
3.6.3 Lei da Indução de Faraday-Lenz

A Lei da Indução nos fala que a variação do fluxo magnético induz a formação de um campo elétrico circulante e, por consequente, uma f.e.m. (diferença de potencial) e uma corrente elétrica induzida. O sinal negativo da Lei de Faraday garante que a corrente induzida produz um campo magnético que se opõe à variação do campo magnético que o originou (Lei de Lenz).

Vamos considerar o seguinte esquema abaixo da figura 25³.

³ Fonte: Do autor

Figura 25 – Ímã se aproximando de um circuito fechado



Podemos escrever a Lei de Faraday da seguinte forma:

$$\oint_{\text{curva}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (25)$$

A equação (25) é a forma integral da Lei de Faraday-Lenz.

Lembrando que o fluxo do campo magnético pode ser descrito por:

$$\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (26)$$

Usando o Teorema de Stokes, temos:

$$\oint_C \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_S (\nabla \times \vec{F}) \cdot d\vec{A} \quad (27)$$

$$\text{Onde } \nabla \times \vec{E} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}, \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x}, \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) \quad (28)$$

Transformando a integral de curva em integral de superfície, temos:

$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (29)$$

Colocando a integral para fora e igualando obtemos:

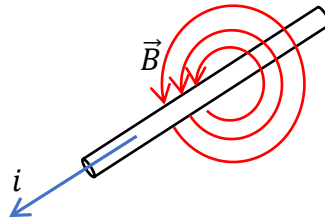
$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = \int_S -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A} \Rightarrow \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (30)$$

A equação (30) é a forma diferencial da equação de Faraday-Lenz. Na próxima seção iremos descrever a Lei de Ampère e analisar a contribuição de Maxwell para o eletromagnetismo.

3.6.4 Lei de Ampère-Maxwell

A lei de Ampère nos diz que, se tivermos uma corrente elétrica i percorrendo um fio condutor, essa corrente gera um campo magnético ao redor da corrente. Pegando uma curva fechada ao redor da corrente, observe a figura 26⁴ abaixo:

Figura 26 – Campo gerado devido à passagem da corrente elétrica



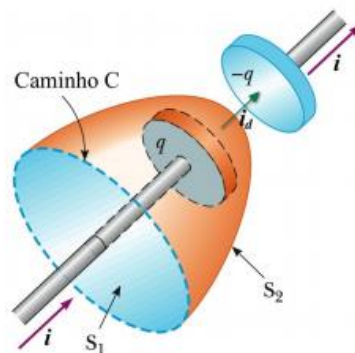
Logo podemos escrever a Lei de Ampère da seguinte forma:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot i \quad (31)$$

Onde $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{N/A}^2$ e i a corrente que passa pelo fio condutor.

No entanto temos um problema. Para discutirmos sobre esse problema, vamos considerar um capacitor num circuito de acordo com a figura 27⁵ abaixo:

Figura 27 – Corrente de deslocamento num capacitor de placas paralelas



Considerando a curva S_2 podemos observar uma variação do campo elétrico entre as placas, logo teremos entre as placas uma corrente de deslocamento (i_d). Assim iremos reescrever a Lei de Ampère da seguinte forma:

⁴ Fonte: Do autor

⁵ Fonte: http://fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap10.pdf

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot \left(i + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) \quad (32)$$

Onde:

$$\varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = i_d \quad (33)$$

Lembrando que o fluxo do campo elétrico pode ser descrito por:

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (34)$$

Aplicando o teorema de Stokes, temos:

$$\oint_C \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_S (\nabla \times \vec{F}) \cdot d\vec{A} \quad (35)$$

Utilizando o teorema de Stokes, conseguimos chegar na forma diferencial:

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (36)$$

Onde \vec{J} é o vetor densidade de corrente.

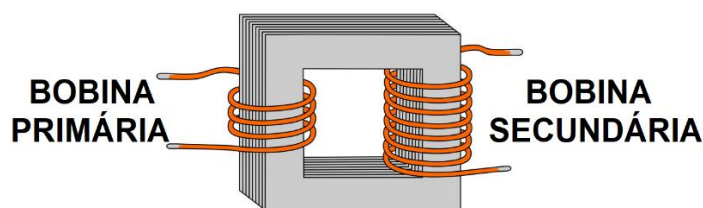
Podemos observar que a adição do termo $\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ na equação (36), estabelecendo uma simetria com a Lei de Faraday, assim como a variação do fluxo magnético gera um campo elétrico, agora podemos observar que a variação do fluxo elétrico igualmente gera um campo magnético.

A seguir iremos ver algumas das aplicações da indução eletromagnética em nosso cotidiano. Uma dessas aplicações são os transformadores, dispositivos que funcionam exclusivamente com a corrente alternada e que podemos encontrar nos mais variados tipos de equipamentos eletroeletrônicos.

3.7 Uma aplicação da Indução Eletromagnética – Os Transformadores

O transformador é um dispositivo formado por duas bobinas enroladas num núcleo de ferro. Este dispositivo é uma das aplicações da Lei de Faraday e é utilizado em larga escala em nosso cotidiano, desde fontes presentes em computadores, aparelhos eletrônicos e instalações de rede elétrica doméstica e industrial. Podemos representar um transformador de acordo com a figura 28 abaixo:

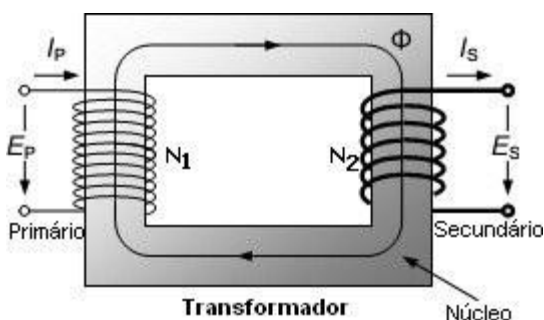
Figura 28– Estrutura básica de um transformador



Fonte: Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-um-transformador.htm> > . Acesso em: 20 nov. 2019

A bobina primária e secundária é formada por um fio metálico revestido de um esmalte, que permite a passagem da corrente elétrica ao longo de todo o comprimento das bobinas. Quando aplicamos uma tensão alternada em uma das bobinas, como por exemplo na primária, as linhas de campo magnético que passam pela segunda bobina, a secundária, induzem uma ddp nos terminais da bobina. Ao alterarmos o número de voltas nas bobinas é possível observar uma mudança de tensão tanto na bobina primária e na secundária, no entanto as potências das duas se conserva iguais. O funcionamento dos transformadores ocorre com o uso de tensão AC (do inglês alternating current), já o uso da tensão DC (do inglês direct current) pode sobrecarregar o sistema, danificando o dispositivo. Vamos observar a figura 29 e identificar algumas grandezas fundamentais de um transformador.

Figura 29 – Estrutura de um transformador com núcleo de ferro



Fonte: Disponível em: < <https://www.electronica-pt.com/transformadores> > . Acesso em: 10 out. 2019

I_p – Corrente elétrica na bobina primária

I_s – Corrente elétrica na bobina secundária

E_p – Tensão na bobina primária

E_s – Tensão na bobina secundária

N_1 – Número de espiras na bobina primária

N_2 – Número de espiras na bobina secundária

Num transformador o fluxo do campo magnético Φ_B é comum em ambas as bobinas, e aplicando a relação matemática de Lei de Faraday, logo temos:

$$E_p = N_1 \frac{\Phi_B}{dt} \quad (37)$$

A equação (37) descreve a tensão na bobina primária. Analogamente para a bobina secundária, temos:

$$E_S = N_2 \frac{\Phi_B}{dt} \quad (38)$$

Relacionando as duas equações, podemos obter a seguinte relação entre as bobinas:

$$\frac{E_p}{E_S} = \frac{N_1}{N_2} \quad (39)$$

Para descrever outra relação entre as bobinas, podemos afirmar que a Potência da bobina primária equivale a da bobina secundária, assim temos:

$$P_p = P_S \Rightarrow E_p \cdot I_p = E_S \cdot I_S \quad (40)$$

A aplicação da indução eletromagnética vai além dos transformadores, ela é utilizada também em Usinas de eletricidade no processo de transformação de energia mecânica em elétrica e nos dias de hoje podemos encontrar a sua aplicação em carregadores portáteis de celulares.

No capítulo que se segue iremos discutir sobre esse processo de obtenção de dados de nossa pesquisa, assim como a estrutura de nosso produto educacional e sua fundamentação teórica.

4. DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

A metodologia da pesquisa sofreu algumas alterações devido ao período em que foi decretada a pandemia mundial. Diante da impossibilidade de ocorrerem encontros presenciais no ambiente escolar devido às medidas de isolamento adotadas e a pausa no calendário escolar. Com o retorno das aulas no formato *online*, a metodologia da aplicação do produto educacional sofreu alterações em seu formato de aplicação.

Com o objetivo de manter o corpo base da pesquisa e sua base metodológica, para que o produto viesse a ser aplicado de formato virtual com os alunos, foram elaborados cinco formulários via plataforma Google for Education. Cada formulário foi agendado de acordo com o horário semanal de aulas e dado um prazo de resolução e entrega.

Os formulários são documentos digitais onde o acesso só é possível diante da disponibilidade de um *link* direcionador, que registram seus dados (nome e escola). E neles os alunos encontram vídeos dos experimentos realizados pelo professor seguindo o referencial teórico e os questionários avaliativos. Os questionários avaliativos fazem parte do Produto Educacional, onde os alunos registram as suas respostas de acordo com o assunto abordado nos vídeos e suas observações das atividades experimentais.

4.1 Sobre a pesquisa

Nesta pesquisa, optou-se por um procedimento metodológico de natureza qualitativa. Segundo Godoy (1995), de maneira geral, a pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Conforme a autora, a pesquisa qualitativa:

Parte de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve e envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo (GODOY, 1995, p.58).

Durante a pesquisa a ser realizada, os alunos farão registros escritos em folhas de papel, resolução de questionários que irão receber no momento da pesquisa. Os registros podem ser desde uma explicação, a construção gráfica, a idealização de um modelo ou até mesmo interpretação de imagens.

Para a construção do Produto Educacional consideramos os estudos teóricos para a construção do material didático e os mecanismos para a aplicação do produto em sala de aula.

No que diz respeito a coleta de registros, o pesquisador deste trabalho o fará através de gravações de áudio, fotografias, vídeos e anotações escritas pelos estudantes, a fim de apresentar o desenvolvimento da atividade, através de um relato de experiência.

Na sessão a seguir iremos discutir a estruturação do produto educacional e como se deu sua construção.

4.2 Sobre o Produto Educacional

O nosso Produto Educacional foi desenvolvido com o formato de uma sequência didática, baseada no uso de experimentos por meio de uma abordagem problematizadora da indução eletromagnética com a realização de atividades experimentais e um tutorial de montagem de uma atividade experimental utilizada na sequência didática no 4º Encontro.

A Sequência Didática foi feita segundo os pressupostos de um ensino dialógico baseado numa perspectiva problematizadora dos três momentos pedagógicos (3MP), modelo que foi proposto por Delizoicov e Angotti (1990) e estruturada segundo Giordan *et al.* (2011): Problematização, Organização do conhecimento e Aplicação do Conhecimento.

4.2.1 Algumas considerações sobre A Sequência Didática

Nesta sessão iremos discorrer sobre o uso de sequências didáticas (SD) no ensino. Buscaremos fazer uma discussão sobre as principais características/aspectos sobre a utilização de uma SD.

Zabala (1998) afirma que a Sequência Didática é uma proposta metodológica, ordenada e determinada por atividades que formam unidades didáticas, realizadas a partir de certos objetivos educacionais, conhecidos pelos sujeitos envolvidos. “As Sequências de Atividades de Ensino/aprendizagem, ou Sequências Didáticas, são uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática” (ZABALA, 1998, p.20).

Segundo Guimarães e Giordan (2011, p.3), as SD podem “ser um importante mecanismo na socialização dos conhecimentos em escola, na comunidade como um todo”. No contexto do curso, a SD se comporta como um “agente de inovação curricular no processo formativo e de problematização dos conhecimentos científicos segundo a capacidade cognitiva e contexto social do alunado e da escola”. Ainda para os mesmos autores:

[...] a Sequência Didática (SD) elaborada e aplicada em uma perspectiva sociocultural pode se apresentar como uma opção eficiente que, dentre outras, visa minimizar as tensões de um ensino descontextualizado e da ação desconexa das áreas de ensino no ambiente escolar (GUIMARÃES; GIORDAN, 2011, p.1).

Assim, as sequências didáticas devem ser compreendidas como um processo dinâmico de ir e vir, capaz de envolver atividades interdisciplinares e contextualizadas em que os saberes são reelaborados e redefinidos durante o processo de ensino.

No tópico a seguir iremos realizar o relato de experiência do produto pedagógico, onde encontraremos os registros dos encontros e o relato das respostas realizadas pelos alunos durante a aplicação do produto educacional.

5. RELATO DE EXPERIÊNCIA DA APLICAÇÃO DO PRODUTO PEDAGÓGICO

O produto educacional é constituído de uma proposta de sequência didática e um tutorial de montagem de um experimento, ambos irão auxiliar o professor de Física do ensino médio, fazendo o uso de atividades experimentais no ensino de Física. A sequência didática é direcionada ao terceiro ano do ensino médio e sustentada na abordagem problematizadora de Angotti e Delizoicov, e foi estruturada em cinco encontros de 90 minutos cada, onde abordaremos os conteúdos campo magnético e indução eletromagnética.

5.1 Etapas de aplicação do produto

A Sequência Didática que faz parte de nosso produto educacional foi aplicada em cinco encontros distintos de forma remota na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dr. João Navarro Filho e Colégio IE. De início toda a aplicação iria ocorrer no formato presencial, e devido à pandemia teve de sofrer ajustes na aplicação, sendo realizada em ambiente virtual. A seguir iremos descrever como se deu as ações nas escolas acima citadas, ao utilizarmos a Sequência Didática e o experimento construído a partir do tutorial mencionado anteriormente.

Durante a coleta dos dados registrados nos formulários, foi possível identificar que alguns relatos realizados por alunos apresentam um nível de descrição bem elevado, e ao realizar uma pesquisa na internet encontramos relatos iguais. A constatação da cópia de relatos retirados da rede mostra uma das maiores dificuldades encontradas durante o ensino remoto, que é o uso de respostas da Internet. Outra dificuldade enfrentada durante a aplicação do produto foi por muitas vezes a inconstância dos alunos no ensino remoto, a aplicação do produto tornou-se preocupante.

PRIMEIRO ENCONTRO – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL e ORGANIZAÇÃO DE CONHECIMENTO

TEMA ESCOLHIDO: Campo magnético e força magnética.

O primeiro encontro teve início via as plataformas virtuais utilizadas pelas instituições, inicialmente foi apresentado aos estudantes uma demonstração de como podemos obter energia elétrica com o movimento. Para isso, fiz a utilização de um motor encontrado em brinquedos, com os dois fios conectados a um LED e após o giro do eixo do motor o LED acendeu. Após a demonstração, falei sobre os tipos de interações magnéticas e como elas podem se manifestar

na matéria e em nosso meio. Demonstrado a problematização inicial a ser explicada, apresentei o material a ser utilizado na prática experimental do primeiro encontro e realizei os experimentos de forma demonstrativa para os alunos.

Após a apresentação da Atividade Experimental 1 e apontamentos sobre as práticas realizadas, destinamos o *link* do formulário do primeiro encontro e foi explicado a composição do formulário, onde os alunos vão se identificar, assistir aos vídeos dos experimentos que seguem a Sequência Didática e após os vídeos das práticas, eles encontram um questionário avaliativo para responderem. Todos os alunos foram orientados pelo professor a realizarem uma descrição do ocorrido durante a resolução das questões levantadas no formulário.

Após os alunos concluírem a resolução do questionário avaliativo via formulário, tivemos um momento muito proveitoso, onde foi realizada uma socialização das respostas do questionário avaliativo. Nesse momento podemos observar as diferentes respostas dos alunos. Muitas respostas coincidem conceitualmente e diante dos comentários realizados pelos alunos, muitos puderam tirar dúvidas sobre a prática e passaram a participar do momento de socialização. Na figura 30⁶ encontramos a capa do formulário e o número de respostas realizadas pelos alunos, que ao total tivemos 166 respostas obtidas, foi um número significativo diante do ensino remoto utilizado.

Figura 30 – Formulário utilizado pelos alunos no primeiro momento

1º Encontro - Campo magnético: natureza, efeitos e aplicações

Perguntas Respostas 166 Total de pontos: 0

Seção 1 de 3

1º Momento - Campo magnético: natureza, efeitos e aplicações

Olá turma. O referido material é sobre o estudo do campo magnético, vocês deverão assistir ao vídeo curto sobre uma parte experimental e logo após irão responder ao questionário sobre os tópicos abordados.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)

Qual o seu nome completo? *

Texto de resposta curta

⁶ Fonte: Do autor - <https://forms.gle/jf4z3ZE9UL4b9n2NA>

Diante das respostas obtidas e da socialização do conhecimento, irei fornecer a imagem das respostas dos alunos, referente às atividades realizadas. Abaixo iremos observar as respostas e relatos dos alunos sobre o primeiro momento.

O primeiro formulário é composto por 6 (seis) questões que são encontradas no apêndice A. A seguir iremos reescrevê-las e fazer um relato das respostas atribuídas pelos alunos.

Questão 1: *Que tipo de interação ocorre ao aproximarmos dois ímãs?*

Figura 31 – Gráfico de respostas dos estudantes da questão 1

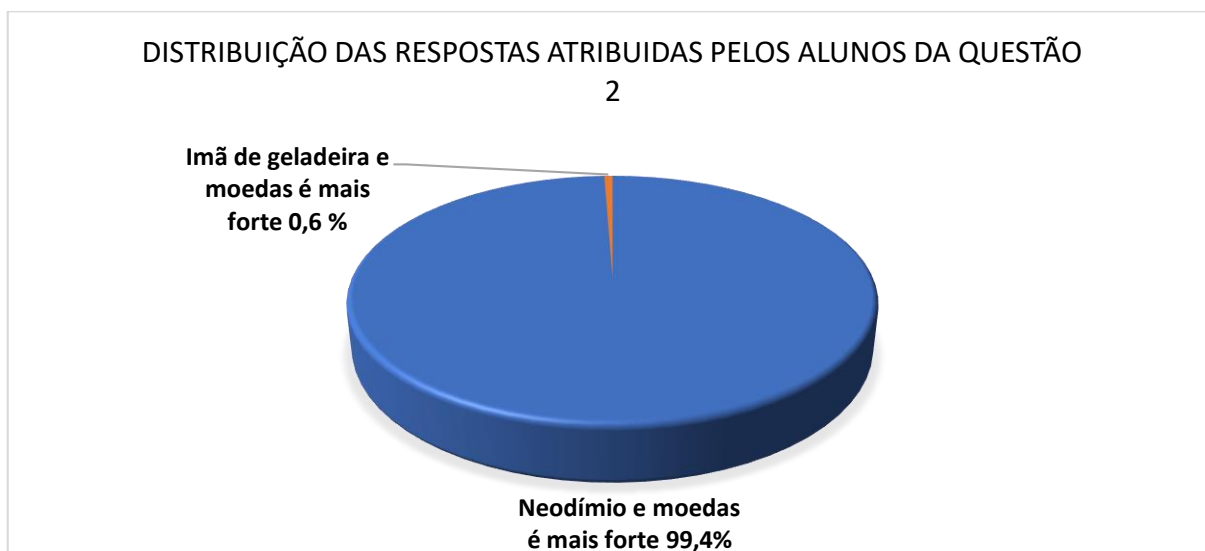


No gráfico acima observa-se que 61% dos alunos acertaram a resposta de uma forma completa, quando afirmaram que a interação era magnética de atração e repulsão. Já 20% dos alunos afirmaram que apenas era interação magnética. Outros 14% relataram apenas repulsão magnética e 4% apenas atração magnética.

De forma geral, observa-se que a maioria dos estudantes (61%) acertaram a questão 1, o que é algo relevante.

Questão 2 - *Compare a interação que ocorre entre o ímã de neodímio e as moedas, com a interação entre os ímãs de geladeira e as moedas. Você consegue observar que tipo de diferença?*

Figura 32 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 2



No gráfico acima que registramos a porcentagem de acertos, observamos que 99,4% dos alunos acertaram a resposta da questão 2. De um modo geral podemos observar que o resultado é satisfatório.

Questão 3 - *Sendo o alumínio um tipo de metal, por qual motivo não se observa interações entre os ímãs e o alumínio?*

Figura 33 – Imagem das respostas do formulário da questão 3.

3. Sendo o alumínio um tipo de metal, por qual motivo não se observa interações entre os ímãs e o alumínio?
Porque o material alumínio não tem um alinhamento do campo magnético, e não tem propriedades magnéticas
Porque os campos de alumínio são irregulares, e assim acabam tendo um afastamento, ao contrário dos ímãs que possuem campo bem definido e alinhado. Porque os campos são bagunçados e anulam uns aos outros
porque um ímã só se fixa em metais que os elétrons giram todos no mesmo plano e sentido, que é caso do ferro, não do alumínio Percebe-se que a propriedade de ferromagnetismo do alumínio é consideravelmente menos intensa que a da moeda e por isso a interação com o ímã de neodímio é menor
Existe um desalinhamento das forças magnéticas no alumínio porque os elétrons não estão organizados
Pois o ímã se fixa em metais nos quais os elétrons giram todos no mesmo plano e no mesmo sentido, o que não é o caso do alumínio. pois o alumínio é um material paramagnético. O alumínio possui elétrons bagunçados em cantos diferentes, por consequência, anulam os campos magnéticos de cada átomo. O ímã só faz interação com metais ferromagnéticos. Por que ocorre um desalinhamento das propriedades magnéticas Por que não tem uma interação magnética entre o ímã e o alumínio.

Aluno A - *Porque o material alumínio não tem um alinhamento do campo magnético, e não tem propriedades magnéticas.*

Aluno B - *Porque os campos de alumínio são irregulares, e assim acabam tendo um afastamento, ao contrário dos ímãs que possuem campo bem definido e alinhado.*

Aluno C - *Porque o alumínio não possui ferro magnetismo.*

Na figura acima, podemos observar que no geral os alunos acertaram ao responder sobre o motivo pelo qual o não se observa uma interação magnética entre um ímã e o alumínio.

Questão 4 - *Descreva como você entende ou imagina um campo magnético?*

Figura 34 – Imagem das respostas do formulário da questão 4

4. Descreva como você entende ou imagina um campo magnético?
A junção da força magnética criada em volta da carga em um espaço. Ou a região do espaço em que um ímã manifesta ação.
Campo Magnético é a concentração de magnetismo que é criado em torno de uma carga magnética num determinado espaço.
Campo magnético é uma região do espaço capaz de exercer forças sobre cargas elétricas em movimento e em materiais dotados de propriedades magnéticas. Eu vejo como um campo de força, uma região do espaço onde as cargas elétricas em movimento são sujeitas à ação de uma força magnética, capaz de alterar as s
Uma camada invisível que fica ao redor de um ímã que pode repelir ou atrair algo dependendo da interação com outros objetos.
varias onda sendo emitidas e fazendo um campo com forças iguais ou opostas para que dessa forma possam se repelir ou se aproximar um do outro. Imagino que um campo magnético se dá a atração de seus materiais e polos, pois como uma moeda com ferro magnético se atraem por um ímã, mais um alumínio

Aluno A - *A junção da força magnética criada em volta da carga em um espaço. Ou a região do espaço em que um ímã manifesta ação.*

Aluno B - *Campo Magnético é a concentração de magnetismo que é criado em torno de uma carga magnética num determinado espaço.*

Aluno C - *Campo magnético é uma região do espaço capaz de exercer forças sobre cargas elétricas em movimento e em materiais dotados de propriedades magnéticas.*

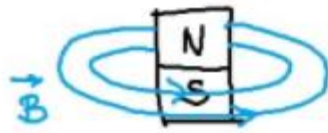
Aluno D - *Várias ondas sendo emitidas e fazendo um campo com forças iguais ou opostas para que dessa forma possam se repelir ou se aproximar um do outro.*

Transcrevendo o que foi respondido pelos alunos sobre como ele imagina ou entende o campo magnético, podemos observar que os alunos dentro do conjunto de conceitos por eles absorvidos na experimentação souberam responder e expor a sua concepção de campo magnético.

Questão 5 - Dos esquemas abaixo, selecione aquele que você acredita ser o formato de um campo magnético?

A

C



B

D

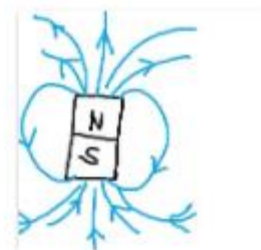
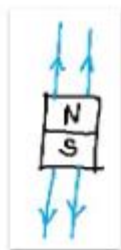
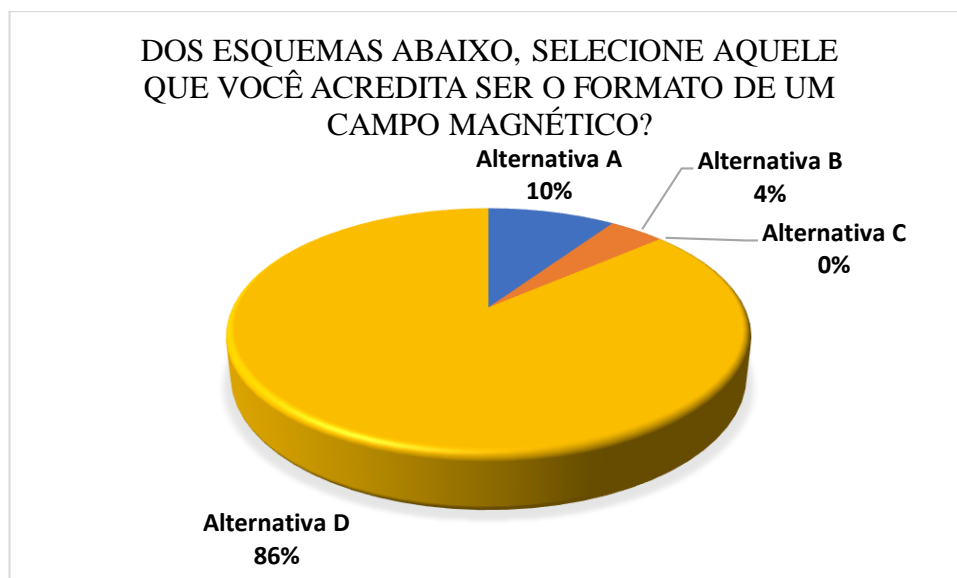


Figura 35 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 5



No gráfico acima da figura 35, podemos observar que 86% dos alunos acertaram ao identificar o esquema correto da representação do campo magnético, diante dos diferentes modelos propostos e da similaridade aparente, o resultado foi muito satisfatório. Outros 10%

optaram pela alternativa A, 4% optaram no modelo da alternativa B e nenhum dos alunos optaram no modelo da alternativa C.

Questão 6 - Podemos observar através dos experimentos que existe interações magnéticas entre os ímãs. Descreva o tipo de interação que ocorre entre os ímãs no exemplo A, B e C.

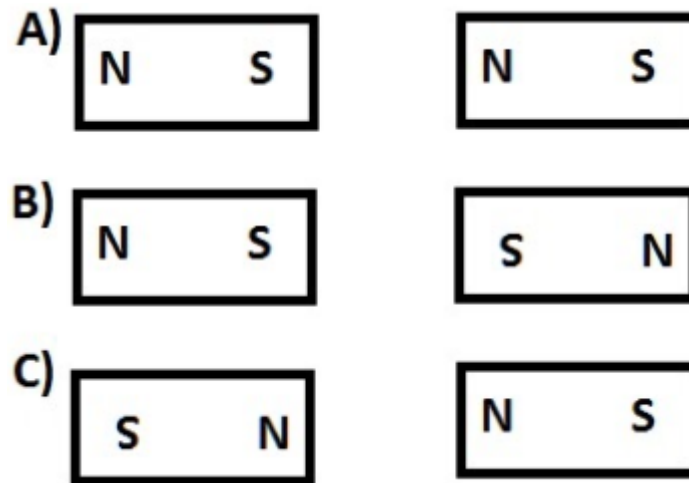
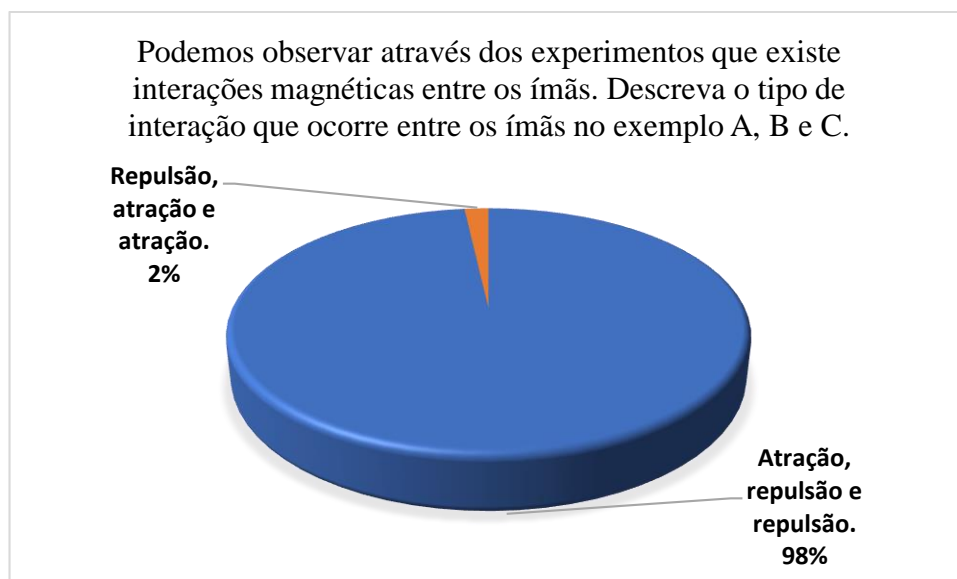


Figura 36 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 6



O gráfico da figura 36 representa as respostas relatadas pelos alunos ao identificar o tipo de interação entre os ímãs, podemos observar que 98% dos alunos acertaram as interações exigentes entre os ímãs e apenas 2% erraram ao identificar. Diante das respostas podemos observar que o resultado obtido foi muito satisfatório.

Finalizando o encontro como os alunos, após a resolução de formulário do questionário avaliativo, a participação foi satisfatória. Durante a resolução eles realizaram perguntas referentes às partes da atividade experimental, pediram para repetir o experimento de forma mais rápida.

SEGUNDO ENCONTRO – ORGANIZAÇÃO DE CONHECIMENTO

TEMA ESCOLHIDO: Visualizando o campo magnético.

O segundo encontro teve início via as plataformas virtuais utilizadas pelas instituições. Inicialmente foi apresentado aos alunos o assunto a ser desenvolvido na aula e os objetivos. Num segundo momento dessa fase inicial, apresentei o experimento da Atividade Experimental 2, falei sobre as partes que compõem a aparato e os itens a serem utilizados.

Após a apresentação da Atividade Experimental 2 e apontamentos sobre as práticas realizadas, foi disponibilizado o *link* do formulário do segundo encontro e foi explicado a composição do formulário, onde os alunos vão se identificar, assistir aos vídeos dos experimentos que seguem a sequência didática e após os vídeos das práticas, eles encontram um questionário avaliativo para responderem. Todos os alunos foram orientados pelo professor a responderem de acordo com o que foi observado e discutido durante a realização da atividade experimental do segundo encontro.

Após alguns alunos concluírem a resolução das questões propostas no formulário, alguns ficaram ansiosos para saber o gabarito, mas procurando evitar interferência nas respostas dos demais, os alunos foram alertados e ficaram no aguardo dos outros colegas. Na figura 37 encontramos a capa do formulário e o número de respostas realizadas pelos alunos, que ao total tivemos 136 respostas obtidas, foi um número significativo diante do ensino remoto utilizado. No entanto é perceptível que o número de participações na resolução do formulário diminuiu.

Figura 37– Formulário utilizado pelos alunos no segundo momento⁷

2º Momento - Visualizando o campo magnético.-

Perguntas Respostas 136 Total de pontos: 0

Seção 1 de 3

2º Momento - Visualizando o campo magnético.

OLÁ TURMA. NESTE MOMENTO IREMOS REALIZAR UM EXPERIMENTO ONDE IREMOS VISUALIZAR O FORMATO DO CAMPO MAGNÉTICO DE UM ÍMÃ.
1º ASSISTAM AO VÍDEO
2º RESPONDAM OS ITENS SEGUINTE.

FONTE DAS QUESTÕES:
Villas Bôas, Newton - Tópicos de física : volume 3 / Gualter José Biscuola, Ricardo Helou Doca, Newton Villas Bôas, . - 18. ed. - São Paulo : Saraiva, 2012.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Após a finalização do segundo encontro, iremos disponibilizar como se deu a resolução das questões do formulário. O segundo formulário foi composto com uma avaliação de aprendizagem contendo 4 (quatro) questões (discursivas e objetivas).

Questão 1 - *De acordo com as propriedades dos ímãs, assinale a assertiva.*

- a) *Quando temos dois ímãs, podemos afirmar que os polos magnéticos de mesmo nome (norte e norte, ou sul e sul) se atraem.*
- b) *Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente carregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas negativas e neutras, respectivamente.*
- c) *Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente descarregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas positivas e negativas, respectivamente.*
- d) *Quando quebramos um ímã em dois pedaços, os pedaços quebrados são também ímãs, cada um deles tendo dois polos magnéticos (norte e sul).*
- e) *Quando quebramos um ímã em dois pedaços exatamente iguais, os pedaços quebrados não mais são ímãs, pois um deles conterá apenas o polo norte, enquanto o outro, apenas o polo sul.*

⁷ Fonte: Do autor - <https://forms.gle/xVGUW7C6Akdms8m7>

Figura 38 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 1

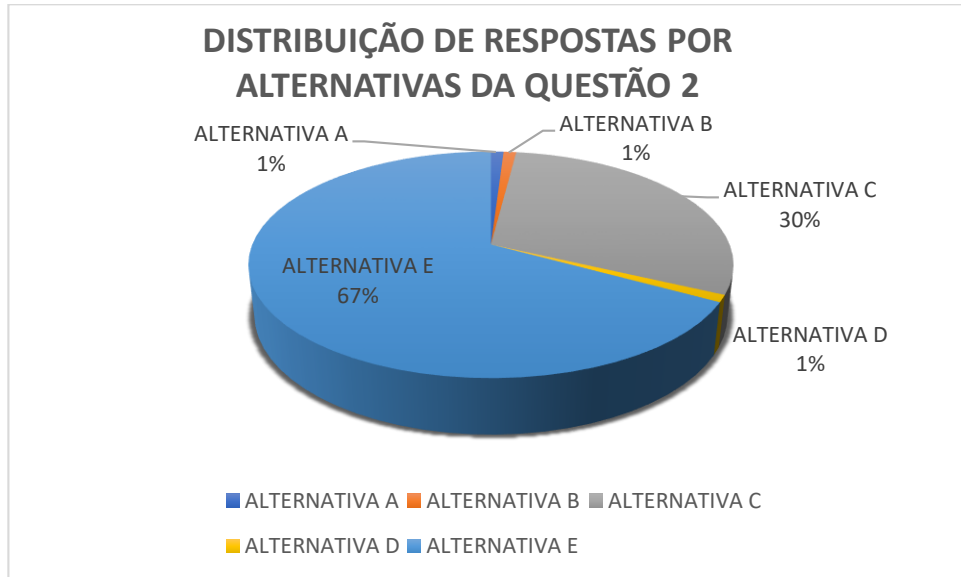


No gráfico da figura 38 podemos observar que 90% dos alunos assinalaram a assertiva D da questão 1, 2% a alternativa A, 7% a alternativa B e outros 1% a alternativa C. Os 90% tiveram sucesso em assinalar a alternativa D sobre a descrição das propriedades dos ímãs.

De uma forma geral observa-se que os estudantes tiveram êxito na resolução da questão, isso é um excelente resultado.

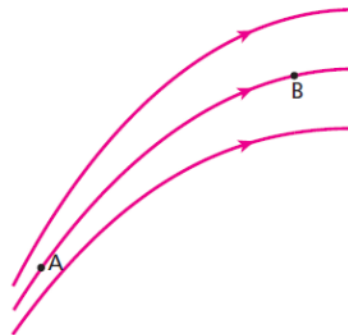
Questão 2 - *Uma das características importante das linhas de força de um campo magnético é que elas são sempre:*

- a) radiais b) paralelas c) arcos de circunferência
d) abertas e) fechadas

Figura 39 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 2

O gráfico da figura 39 retrata as respostas dadas pelos alunos da questão 2 neste segundo encontro, a questão é referente a uma das principais características do campo magnético, que é um dos conceitos importantes para o estudo da indução eletromagnética. Podemos observar que cerca de 67% dos alunos optaram em escolher a alternativa E, boa parte dos alunos obtiveram êxito na resposta, e esta porcentagem representa um ótimo número de acertos, visto que os alunos apresentam uma resolução concisa dos itens apresentados.

Questão 3 - *A figura representa algumas linhas de indução de um campo magnético:*



Em qual desses pontos o campo magnético é mais intenso? Justifique a sua resposta.

Figura 40 - Imagem da planilha de resolução do formulário da questão 3/2º encontro

3.

b

A, pela proximidade das linhas

A, pois as linhas de indução estão mais próximas indicando proximidade com o ímã.

Ponto A, pois é mais próximo ao polo do ímã

No ponto A, pois as linhas estão mais juntas, fazendo com que tenha maior interação magnética.

ponto A, por terem as linhas mais próximas umas das outras.

O ponto A possui a maior intensidade devido a proximidade das linhas de campo.

No ponto A, pois é onde eles se encontram mais próximas umas das outras

No ponto A, pois é onde as linhas estão mais próximas uma da outra, assim tendo um campo magnético mais intenso.

O ponto A, pois as linhas de força estão mais próximas, sendo mais intenso que o ponto B.

Ponto A, pois está mais próxima da origem magnética.

Ponto A, devido à proximidade das linhas de campo.

no ponto A pois o campo magnético se encontra mais próximo e já no b está mais afastado.

O magnetismo é mais intenso no campo A, por ele se apresentar mais próximo ao campo magnético.

A, pois tem maior proximidade

Aluno A - A, pela proximidade das linhas.

Aluno B - No ponto A, pois é onde eles se encontram mais próximas umas das outras.

Aluno C - No ponto A, pois é onde as linhas estão mais próximas uma da outra, assim tendo um campo magnético mais intenso.

Aluno D - No ponto A pois o campo magnético se encontra mais próximo e já no B está mais afastado.

Transcrevendo o que foi respondido pelos alunos sobre qual dos pontos destacados na figura possui maior intensidade de campo magnético, podemos observar que os alunos em grande maioria destacaram o ponto A e realizaram uma justificativa coerente com os tópicos abordados na atividade experimental 2.

Questão 4 - O estudioso Robert Norman publicou em Londres, em 1581, um livro em que discutia experimentos mostrando que a força que o campo magnético terrestre exerce sobre uma agulha imantada não é horizontal. Essa força tende a alinhar tal agulha às linhas desse campo. Devido a essa propriedade, pode-se construir uma bússola que, além de indicar a direção norte-sul, também indica a inclinação da linha do campo magnético terrestre no local onde a bússola se encontra. Isso é feito, por exemplo, inserindo-se uma agulha imantada em um material, de modo que o conjunto tenha a mesma densidade que a água e fique em equilíbrio dentro de um copo cheio de água, como esquematizado na figura 1.

A figura 2 representa a Terra e algumas das linhas do campo magnético terrestre. Foram realizadas observações com a referida bússola em três cidades (I, II e III), indicando que o polo norte da agulha formava, **aproximadamente**:



Figura 1



Figura 2

- Para a cidade I, um ângulo de 20° em relação à horizontal e apontava para baixo;
- Para a cidade II, um ângulo de 75° em relação à horizontal e apontava para cima;
- Para a cidade III, um ângulo de 0° e permanecia na horizontal.

A partir dessas informações, pode-se concluir que tais observações foram realizadas, **respectivamente**, nas cidades de:

- Punta Arenas (sul do Chile), Natal (nordeste do Brasil) e Havana (noroeste de Cuba).
- Punta Arenas (sul do Chile), Havana (noroeste de Cuba) e Natal (nordeste do Brasil).
- Havana (noroeste de Cuba), Natal (nordeste do Brasil) e Punta Arenas (sul do Chile).
- Havana (noroeste de Cuba), Punta Arenas (sul do Chile) e Natal (nordeste do Brasil).

Figura 41 - Gráfico de respostas dos estudantes da questão 4



No gráfico da figura 41 podemos observar que cerca de 66% dos alunos ao responderem à questão 4 do questionário avaliativo optaram com a alternativa D, obtendo acerto. Outros 14%

deram como resposta a alternativa B e 13% indicaram a alternativa C como resposta e apenas 7% responderam a alternativa A.

De um modo geral obter 66% de acerto numa questão é um resultado muito satisfatório e margeando 70% de acerto.

TERCEIRO ENCONTRO – ORGANIZAÇÃO DE CONHECIMENTO

TEMA ESCOLHIDO: O magnetismo e a eletricidade.

O terceiro encontro teve início via as plataformas virtuais, inicialmente foi apresentado aos alunos o assunto a ser desenvolvido durante o encontro e os objetivos da aula. Neste terceiro encontro, trabalhamos a organização de conhecimento, para que no próximo venhamos conseguir realizar a aplicação do conhecimento.

Num segundo momento fiz a apresentação da Atividade Experimental 3, mostrando os elementos que a compõe e as partes principais. Após disponibilizado os itens numa mesa, os alunos foram orientados a seguirem a atividade de acordo com o Apêndice B que foi adaptado no formulário e acompanhar a realização do experimento atentamente.

Após a apresentação da Atividade Experimental 3 e realizado os apontamentos, foi disponibilizado o *link* do formulário e os alunos foram orientados a realizarem um relato do que eles compreenderam durante as etapas da atividade experimental.

Na imagem da figura 42 encontramos a capa do formulário e o número de respostas realizadas pelos alunos, que ao total foram 123 respostas. Trata-se de um número significativo diante do ensino remoto utilizado, no entanto em relação aos outros dois encontros iniciais, percebemos uma redução no número de formulários preenchidos. Abaixo temos a imagem da tela inicial do terceiro formulário utilizado no encontro.

Figura 42 – Formulário⁸ utilizado pelos alunos no terceiro momento

3º Momento - O magnetismo e a Eletricidade. ✎ ★

Perguntas Respostas 123

Seção 1 de 3

3º Momento - O magnetismo e a Eletricidade. ✕ ⋮

O seguinte formulário é sobre a relação existente entre o magnetismo e a eletricidade.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)

Qual o seu nome completo? *

Texto de resposta curta

A seguir irei disponibilizar a imagem das respostas coletadas e a transcrição dos relatos dos alunos.

Questão 1 - *Observando a bússola após o giro no plano horizontal, observe o comportamento da agulha(ponteiro). O que faz a agulha se mexer e se orientar?*

Figura 43 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 1

1) Observando a bússola que você recebeu, gire ela no plano horizontal e observe o comportamento da agulha(ponteiro). O que faz a agulha se mexer e orientar?

A orientação do campo magnético da Terra

O polo norte da bússola é atraído pelo sul magnético da terra, isto faz com que a bússola aponte para o norte geográfico.

O que orienta a bússola é o campo magnético da Terra.

a bússola se mexe e se orienta de acordo com os polos magnéticos

a interação das cargas magnéticas da sua agulha com as linhas magnéticas da terra

o campo magnético da terra.

A agulha se move de acordo com o as linhas magnéticas da terra. E como eles se atraem por serem de polos distintos então se na bussola a agulha estiver apontando o norte pra frente que dizer que na verdade O campo magnético da terra faz ela se mexer

A agulha da bússola se move de acordo com o norte geográfico, pois este é um polo magnético que atrai a agulha da bússola.

A interação das cargas magnéticas com as linhas magnéticas da Terra.

A Terra é um grande ímã que possui um campo magnético, assim sendo também tem seu pólo Norte magnético e seu pólo Sul magnético.

Como a agulha da bússola é magnética (um pequeno ímã), com polo Norte e Sul, ela sofre a ação do campo magnético terrestre, qualquer que seja o local da superfície da Terra em que você se encontre.

Se a agulha da bússola puder girar livremente e sabendo que polos opostos se atraem, o polo norte da bússola é atraído pelo sul magnético da Terra.

O que faz a agulha se mexer é a interação das cargas magnéticas da agulha com as linhas magnéticas da Terra.

A bússola possui uma agulha magnética que se alinha de forma precisa com o campo magnético terrestre.

A bússola é um ímã, assim como o planeta Terra. Todo ímã tem um pólo norte e outro sul, sendo que os opostos se atraem. Por isso, o pólo norte magnético da bússola (ponteiro pintado) aponta para o pólo sul

Na ponta da agulha a um ímã que capitam ondas terrestres para direcionar em diferentes polos.

⁸ Fonte: Do autor - <https://forms.gle/NnWuQYsVLq84ghLy6>

Abaixo irei transcrever os relatos dos alunos sobre as observações realizadas durante a resolução da questão 1/atividade experimental 3.

Aluno A - *A orientação do campo magnético da Terra.*

Aluno B - *O polo norte da bússola é atraído pelo sul magnético da terra, isto faz com que a bússola aponte para o norte geográfico.*

Aluno C - *A agulha se move de acordo com o as linhas magnéticas da terra. E como eles se atraem por serem de polos distintos então se na bussola a agulha estiver apontando o norte para frente que dizer que na verdade é o sul da terra.*

Aluno D - *A interação das cargas magnéticas com as linhas magnéticas da Terra. A Terra é um grande imã que possui um campo magnético, assim sendo também tem seu polo Norte magnético e seu polo Sul magnético. Como a agulha da bússola é magnética (um pequeno imã), com polo Norte e Sul, ela sofre a ação do campo magnético terrestre, qualquer que seja o local da superfície da Terra em que você se encontre. Se a agulha da bússola puder girar livremente e sabendo que polos opostos se atraem, o polo norte da bússola é atraído pelo sul magnético da Terra.*

Aluno E - *A bússola é um ímã, assim como o planeta Terra. Todo ímã tem um polo norte e outro sul, sendo que os opostos se atraem. Por isso, o polo norte magnético da bússola (ponteiro pintado) aponta para o polo sul magnético do planeta que, por coincidência, está perto do polo norte geográfico da Terra.*

Pode-se observar que nos alunos C, D e E descreveram melhor o motivo da orientação da bússola, incluindo a descrição dos polos magnéticos e a interação entre os polos. O aluno D utilizou no início a expressão cargas magnéticas para falar dos polos magnéticos.

Questão 2 - *De posse de uma pilha, o que aconteceu ao aproximar a pilha/bateria da bússola? Transcreva o ocorrido.*

Figura 44 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 2

2) De posse de uma pilha, o que aconteceu ao aproximar a pilha/bateria da bússola? Transcreva o ocorrido.
ela sofreu uma alteração na direção
Se não for ligado um fio a bateria, não vai ocorrer nada.
O ponteiro da bússola permaneceu imóvel mesmo com a aproximação da pilha.
com os fios conectados, ao aproximar a bateria a bússola, o sentido dos ponteiros (agulhas) é alterado
a bússola começa a se mexer
Não aconteceu nada, pois o campo magnético da pilha/bateria é fraco comparado com o da Terra que a bússola é acostumada.
A agulha da bússola ao se aproximar da bateria se move, mas pouco
Nada ocorre
Nada, a bússola ainda segue de acordo com o norte geográfico.
Nada. A bateria de fato possui Corrente elétrica suficiente para interagir com o magnetismo da agulha e ser transformada em eletromagnetismo no entanto precisa de um condutor para que o fenômeno aconteça No experimento foi utilizado o fio de cobre.
Ao aproximar a pilha /bateria da bússola não ocorreu nenhuma interação, porque não gerou campo magnético entre eles.
A parte externa da pilha é de aço, material ferromagnético. A pilha é atraída por ímãs como é fácil testar. Ora, se ela é atraída, ela também atrai. No caso é perceptível os efeitos sobre a agulha imantada da búss Vira um ímã.
Ao passar nada ocorreu ,mais ao combinar com diferentes materiais ou um campo eletromagnético.
Nada acontece a agulha segue os polos naturais.

Abaixo irei transcrever os relatos dos alunos sobre as observações realizadas durante a resolução da questão 2/atividade experimental 3.

Aluno A - *Se não for ligado um fio a bateria, não vai ocorrer nada.*

Aluno B - *O ponteiro da bússola permaneceu imóvel mesmo com a aproximação da pilha.*

Aluno C - *Nada ocorre.*

Aluno D - *Nada. A bateria de fato possui Corrente elétrica suficiente para interagir com o magnetismo da agulha e ser transformada em eletromagnetismo, no entanto precisa de um condutor para que o fenômeno aconteça. No experimento foi utilizado o fio de cobre.*

Aluno E - *Nada, a bússola ainda segue de acordo com o norte geográfico.*

No geral os alunos não observaram nenhuma alteração no ponteiro da bússola, ao aproximar a bateria da bússola. As respostas margeiam a mesma conclusão.

Questão 3 - *O que acontece com o ponteiro da agulha quando aproximamos um ímã? Registre com suas palavras uma possível explicação.*

Figura 45 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 3

3) O que acontece com o ponteiro da agulha quando aproximamos um ímã? Registre com suas palavras uma possível explicação.
Ele se mexe devido a uma interferência do campo magnético do ímã
O ponteiro vai ser atraído pelo sul do ímã.
O ponteiro da bússola sofre deflexão com a aproximação do ímã de neodímio. Isso ocorre, pois a bússola é sensível ao campo magnético gerado pelo ímã. É importante salientar que a forma como a deflexão ocorre depende também de ela muda o sentido, devido a uma nova orientação com a interferência de outro campo magnético
a bússola é sensível a campo magnético
não houve interação.
se os polos forem opostos eles vão se atrair com bastante intensidade. Mas se não forem eles vão ficar normais
O ímã interfere na posição da agulha
Ela aponta para o ímã, pois este atrai a agulha quando muito próximos.
Como sabemos, a agulha de uma bússola é um pequeno ímã.
todo ímã é atraído ou repellido quando é aproximado de outro. Originando assim o campo magnético, ao aproximá-lo da bússola, sua agulha defletirá da sua posição, sendo esta atraída ou repelida.
Ao aproximar um ímã da bússola a agulha muda de direção, porque o ímã da agulha interage com o outro ímã e tende a se alinhar.
acho que o ponteiro é atraído pra ir em direção ao que o ímã está.
Ele aponta para ele.
Há uma relação magnética, ao aproximar ímã na bússola há uma interferência magnética, onde a bússola capta a força magnética maior que é a do ímã.
Está aponta para o ímã pois este atrai a agulha quando próximos.
O ponteiro da bússola é atraído por causa da força magnética.
ele é atraído por esse "novo" campo magnético
se mexe devido ao campo magnético do ímã

Aluno A - *Ele se mexe devido a uma interferência do campo magnético do ímã.*

Aluno B - *O ponteiro da bússola sofre deflexão com a aproximação do ímã de neodímio. Isso ocorre, pois a bússola é sensível ao campo magnético gerado pelo ímã. É importante salientar que a forma como a deflexão ocorre depende também do polo do ímã mais próximo da bússola. Um dos polos atrai a "agulha norte", enquanto o outro afasta.*

Aluno C - *A bússola é sensível a campo magnético.*

Aluno D - *Como sabemos, a agulha de uma bússola é um pequeno ímã. Todo ímã é atraído ou repellido quando é aproximado de outro. Originando assim o campo magnético, ao aproximá-lo da bússola, sua agulha defletirá da sua posição, sendo esta atraída ou repelida.*

Aluno E - *Há uma relação magnética, ao aproximar ímã na bússola há uma interferência magnética, onde a bússola capta a força magnética maior que é a do ímã.*

Observando no geral os alunos relatam que o magnetismo do ímã interfere na agulha da bússola, as respostas consoam a mesma conclusão.

Questão 4 - *Ao aproximar a bússola de um pedaço de fio de cobre, o ponteiro da bússola sofreu alguma deflexão? Explique utilizando suas palavras sobre as possíveis causas do efeito observado.*

Figura 46 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 4

4) Ao aproximar a bússola de um pedaço de fio de cobre, o ponteiro da bússola sofreu alguma deflexão? Explique utilizando suas palavras sobre as possíveis causas do efeito observado.
Não, pois apenas o fio sem estar conectado a uma fonte de energia não deforma o campo magnético
Caso o fio for eletrizado a bússola irá se alinhar com o campo.
Assim como a pilha, o fio de cobre não provocou nenhuma deflexão no ponteiro da bússola.
Não, pois o fio de cobre não está eletrizado
não aconteceu nada
Ocorreu uma interação, pois a bússola saiu do seu estado comum devido o campo magnético da terra e ajustou-se no do fio de cobre com agulha.
Não sofre nada, devido ao baixo magnetismo
Não sofreu nenhuma deflexão
Não ocorre qualquer tipo de deflexão.
Não. O fio de cobre por si só não possui magnetismo para causar a deflexão da agulha. Portanto não atrai nem repele o ímã da bússola para que o fenômeno aconteça. Em outras palavras. (Não possui um campo magnético entre o fio de cobre seria apenas o condutor do processo.
Ao aproximar a bússola de um pedaço de fio de cobre o ponteiro da bússola não sofreu nenhuma mudança. Porque não há corrente elétrica no fio.
sim, pois ao aproximar o fio a agulha da bússola se movimentou devido a outro campo magnético ao redor do fio.
Nenhuma.
Não, sofreu após um conjunto de materiais para ocorrência da experiência.
Não ocorre de flexão.
Sim, porém teve uma força inferior caso comparado ao ímã neodímio.
não pois o fio de cobre não estava magnetizado
Não ocorre nada devido a influencia do fio de cobre

Aluno A - Não, pois apenas o fio sem estar conectado a uma fonte de energia não deforma o campo magnético.

Aluno B - Caso o fio for eletrizado a bússola irá se alinhar com o campo.

Aluno C - Assim como a pilha, o fio de cobre não provocou nenhuma deflexão no ponteiro da bússola.

Aluno D - Ocorreu uma interação, pois a bússola saiu do seu estado comum devido o campo magnético da terra e ajustou-se no do fio de cobre com agulha.

Aluno E - Não. O fio de cobre por si só não possui magnetismo para causar a deflexão da agulha. Portanto não atrai nem repele o ímã da bússola para que o fenômeno aconteça. Em outras palavras. (Não possui um campo magnético entre o fio de cobre e a bússola).

Selecionando o relato de cinco alunos, observamos que todos concordam em afirmar que não ocorreu nenhuma interação entre o pedaço de fio e a bússola. O aluno A destaca que o fio sem estar conectado a uma fonte de energia não deforma o campo magnético.

Questão 5 – Com a conexão da bateria a espira, a bússola foi colocada lentamente no interior da espira, o que é possível observar? Explique utilizando suas palavras sobre as possíveis causas do efeito observado.

Figura 48 – Imagem das respostas atribuídas para a questão 6

6) O que pode ter acontecido de diferente da situação dos itens 3 e 4, mas ao juntarmos os itens da situação 2 e 4, acabamos tendo um resultado similar ao do item 5?
A fonte de energia conectada na espira fez com que os elétrons criassem um campo elétrico que interferiu no magnético apenas se o fio ou a espira estiver eletrizado, proporcionando uma diferença de potencial.
Ao unir os itens 2 e 4, a ddp estabelecida entre as pontas do condutor permite a passagem de corrente elétrica. Essa ddp só é possível graças a bateria. Pode-se concluir que o que interfere no ponteiro da bússola é a corrente elétrica. Se não entendi a pergunta
aconteceria a mesma coisa, já que o resultado da 5 só ocorre quando os dois estão juntos
Por conta da intensidade
a quantidade de magnetismo para que a bússola pudesse se mover
Temos um resultado similar ao do item 5
Ocorre que quando ligado a uma bateria a espira gera um campo magnético devido a cargas elétricas advindas da bateria.
3) presença de campo magnético forte. Havendo atração ou repulsão dos ímãs e a deflexão da agulha.
4) não houve atração nem repulsão. O fio de cobre não possui magnetismo para que a deflexão da agulha seja realizada.
2 e 4) Sim. Pois teríamos a corrente elétrica e o condutor para interagir com o magnetismo do pequeno ímã da agulha. Ocasionalmente a mesma deflexão do item 5.
No item 3 ocorreu interação entre o ímã e a bússola, já no item 4 não ocorreu nenhuma interação. Sim, se juntarmos os dois itens teremos um resultado similar ao do item 5.
a única diferença dos itens 3 e 4 são os materiais usados, ou seja em um é ímã e no outro fio.
Juntando os itens 2 e 4 não obtemos um resultado similar do item 5.
Algumas diferenças possíveis.

Aluno A - *A fonte de energia conectada na espira fez com que os elétrons criassem um campo elétrico que interferiu no magnético.*

Aluno B - *Ao unir os itens 2 e 4, a ddp estabelecida entre as pontas do condutor permite a passagem de corrente elétrica. Essa ddp só é possível graças a bateria. Pode-se concluir que o que interfere no ponteiro da bússola é a corrente elétrica. Se os objetos forem aproximados separadamente da bússola, não haverá deflexão no ponteiro, tendo em vista que não existe passagem de corrente.*

Aluno C - *Ocorre que quando ligado a uma bateria a espira gera um campo magnético devido a cargas elétricas advindas da bateria.*

Aluno D - *3) presença de campo magnético forte. Havendo atração ou repulsão dos ímãs e a deflexão da agulha. 4) não houve atração nem repulsão. O fio de cobre não possui magnetismo para que a deflexão da agulha seja realizada. 2 e 4) Sim. Pois teríamos a corrente elétrica e o condutor para interagir com o magnetismo do pequeno ímã da agulha. Ocasionalmente a mesma deflexão do item 5.*

Aluno E - *Ocorre que quando ligado a fonte de energia as cargas elétricas advindas desta fonte geram um campo magnético que faz com que a agulha sofra deflexões.*

É importante destacar nos relatos fornecidos pelos alunos, as diferentes hipóteses elaboradas procurando explicar o ocorrido no experimento. Essas hipóteses tornam-se importantes na parte de organização de conhecimento, que busca explicar o surgimento do campo magnético.

QUARTO ENCONTRO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

TEMA ESCOLHIDO: A indução da corrente elétrica em espiras.

O quarto encontro teve início via as plataformas virtuais, inicialmente foi apresentado aos alunos o assunto a ser desenvolvido durante o encontro e os objetivos da aula. No quarto encontro, trabalhamos com a aplicação do conhecimento obtido ao longo dos encontros anteriores.

Dando continuidade à programação, a Atividade Experimental 4 foi apresentada, identificando e listando as partes importantes do aparato experimental. Foi iniciada a experiência procurando mostrar e destacar durante o experimento toda a movimentação realizada durante o encontro. Após o término da Atividade Experimental, foi pedido aos alunos que fizessem seus apontamentos, para que as descrições observadas e anotadas pudessem ajudá-los nos relatos.

Após a apresentação da Atividade Experimental 4, foi disponibilizado o *link* do formulário e os alunos foram orientados a realizarem um relato do que eles compreenderam durante as etapas da atividade experimental.

Na imagem da figura 49 encontramos a capa do formulário e o número de respostas realizadas pelos alunos, que ao total foram 88 respostas. Foi um número significativo diante do ensino remoto utilizado. No entanto, em relação aos outros dois encontros iniciais, percebemos uma redução no número de formulários preenchidos. Abaixo temos a imagem da tela inicial do terceiro formulário utilizado no encontro.

Figura 49 – Formulário⁹ utilizado pelos alunos no quarto momento

4º Momento - Indução Eletromagnética

Perguntas Respostas 88

Seção 1 de 3

4º Momento - Indução Eletromagnética

O seguinte formulário é sobre o estudo da indução eletromagnética.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)

⁹ Fonte: Do autor - <https://forms.gle/kxbU6CgWD1CszzVK6>

O formulário do quarto encontro apresenta 8 (oito) questões, as 7 (sete) primeiras questões é referente ao passo-a-passo da Atividade Experimental, a questão 8 (oito) é um relato do que os alunos entenderam da atividade experimental. A seguir irei colocar a imagem dos registros dos relatos e transcrevê-los logo abaixo.

Questão 8 - *Diante do que foi observado durante a experimentação, faça um relato descrevendo como funciona o experimento e o fenômeno ocorrido.*

Figura 50 – Relatos dos alunos da questão 8 do 4º formulário

8) Diante do que foi observado durante a experimentação, faça um relato descrevendo como funciona o experimento e o fenômeno ocorrido.
foi ligado o interruptor e a partir daí, foi gerado uma energia magnética na bobina de modo que o LED acendia com forme a aproximação da mesma, como também avisa uma variação de posicionamento na bússola ao aproxima
Podemos observar dois experimentos no vídeo como força magnética do ímã na bússola e com o experimento do led com a espira.
Ao ligar a espira a energia envolvida emite pequenas ondas eletromagnéticas e a bobina com o lede ao se movimentar se interage com essas ondas capitando ondas elétricas que faz a led acender.
Bom no experimento foi usado muitos fatores de energia como led espirra e uma busola e ímã a busola estiver localizada é ficaremos girando o ima ela foi gira Tam bem de acordo com nosso movimento.
A base possui um campo eletromagnético quando ligada logo que A a espira é aproximada da base led desta é ligada devido a uma carga elétrica gerada pela variação do campo eletromagnético.
A espira produz a formação de um campo magnético, com isso caso colocar o led próximo a espira, o led é acendido. Além disso o ímã neodímio atraí a bússola.
no vídeo é explicado a lei de faraday, onde um campo magnético reage com um circuito elétrico gerando força motriz, conhecido como indução eletromagnética
O experimento se consiste em como um ímã e uma a corrente elétrica podem influenciar no movimento dos ponteiros de uma bússola, além de como o campo magnético ajudou o LED a acender com a corrente elétrica formada
No experimento, quando há aproximação seguida de movimentação da espira para a bobina ligada o led da espira acende. Quando se aproxima a bussula com a bobina ligada nota-se o campo magnético gerado pela bobina que
É uma relação entre fenômenos elétricos e magnéticos.
Que os elétrons provenientes da corrente produzida pelo aparelho foram transferidos para a espira devido o campo magnético dos dois materiais envolvidos, fazendo o LED acender. Também pode ser observada atração magnétic
A bobina é um material composto por fios que gera um campo magnético, que em conjunto com uma LED, pode ligar através de uma corrente indutiva.
O aparelho constituído pelo botão (Liga/desliga), bobina, base de madeira e lâmpada LED não é naturalmente energizado necessitando, portanto, de uma fonte externa de energia elétrica, como uma pilha, carregador ou bateria.
Aconteceu de ter uma corrente elétrica responsável por gerar um campo eletromagnético que é capaz de interagir com a bússola e a LED.
Inicialmente com a LED da mesa desligada nada acontece, ao liga-la a bobina passa a produzir uma corrente elétrica, essa corrente elétrica é responsável por ligar a outra LED quando ela se aproxima em movimento, caso ela e
Quando o equipamento é ligado na energia, se transforma em uma bobina que é capaz de mudar a direção da agulha da bússola para o centro da bobina além de ser capaz de acender um led apenas com a força magnética
A espira exerce uma força magnética quando é movimentada que liga o LED. O fenômeno é a energização a partir da força magnética sob o LED
Tem que ter uma fonte de carga elétrica para desenvolver um campo e permitir as interações observadas no vídeo
Cria-se um campo através da interação entre os objetos
o experimento consiste na demonstração de como se comporta um led exposto a um campo elétrico

Aluno A - *Ao ligar uma espira, um campo eletromagnético é induzido e isso faz com que interfira na orientação de uma bússola ao mesmo tempo que pode ligar um pequeno aparelho.*

Aluno B - *Ao aproximar o Led da base de espira ele adquiriu energia e acendeu e ao aproximar a bobina do campo magneto ele se mexeu.*

Aluno C - *A variação do fluxo do campo magnético no interior da espira gera um campo elétrico variável, que produz uma corrente elétrica induzida. De acordo com o número de espiras e a velocidade em que ocorre a variação do campo magnético, o campo elétrico variável pode gerar uma voltagem suficiente para acender o LED, cerca de 1,5 V a 3,3 O fenômeno ocorrido e conhecido como indução eletromagnética.*

Aluno D - *foi ligado o interruptor e a partir daí, foi gerado uma energia magnética na bobina de modo que o LED acendia com forme a aproximação da mesma, como também avisa uma variação de posicionamento na bússola ao aproximar da bobina quanto do ímã..*

Aluno E - A base possui um campo eletromagnético quando ligada logo que A a espira é aproximada da base Led desta é ligada devido a uma carga elétrica gerada pela variação do campo eletromagnético.

Aluno F - O experimento se consiste em como um ímã e uma a corrente elétrica podem influenciar no movimento dos ponteiros de uma bússola, além de como o campo magnético ajudou o LED a acender com a corrente elétrica formada pela espira.

Ao destacar alguns relatos realizados pelos alunos na busca de explicar a obtenção de energia elétrica, observamos que as hipóteses criadas para explicar fundamentam-se no conjunto de conceitos que foram abordados no decorrer dos encontros, as descrições do fenômeno é satisfatória e apresenta no geral bons relatos da atividade.

QUINTO ENCONTRO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

TEMA ESCOLHIDO: O uso de simulação no estudo da Indução Eletromagnética

O quinto e último encontro teve início via as plataformas digitais, foi esperado a entrada dos alunos nas salas. Após a entrada dos alunos, foi espelhado a tela do simulador Phet do *link*¹⁰ e foi apresentado os recursos disponíveis do simulador.

Dando continuidade com a aula, solicitei que os alunos realizassem anotações sobre o fenômeno observado via o simulador. Com o término da aula, o link do formulário do quinto encontro foi disponibilizado no chat e fiquei a espera do fim da realização dos relatos. Neste quinto encontro tivemos 111 relatos registrados, dos quais irei destacar alguns relatos dos alunos.

Figura 51 – Formulário¹¹ utilizado pelos alunos no quarto momento

5º Momento: O uso de simulação no estudo da Indução Eletromagnética

Seção 1 de 3

Perguntas Respostas 111

5º Momento: O uso de simulação no estudo da Indução Eletromagnética

O seguinte formulário é referente ao estudo da indução eletromagnética com o o uso de simulação.

¹⁰ Link: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt_BR

¹¹ Fonte: Do autor - <https://forms.gle/fxbbooNEEbEN85aSA>

Relato do quinto encontro - *Diante da aula usando experimentos e da aula fazendo uso do simulador, faça um relato de experiência sobre a diferença do estudo da indução eletromagnética com as ferramentas.*

Figura 52 – Relatos dos alunos sobre o uso do simulador do 5º formulário.

Diante da aula usando experimentos e da aula fazendo uso do simulador, faça um relato de experiência sobre a diferença do estudo da indução eletromagnética com as ferramentas.
O experimento é bom ajuda pra ver o a energia elétrica acender a luz e o app do site mostra como acontece as coisas. É muito bom ver a os dois acontecer.
fica mas facil entender quando vejo o programa do computador. consigo ver o campo eletromagnético com as linhas e entender a energia passada para a bobina.
quando a torneira gira com as cargas magnéticas o campo muda na bobina da lampada, assim fica melhor de entender o app ajuda muito no entendimento da indução
para entender a energia passando pelo campo magnético fica mais fácil, no experimento e muito as vezes dificiu de entender e dizer como acontece.
Com o uso do simulador podemos observar detalhes do comportamento do campo magnético, e entendemos mliehor a indução eletromagnética

Alguns erros gramaticais são encontrados nos relatos, mas nada que dificulte no entendimento do relato.

Aluno A - *O experimento é bom ajuda pra ver o a energia elétrica acender a luz e o app do site mostra como acontece as coisas. É muito bom ver a os dois acontecer.*

Aluno B - *Fica mais fácil entender quando vejo o programa do computador. Consigo ver o campo eletromagnético com as linhas e entender a energia passada para a bobina.*

Aluno C - *Quando a torneira gira com as cargas magnéticas o campo muda na bobina da lâmpada, assim fica melhor de entender o app ajuda muito no entendimento da indução.*

Aluno D - *Para entender a energia passando pelo campo magnético fica mais fácil, no experimento e muito as vezes difícil de entender e dizer como acontece.*

Aluno E - *Com o uso do simulador podemos observar detalhes do comportamento do campo magnético, e entendemos melhor a indução eletromagnética.*

De um modo geral, ao observar o relato dos alunos sobre o estudo da indução eletromagnética utilizando experimentos e o simulador do PHET, observa-se que os alunos afirmam que com o uso do simulador no estudo da indução, fica mais fácil de visualizar os campos magnéticos e associar o fenômeno estudado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da laboração da pesquisa, que permitiu a discussão sobre algumas situações referentes ao ensino de Física no Brasil, buscamos refletir sobre a importância do uso de atividades experimentais e simuladores virtuais, em um ensino problematizador, seguindo os três momentos pedagógicos (3MP). Percebemos que o uso de Atividades Experimentais é copiosamente discutido pelos teóricos da área de ensino, devido a sua aplicação se tornar uma ferramenta aliada ao ensino e aprendizagem dos alunos.

Deste modo é importante destacar nesta pesquisa a importância das Atividades Experimentais elaboradas pelo professor e a utilização de simuladores virtuais numa concepção de ensino com problematização no ensino da Física, sendo ambas utilizadas pelo professor como ferramentas facilitadoras no processo de ensino/aprendizagem.

Diante da aplicação do produto educacional numa sala de aula virtual, foi possível conseguir bons resultados, dos quais apontamos.

Auxiliar ao professor orientando-o nas possibilidades de construção de atividades experimentais, com a ajuda de um tutorial de construção de experimentos na parte de indução eletromagnética e no uso de simuladores virtuais de livre uso.

A possibilidade de despertar no aluno uma forma de interação com os experimentos, através de questionamentos, sempre buscando conhecer e estimular os conhecimentos prévios dos alunos, fazendo com que possam elaborar modelos, hipóteses e possíveis explicações ao observar o fenômeno estudado.

O produto proporciona uma interação entre alunos e experimentos, partindo do ponto que o aluno sempre procura se inteirar com as partes dos experimentos e na busca de interpretá-lo, ao realizar seus relatos de experiência.

A mudança no formato de condução da aula, buscando do professor uma interação maior com os alunos por meio de discussões, estimulando-os a elaborar explicações, valorizando seus conhecimentos prévios, sua forma de expressar, sua organização de ideias, a sua construção de modelos e suas escolhas.

Neste sentido, entendemos que as Atividades Experimentais realizadas presencialmente ou em ambiente virtual apresentam um grande potencial didático, possibilitando o desenvolvimento de seus conhecimentos de mundo, estreitando o conhecimento teórico e a prática, produzindo conhecimentos, compreendendo as tecnologias aplicadas ao nosso dia a dia.

Assim acreditamos que nossa pesquisa vem a colaborar para o desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de Física, visto que um material didático foi proposto como uma orientação Pedagógica para o professor de Física abordar os conceitos do Eletromagnetismo a partir do uso de Atividades Experimentais.

REFERÊNCIAS

AGASSI, A. R. **Uma sequência didática para o ensino de indução eletromagnética**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.

ALVES FILHO, J. de P. **Atividades experimentais: do método a prática construtivista**. 2000. 303 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

AMARAL, I. A. do. Conhecimento formal, experimental e estudo ambiental. **Ciência e Ensino**, Campinas, n.º.3, dez. 1997.

ASSIS, A. K. T.; CHAIB, J. P. M. C. **Eletrodinâmica de Ampère**. Editora Unicamp, Campinas, ISBN 9-788-526-809-383, 2011.

_____. Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta – Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 16, n. 2, p. 303-309, jul./dez., 2006.

BRASIL. **Escassez de professores no Ensino Médio: propostas estruturais e emergenciais**. Brasília: CNE/CEB, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999.

BRAUDE, E. Uso de simulações numéricas no ensino da propagação eletromagnética em fibras óticas. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, v.1, n.1, p. 54-66, maio/junho de 2014.

CAVALCANTE, M. A., PEÇANHA, R e LEITE, V. F. Princípios Básicos de imagens ultrassônicas e a determinação da velocidade do som no ar através do eco. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, 2012.

COELHO, R. Otto. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2002.

COUTO, F. P. **Atividades Experimentais em Aulas de Física: Repercussões na Motivação dos Estudantes, na Dialogia e nos Processos de Modelagem**. Dissertação de mestrado da Faculdade de Educação da UFMG, 2009. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/FAEC-83WRY2/pazzini_final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 03/12/2014.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, abr. 1995. p. 58

GOMES, J. C. e CASTILHO, W. S. **Uma Visão de Como a Física é Ensinada na Escola Brasileira, e a Experimentação como Estratégia para Mudar essa Realidade.** Anais Eletrônicos - 1ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão do Ifto. 2010.

GRAÇA, C. **Eletromagnetismo.** Santa Maria: Autor, 2012. 282 p.:il. – (Série Didática, Física 3).

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. **Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VIII. Anais. Campinas, 2011.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A Relação com o Saber Profissional do Professor de Física e o Fracasso da Implementação de Atividades Experimentais no Ensino Médio. **Investigação em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007.

LABURU, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 23(3): 382-404, 2006.

LIMA, E. A. GAIO, D. C. **FÍSICA: a importância da experimentação associada ao lúdico.** Cuiabá, 2009.

MACÊDO, J. A. de. **Simulações Computacionais como Ferramenta auxiliar ao Ensino de Conceitos Básicos de Eletromagnetismo:** Elaboração de Um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/En_CiMat_MacedoJA_1.pdf>. Acesso em: 03/12/2014.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação** (Bauru) 2014. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251031804007>> ISSN 1516-7313

NOGUEIRA, A. F. L. O uso da simulação numérica de campos eletromagnéticos como ferramenta de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, 4306, 2009.

NUNES, T. da S. **Características das hipóteses nas sequencias didáticas investigativas.** Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

OKA, M., 2000. **História da Eletricidade.** Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/~dmi/manuais/HistoriaDaEletricidade.pdf>>. Acessado em: 14 de jul. de 2019.

RAMOS, L. B. da C.; ROSA, P. R. da S. O Ensino de Ciências: Fatores Intrínsecos e Extrínsecos que Limitam a Realização de Atividades Experimentais pelo Professor dos nos Iniciais do Ensino Fundamental. **Investigação em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

ROCHA J. F. M. (Org.). **Origens e evolução das ideias da física.** Salvador: EEDUFAB, 2002.

RODRIGUES, R. F. **Arduino como ferramenta mediadora no ensino de física**. Universidade Federal do Rio Grande de Sul. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, 2014.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino Médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, Vol. 4 Nº 1, 2005.

ROSA, C. & DA ROSA, Á. (2012). O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. *Revista Iberoamericana de Educación*. 58. 1-24. 10.35362/rie5821446.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o Papel do Trabalho Experimental, na Aprendizagem da Física, em Sala de Aula – Um Estudo Exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.

SÉRÉ, M-G.; COELHO, S. M. e NUNES, A. D. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. **Cad.Bras.Ens.Fís.**, v.20, n.1: 30-42, abr. 2003.

SERWAY, R. A. **Princípios de física** / Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr.; tradução Foco Traduções; revisão técnica Keli Seidel. -- 1. ed. -- São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SILVA, F. S. S.; MORAES, L. J. O; CUNHA, I. P. R. Dificuldades dos professores de biologia em ministrar aulas práticas em escolas públicas e privadas do município de Imperatriz-MA. **Revista UNI**, v. 1, p. 135-149, 2011.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ANEXOS

ANEXO I - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 2º ENCONTRO

Aluno(a): _____

Turma: _____

CONTÉUDO: LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO

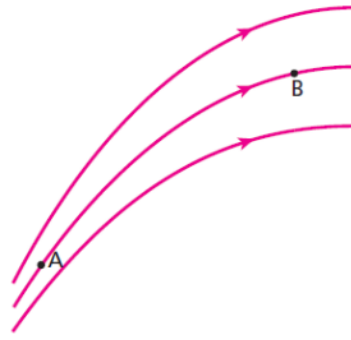
1) De acordo com as propriedades dos ímãs, assinale a assertiva.

- a) Quando temos dois ímãs, podemos afirmar que os polos magnéticos de mesmo nome (norte e norte, ou sul e sul) se atraem.
- b) Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente carregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas negativas e neutras, respectivamente.
- c) Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente descarregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas positivas e negativas, respectivamente.
- d) Quando quebramos um ímã em dois pedaços, os pedaços quebrados são também ímãs, cada um deles tendo dois polos magnéticos (norte e sul).
- e) Quando quebramos um ímã em dois pedaços exatamente iguais, os pedaços quebrados não mais são ímãs, pois um deles conterá apenas o polo norte, enquanto o outro, apenas o polo sul.

2) Uma das características importante das linhas de força de um campo magnético é que elas são sempre:

- a) radiais
- b) paralelas
- c) arcos de circunferência
- d) abertas
- e) fechadas

3) A figura representa algumas linhas de indução de um campo magnético:



a) Desenhe na figura o vetor indução magnética nos pontos **A** e **B**.

Em qual desses pontos o campo magnético é mais intenso? Justifique a sua resposta.

4) (UFRN) O estudioso Robert Norman publicou em Londres, em 1581, um livro em que discutia experimentos mostrando que a força que o campo magnético terrestre exerce sobre uma agulha imantada não é horizontal. Essa força tende a alinhar tal agulha às linhas desse campo. Devido a essa propriedade, pode-se construir uma bússola que, além de indicar a direção norte-sul, também indica a inclinação da linha do campo magnético terrestre no local onde a bússola se encontra. Isso é feito, por exemplo, inserindo-se uma agulha



Figura 1



Figura 2

imantada em um material, de modo que o conjunto tenha a mesma densidade que a água e fique em equilíbrio dentro de um copo cheio de água, como esquematizado na figura 1.

A figura 2 representa a Terra e algumas das linhas do campo magnético terrestre. Foram realizadas observações com a referida bússola em três cidades (I, II e III), indicando que o polo norte da agulha formava, **aproximadamente**:

- para a cidade I, um ângulo de 20° em relação à horizontal e apontava para baixo;
- para a cidade II, um ângulo de 75° em relação à horizontal e apontava para cima;
- para a cidade III, um ângulo de 0° e permanecia na horizontal.

A partir dessas informações, pode-se concluir que tais observações foram realizadas, **respectivamente**, nas cidades de:

- a) Punta Arenas (sul do Chile), Natal (nordeste do Brasil) e Havana (noroeste de Cuba).
- b) Punta Arenas (sul do Chile), Havana (noroeste de Cuba) e Natal (nordeste do Brasil).
- c) Havana (noroeste de Cuba), Natal (nordeste do Brasil) e Punta Arenas (sul do Chile).
- d) Havana (noroeste de Cuba), Punta Arenas (sul do Chile) e Natal (nordeste do Brasil).

FONTE DAS QUESTÕES:

VILLAS BÔAS, N. - Tópicos de física: volume 3 /Gualter José Biscuola, Ricardo Helou Doca, Newton Villas Bôas. —18. ed. — São Paulo: Saraiva, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 1º ENCONTRO

Aluno(a): _____

Turma: _____

CONTÉUDO: PROPRIEDADES DOS ÍMAS E SUAS INTERAÇÕES


1) Que tipo de interação ocorre ao aproximarmos dois ímãs?

2) Compare a interação que ocorre entre o ímã de neodímio e as moedas, com a interação entre os ímãs de geladeira e as moedas?

3) Sendo o alumínio um tipo de metal, por qual motivo não se observa interações entre os ímãs e o alumínio?

4) Represente através de um desenho, esquema como você entende ou imagina o campo

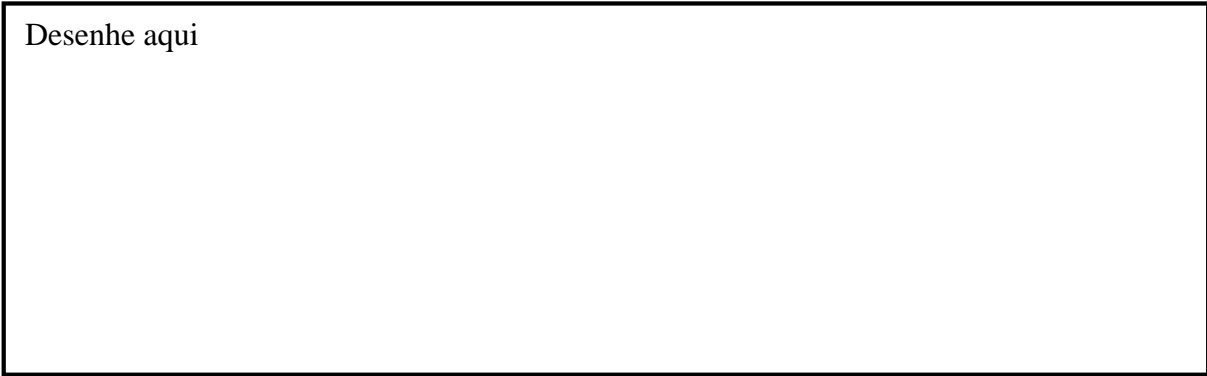
Desenhe aqui



magnético.

5) Com o uso de setas, faça uma representação por meio de desenhos das interações entre os ímãs e os metais.

Desenhe aqui



APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 3º ENCONTRO

Aluno(a): _____

Turma: _____

CONTEÚDO: A CORRENTE ELÉTRICA E O CAMPO MAGNÉTICO

1) Observando a bússola que você recebeu, gire ela no plano horizontal e observe o comportamento da agulha(ponteiro). O que faz a agulha se mexer e orientar?

2) De posse de uma pilha, aproxime a pilha da bússola e verifique o que aconteceu e transcreva o ocorrido abaixo?

3) O que acontece com o ponteiro da agulha quando aproximamos um ímã? Registre com suas palavras uma possível explicação.

4) Agora aproxime a bússola de um pedaço de fio de cobre, O ponteiro da bússola sofreu alguma deflexão? Explique utilizando suas palavras sobre as possíveis causas do efeito observado.

5) Conecte a fonte a rede elétrica e coloque a bússola lentamente no interior da espira, o que é possível observar? Explique utilizando suas palavras sobre as possíveis causas do efeito observado.

6) O que pode ter acontecido de diferente da situação dos itens 3 e 4, mas ao juntarmos os itens da situação 2 e 4, acabamos tendo um resultado similar ao do item 5?

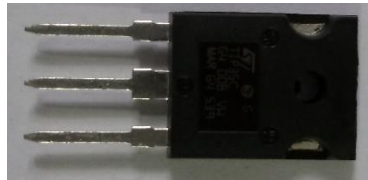
APÊNDICE C – TUTORIAL DE MONTAGEM DO EXPERIMENTO DO 4º ENCONTRO

O experimento do 4º encontro é de certa forma muito importante para a sequência didática e se tornou necessário construir um TUTORIAL separado para poder ter certeza de que nenhuma dúvida ficou sem ser esclarecida.

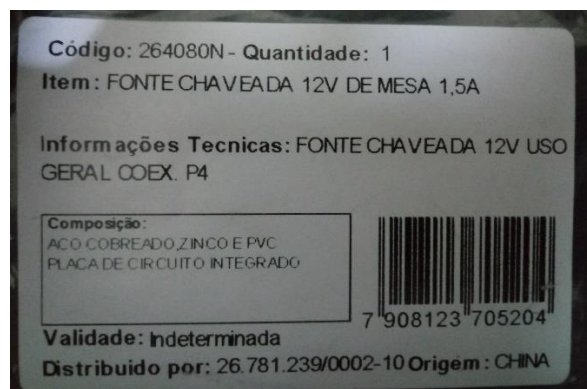
Grande parte do equipamento é encontrado numa loja de eletrônica e possui um custo total aproximado de R\$ 100 (cem reais).

NOME	IMAGEM DO COMPONENTE/MATERIAL ALTERNATIVO
------	---

Transistor TIP 35C

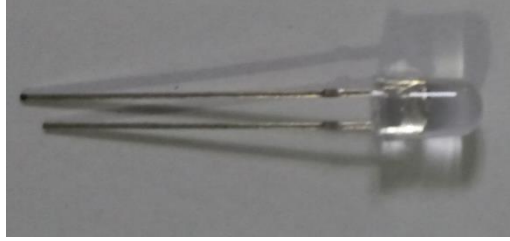


Fonte 12V/1,5 A

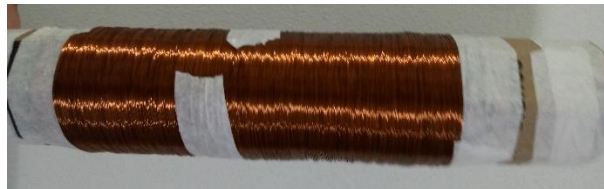


Pode ser substituída por carregado de celular.

Led



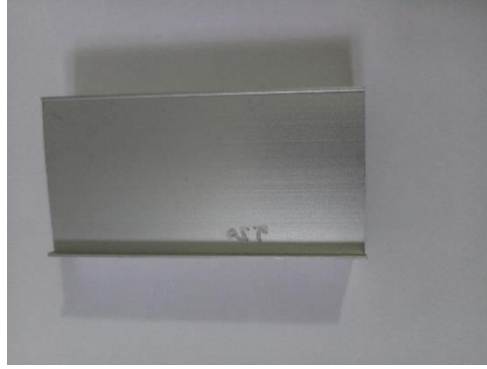
Chave de on/off

Fio esmaltado
(AWG 30)Base MDF (30x 30
cm)

Pode ser substituída por uma base de madeira
de pinho.

4 m de fio flexível
de cores distintasResistor de 470 Ω 

Dissipador de calor



Pedaço de alumínio onde o transistor vai ficar colado.

Fita adesiva(durex)

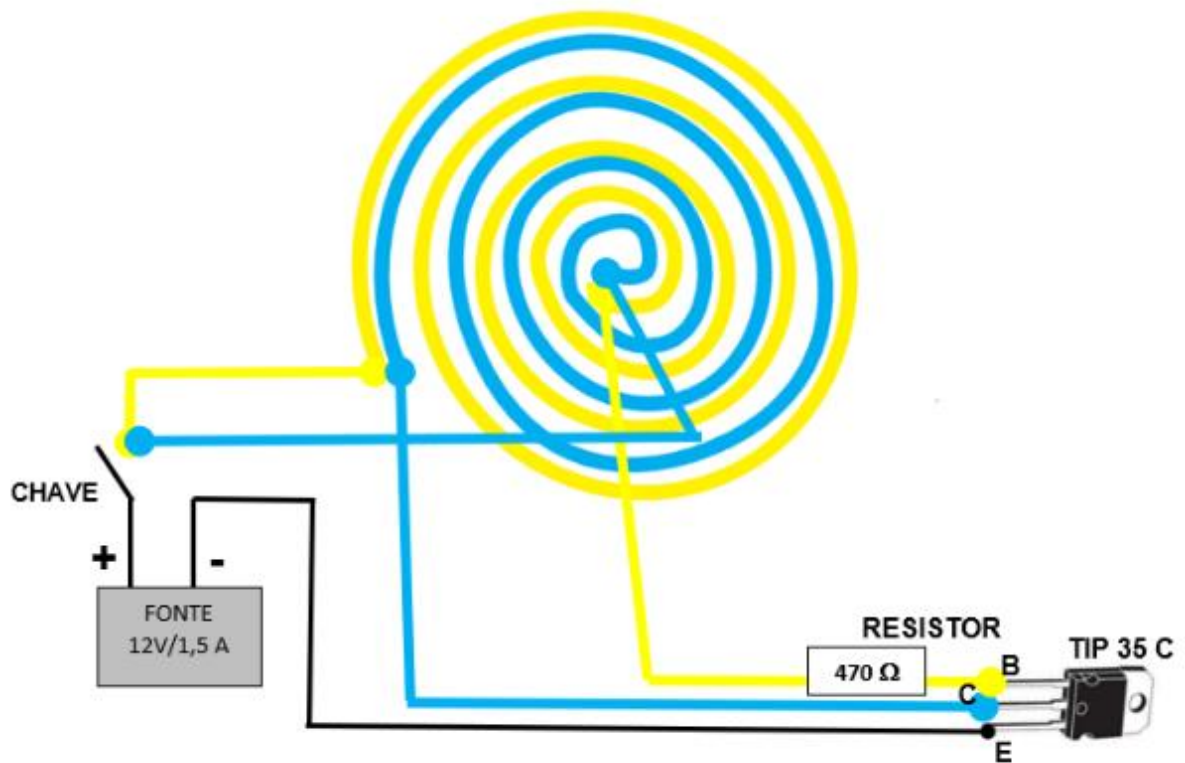


Ferro de solda

Solda elétrica

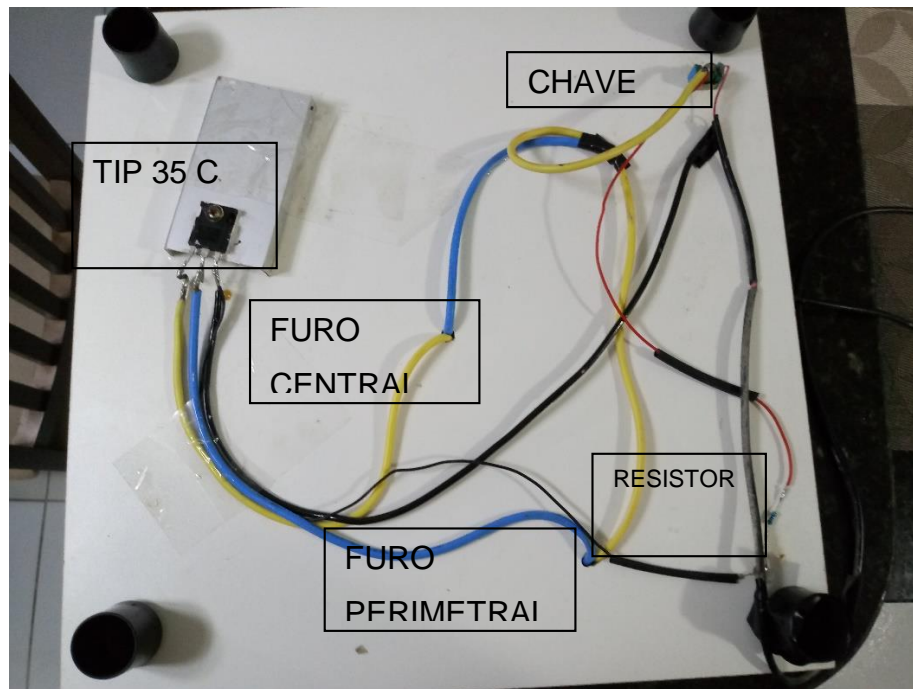
ESQUEMA ELÉTRICO

O esquema elétrico do experimento vai der o seguinte.

Imagem 1 – Esquema elétrico

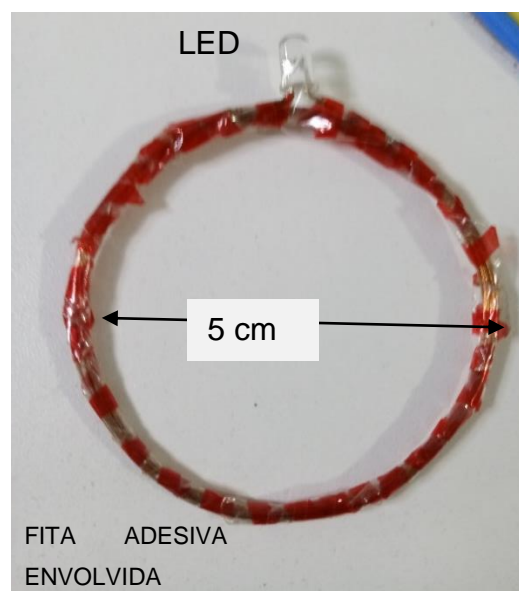
O espiral vai ser composto por dois fios de cores diferentes (azul e vermelho), os fios vão ser enrolados, fazendo no total 18 voltas. Na tábua de madeira faz-se um furo central e outro perimetral, os fios irão para a parte de baixo, onde irão se realizar as ligações de acordo com o esquema elétrico. A parte de trás vai ficar da seguinte forma (foto 1).

Foto 1 – esquema da parte de trás



A espira circular com LED é feita com 25 voltas de fio (AWG 30) esmaltado, o diâmetro é de 5 cm e o LED é soldado nas extremidades (não esqueça de raspar o esmalte antes de soldar). Veja como fica na foto 2 abaixo:

Foto 2 – esquema da espira



APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DO 4º ENCONTRO

Aluno(a): _____

Turma: _____

CONTÉUDO: INDUÇÃO ELETROMAGÉTICA

1) Observando o equipamento que você recebeu do professor, o que você pode afirmar sobre a sua estrutura e componentes que o formam?

2) Na espira existe alguma fonte de energia elétrica (bateria, pilha ou carregador)?

3) O que acontece com o LED quando você a coloca sobre a base de espira? E quando você coloca a espira ao lado da base?

4) Aproxime a espira da base de maior de espiras rapidamente, e registre o que acontece abaixo?

5) O que você acha que pode ter ocorrido para fazer com que o LED viesse ascender?

6) Como você acha que foi isso? Explique de acordo com os tópicos abordados nos encontros anteriores.

7) O que acontece com a lâmpada que você para de movimentar a espira? Qual a sua explicação para o fato?

8) Diante do que foi observado durante a experimentação, faça um relato descrevendo como funciona o experimento e o fenômeno ocorrido.

APÊNDICE E – O PRODUTO EDUCACIONAL

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

PAULO HENRIQUE PEREIRA DE MELO

**PRODUTO EDUCACIONAL
O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA PARA O
ESTUDO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

CAMPINA GRANDE

2021

PAULO HENRIQUE PEREIRA DE MELO

**O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA PARA O
ESTUDO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

Trabalho de Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - (MNPEF) da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física..

Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador: Prof. Dr. Heron Neves de Freitas

CAMPINA GRANDE

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo êxito alcançado no curso de mestrado e pela sua maestra orientação durante todo percurso da minha vida.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), a SBF (Sociedade Brasileira de Física) e Coordenação do MNPEF (Mestrado Nacional e Profissional em Ensino de Física), pela criação e manutenção deste mestrado, sem eles esse sonho não seria possível.

Ao meu professor e orientador, HERON NEVES DE FREITAS, por além de ter exercido seu papel enquanto professor neste curso de mestrado, orientou-me, sempre se mostrando disponível com sugestões, conselheiro nas decisões e esclarecimentos sobre qualquer aspecto desse trabalho.

A todos que compõem o corpo docente do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UEPB pela contribuição na minha formação ao longo do meu curso.

A toda minha família, pela força e apoio nos momentos difíceis.

SUMÁRIO

1. O PRODUTO EDUCACIONAL.....	100
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	101
1º ENCONTRO.....	101
2º ENCONTRO	105
3º ENCONTRO	107
4º ENCONTRO	111
2. UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA NUMA SALA VIRTUAL VIA PLATAFORMA.....	118
3. TUTORIAL PARA A CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	118
4. APÊNDICES	119
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 1º ENCONTRO	119
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 3º ENCONTRO.....	121
APÊNDICE C – TUTORIAL DE MONTAGEM DO EXPERIMENTO DO 4º ENCONTRO	123
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DO 4º ENCONTRO.....	128
5. ANEXOS.....	130
ANEXO I - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 2º ENCONTRO	130

1. O PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional desta pesquisa se refere a uma sequência didática, estruturada nos três momentos pedagógicos, e uma abordagem problematizadora para o ensino de indução eletromagnética em turmas do Ensino Médio. Além da sequência didática, o produto também contempla um tutorial de montagem e confecção de experimentos relacionados ao eletromagnetismo, que possibilita ao educador a elaboração de atividades experimentais que servirão como elementos facilitadores no ensino da indução eletromagnética.

A sequência didática é constituída de cinco encontros, onde durante os três primeiros encontros, o professor irá expor o problema a ser resolvido e assim realizar a organização dos conhecimentos utilizando experimentos e incentivando os alunos através de perguntas destacadas na sequência. No momento inicial do quarto encontro ocorrerá uma atividade experimental, onde os alunos vão poder interagir com o experimento e através do que foi trabalhado nos encontros anteriores, fundamentar seu pensamento e conseguir solucionar o problema proposto no primeiro encontro.

O tutorial consiste num vídeo-roteiro contendo o passo a passo da montagem e construção da atividade experimental 3, onde irei mostrar como construir um experimento de indução eletromagnética que irá ser utilizado no quarto encontro da sequência didática.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

TEMA: Campo magnético e força magnética.

OBJETIVO: Compreender os conceitos, leis e teorias do magnetismo de forma contextualizada e investigativa possibilitando o desenvolvimento da parte cognitiva do(a) aluno(a), levando-o(a) a um nível de compreensão dos fenômenos físicos associados ao magnetismo, bem como o aumento do grau de criticidade e ideias de modelo, permitindo-lhes compreender os diversos fatores e grandezas envolvidas no fenômeno.

JUSTIFICATIVA: No ensino de Física as intervenções e objetivos traçados buscam dar oportunidades para que o aluno, ao concluir o ensino médio, tenha conseguido desenvolver habilidades que lhe permita usar conceitos, montar justificativas e utilizar instrumentos capazes de fornecer-lhe condições de interpretar o mundo científico e tecnológico do qual se encontra inserido.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública de João Pessoa (EEEFM Dr. João Navarro Filho) e uma Escola da Rede Particular (Colégio IE).

DURAÇÃO: 5 encontros de 90 minutos.

CONTEÚDO: Durante as aulas serão abordados assuntos referentes ao magnetismo, desde atividades experimentais a realização de atividades avaliativas. Os tópicos abordados são: Causas e interações do magnetismo, o campo magnético gerado por ímãs e por corrente elétrica, a indução eletromagnética e as aplicações da indução eletromagnética.

1º ENCONTRO

TEMA: Campo magnético: natureza, efeitos e aplicações.

OBJETIVOS: Compreender o conceito de campo magnético e identificar algumas de suas interações na matéria.

RECURSOS INSTRUCIONAIS: Aula dialogada, discussões e atividades em grupo.

PROBLEMA: O que é campo magnético e quais são suas interações com a matéria?

MOTIVAÇÃO: Construção e análise de interações de força entre dois ímãs.

TEMPO ESTIMADO PARA A AULA: 90 min (duas aulas de 45 min).

DESENVOLVIMENTO: Inicialmente, o professor irá apresentar aos alunos um motor de brinquedo elétrico e ao conectar uma pilha AA, irá mostrar o funcionamento do mesmo através da corrente elétrica fornecida pelo gerador (pilha). Em seguida, a pilha vai ser substituída por um LED, que após o giro do eixo do motor, passará a emitir luz. Neste momento o professor deve levantar questões relacionadas tanto ao funcionamento do motor, como a emissão de luz do LED. Vejamos como podemos instigar aos alunos a pensar:

- O que podemos observar após conectar o motor na pilha? Quais os tipos de energia relacionadas ao funcionamento?

- Você acha que é possível realizar o experimento de forma inversa?

É neste momento que o professor passará a incentivar aos alunos a formarem uma linha de raciocínio, podendo levantar mais questionamentos. Como por exemplo:

- Você já viu a parte interna de um motor desse tipo? Do que você acha que é feito o motor?

Após o levantamento das questões, o professor vai direcionar a aula para um novo momento, onde passará a guiar os alunos numa prática experimental.

Para poder trabalhar o tema é necessário analisar quais são os conhecimentos prévios que os alunos possuem relacionados ao eletromagnetismo. Para isso, nesta parte da aula (do encontro) ocorrerá a entrega de um kit experimental que é composto pelos componentes listados abaixo:

Materiais utilizados no kit

- 2 ímãs de neodímio ou até mesmo pedaços de ímãs de alto-falante;
- 2 ímãs de geladeira;
- 4 moedas;
- Pedaços de barras de alumínio;
- Dois fones de alto-falante;
- Papel A4;
- Lápis grafite;

- Borracha.

Neste momento da aula poderão, por exemplo, ser levantados os seguintes questionamentos:

- Vocês conhecem algum objeto que atrai o outro (tipo puxa), ou até mesmo repele (tipo empurra)?

Neste momento podemos esperar como resposta deles:

- O ímã, professor.

Daí então você realiza uma outra pergunta:

- Do que você acha que é feito os ímãs?

- Vocês conhecem outros tipos de dispositivos ao qual encontramos ímãs?

- Por que os fones de ouvido se atraem quando colocados juntos? (Atenção! Nem todos os fones de ouvido observamos este efeito, no tipo auricular de celulares não dá para perceber este efeito).

Os questionamentos realizados servirão para incentivar as discussões, auxiliar o professor na organização de conhecimento dos alunos e como base na consolidação dos conhecimentos discutidos. É indispensável que seja dado aos alunos um certo grau de liberdade para que se sintam à vontade para tentarem responder às perguntas feitas. Após a problematização, um outro momento se faz necessário para organizar o conhecimento que os alunos estão adquirindo/construindo/compartilhando. Para isso, o professor pedirá que os alunos realizem a Proposta Experimental 1 detalhada abaixo.

A Proposta Experimental 1 aqui apresentada para ser trabalhada, consiste na construção e análise das interações que ocorrem entre ímãs, onde os alunos irão mostrar através de representações gráficas como eles entendem e visualizam o campo magnético. Esse momento será realizado durante as observações da atividade experimental e durante a resolução do questionário avaliativo nos 25 minutos finais.

PROPOSTA EXPERIMENTAL 1

Experimento: Construção de um modelo de linhas de campo magnético e força magnética.

O procedimento experimental é o seguinte:

Distribui-se aos grupos o Kit;

Pede-se que, com os materiais recebidos, os alunos organizem o material de forma separada, um dos outros nas suas mesas, para evitar inicialmente a atração ou repulsão dos materiais. Após a organização, o professor vai intermediar os alunos na realização da prática e solicitar que realizem anotações dos fenômenos observados.

1) Vocês podem observar que temos na mesa dois pedaços de metais pesados e de cor prateada, segurem os pedaços de metais e tentem aproximar um do outro, o que vocês conseguem perceber? Existe algum tipo de interação entre os objetos, descrevam na folha A4 e realizem suas anotações.

2) Nesse momento peguem esse ímã de geladeira e aproximem do ímã de neodímio? O que vocês podem observar? Existe algum tipo de interação? Anotem na folha de A4 o que você pode observar e constatar.

3) Agora, de posse das moedas que se encontram na mesa, aproxime o ímã de neodímio da moeda e logo depois aproxime a moeda do ímã de geladeira. O que você observou? Existe alguma diferença entre esses dois passos do procedimento? Realizem duas observações e anotem o que foi constatado.

4) Turma, vocês já tentaram mudar a posição relativas dos ímãs? Tentem aproximar os ímãs de posições diferentes com bastante cuidado e relatem o ocorrido na folha de A4. Como você acha que podemos descrever essa interação utilizando setas para indicar o comportamento?

Após a atividade experimental, torna-se necessário a aplicação de um questionário avaliativo que visa alinhar os conhecimentos absorvidos durante a prática experimental e fixar tudo que foi discutido no encontro.

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – O questionário avaliativo se encontra no **APÊNDICE A**

PERÍODO DE APLICAÇÃO: O professor deve aplicar nos últimos 25 minutos finais do encontro o questionário avaliativo, durante a aplicação é recomendado que o professor solicite aos alunos a leitura de suas anotações durante a prática experimental, para que possam observar a importância de seus relatos durante a atividade.

2º ENCONTRO

TEMA: Visualizando o campo magnético.

OBJETIVOS: Compreender o formato e interação do campo magnético através de um experimento do visualizador de campos.

RECURSOS INSTRUCIONAIS: Aula dialogada, discussões, atividades em grupo e prática experimental.

PROBLEMA: Qual o motivo do alinhamento do pó de fita magnética?

MOTIVAÇÃO: Modelação e formato de um campo magnético.

TEMPO ESTIMADO PARA A AULA: 90 min (duas aulas de 45 min).

DESENVOLVIMENTO: Inicialmente, o professor apresentará aos alunos os objetivos da aula e, então, organizar as cadeiras da sala em formato de círculo e colocar uma mesa no centro da sala com o experimento. O professor irá fazer a demonstração do experimento, fazendo o manuseio da garrafa, colocando o ímã em contato com a superfície de vidro e mostrando as posições entre o ímã e a garrafa ao qual consegue-se observar efeitos mais visíveis. Num segundo momento o professor irá pedir para que os alunos façam o manuseio pessoalmente e anotem as suas observações. Neste momento da aula, por exemplo, o professor pode levantar questionamentos referente ao experimento, buscando a todo momento incentivar aos alunos organizarem o conhecimento:

- O que se encontra dentro da garrafa?
- O que é esse pó preto?
- Do que é feito esse pó preto?
- Que tipo de líquido é esse?

Após a etapa de observações, anotações e questionamentos, o professor irá solicitar para que os alunos façam uma comparação entre o que foi observado na Proposta Experimental 1 e o que foi discutido e observado nesta Proposta Experimental 2.

PROPOSTA EXPERIMENTAL 2: De posse de uma garrafa de vidro cheia de uma solução aquosa de xarope de glucose e pó de fita magnética, iremos aproximar um ímã e observar a formação das linhas de campo magnético, de acordo com a imagem 1. É possível

encontrar um vídeo sobre a montagem do experimento no link:
<https://www.youtube.com/watch?v=E0fWYJKGoLs>

Imagem 1 – Interação entre o visualizador de campo e o ímã



Fonte: *print* do vídeo

Após a realização da atividade experimental 2, e das questões levantadas durante o processo de problematização, os alunos irão fazer um questionário avaliativo, que envolve os conceitos abordados. O objetivo do questionário é ajudar no processo de organização de conhecimento até chegarmos ao quarto encontro.

AVALIAÇÃO: Os alunos irão responder a um questionário sobre as linhas de campo magnético. O questionário se encontra no ANEXO II.

3º ENCONTRO

TEMA: O magnetismo e a eletricidade.

OBJETIVOS: Conhecer um pouco da história do eletromagnetismo com o experimento de Oersted, percebendo que (fluxo de corrente elétrica gera campo magnético) e saber direcionar o sentido do campo magnético com a regra da mão direita.

RECURSOS INSTRUCIONAIS: Aula dialogada, discussões, atividades em grupo e prática experimental.

PROBLEMA: Qual o motivo da deflexão da agulha da bússola ao ligarmos a chave?

MOTIVAÇÃO: As interações existentes entre o magnetismo e a eletricidade.

TEMPO ESTIMADO PARA A AULA: 90 min (duas aulas de 45 min).

DESENVOLVIMENTO: Inicialmente, o professor apresentará aos alunos os objetivos da aula e, então, organizar as cadeiras da sala em formato de círculo e colocar uma mesa no centro da sala com o experimento. De início, o professor irá apresentar cada elemento que constitui o experimento a ser realizado e irá pedir para que os alunos realizem anotações sobre a constituição dos mesmos, de forma a expressarem o tipo e de que é feito esses elementos.

O professor deve começar a apresentação dos materiais do experimento, partindo do que conhecem.

- 1) A bússola – Ao apresentar a bússola aos alunos o professor deve instigar aos alunos a conhecerem a bússola e analisar a sua estrutura, para isso, nessa fase que antecede a Prática Experimental 3, deve-se instigar os alunos a analisarem e incentivá-los realizando perguntas do tipo:
 - Vocês já utilizaram uma bússola?
 - Para que utilizamos uma bússola?
 - Qual o motivo da orientação do ponteiro da bússola?
 - Quais os materiais que compõe uma bússola e de que são compostos? O ponteiro pode ser feito de qualquer material? E o corpo as bússola?

2) O ímã – Um objeto já trabalhado nos encontros anteriores, no entanto é preciso sempre levantar questionamentos referente a sua composição e o tipo de interação, para que as questões sirvam como objeto de aprendizagem. Por exemplo:

- Que tipo de material é formado o ímã?
- Você acha que os diferentes tipos de ímãs podem diferenciar nos experimentos?

3) Fio metálico (condutor) - Ao apresentar o fio, devemos citar que ele deve ser metálico, no entanto devemos sempre procurar realizar questões, pois com elas os alunos passarão a utilizá-las como base de organização de conhecimento. Por exemplo:

- Quais os tipos de material que podem ser utilizados para produzir um fio?
- Você acha que esse fio é um bom condutor elétrico ou um mal condutor?

Esperar os alunos responderem e elaborarem explicações que justifique seu uso.

4) Fonte de energia elétrica – Vamos apresentar a fonte de energia, onde iremos mostrar as suas especificações de funcionamento e qual o objetivo de utilizar uma fonte de corrente elétrica.

Após a apresentação, o professor irá fazer a demonstração do experimento, conforme descrito a seguir.

PROPOSTA EXPERIMENTAL 3:

Inicialmente com o aparato desligado, pede-se que os alunos observem e discutam entre si, sobre a estrutura inicial da montagem experimental. Para isso é sugerido as seguintes questões:

- Qual o formato do fio da montagem experimental?
- Como se encontra posição do ponteiro da bússola? O ponteiro sofre algum desvio?

Logo depois, o professor de posse do ímã aproxima o mesmo da bússola (sem contato) e orienta aos alunos a observarem o ocorrido, discutam entre si trocando ideias e realizem anotações referente ao que foi observado durante o experimento. Num segundo momento do encontro, o professor liga a fonte na rede elétrica e aproxima o fio metálico em forma de espira da bússola. E a partir do observado levanta novas questões para auxiliar os alunos na interpretação e organização de conhecimento.

- O que ocorreu com a ponteiro da bússola?
- Qual a relação existente entre o fio conectado na fonte e o ímã?

- Que tipo de interação surgiu no fio após a passagem da corrente elétrica no fio?

Realizados os questionamentos, sempre reforçar que os alunos devem anotar suas observações, relatem as ideias discutidas e as possíveis explicações. A montagem experimental sugerida nesse encontro possui o seguinte esquema destacado na imagem 2 abaixo:

Imagem 2 – O experimento de Oersted (espira sem a passagem da corrente)



Fonte: autor

Sobre os materiais que devem ser utilizados na elaboração da Montagem Experimental 3, temos abaixo uma lista com os itens:

Materiais utilizados no experimento

- 30 cm de fio rígido de cobre;
- Fonte 12V/1,5 A;
- Conector de fonte (fêmea);
- 1 bússola;
- 1 folha de A4 branca;
- 1 pilha AA de 1,5 V;
- 1 ímã.

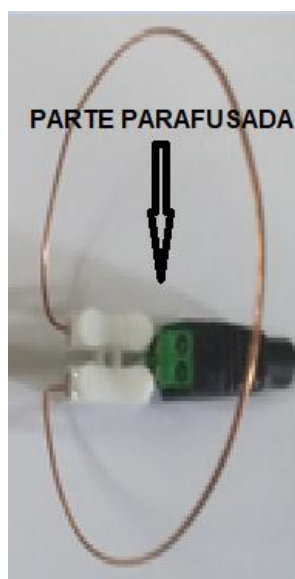
A seguir temos uma orientação da montagem realizada do experimento 3, foi organizado uma sequência de passos que podem mudar de acordo com a sua montagem.

Confecção e realização do experimento

- 1) Com o pedaço de fio rígido, descasque o fio e faça uma espira de tamanho aproximado de 3 cm de raio.

- 2) Conecte as extremidades da espira no conector fêmea, na parte que é parafusada (ver a imagem 3).

Imagem 3: Conexão dos terminais da espira



- 3) Pegue a bússola e faça-a passar por dentro da espira.
 4) Ligue a fonte na rede elétrica.
 5) Coloque uma folha de A4 na parte de baixo da espira/bússola, registre a posição do ponteiro antes e após ligar a corrente elétrica e registre a posição do ponteiro. Verificar a imagem 4 abaixo:

Imagem 4 – O experimento de Oersted (espira com a passagem da corrente)



Fonte: autor

AVALIAÇÃO: Os alunos irão seguir um roteiro do Procedimento Experimental 3 que se encontra no **APÊNDICE B**, este roteiro irá guiá-los durante a realização do experimento. O

roteiro é composto por questões que irão guiá-los no experimento, as questões fazem parte da organização do conhecimento e antecede o quarto encontro, onde iremos realizar a aplicação do conhecimento que foi organizado durante os três encontros.

4º ENCONTRO

TEMA: A indução da corrente elétrica em espiras.

OBJETIVOS: Compreender a relação existente entre o ímã e o seu movimento relativo entre uma bobina.

RECURSOS INSTRUCIONAIS: Aula dialogada, discussões, atividades em grupo e prática experimental.

PROBLEMA: Como fazer para acender o LED?

MOTIVAÇÃO: A transmissão de energia sem usar fios.

TEMPO ESTIMADO PARA A AULA: 90 min (duas aulas de 45 min).

DESENVOLVIMENTO: Inicialmente, o professor apresentará aos alunos os objetivos da aula e, então, dividir a turma em 3 grupos. O grupo vai receber uma espira com LED conectado, uma folha questionário e vai ter acesso a base de espira para realizar o experimento e responder a folha questionário (**APÊNDICE D**).

O professor irá pedir para que os alunos identifiquem os elementos utilizados no experimento (fios, conectores, fonte elétrica, LED, base de madeira e espiras circulares), neste momento o professor problematizará com as questões que seguem, com o intuito de interligar a discussão com o que aconteceu nos encontros anteriores.

- As espiras metálicas observadas neste experimento possuem alguma semelhança com o experimento utilizado no encontro anterior?

- Qual a natureza da interação iremos observar nesta situação?

- Qual a semelhança deste experimento com o anterior?

- Existe alguma fonte de energia elétrica nesse experimento? Existe alguma diferença nessas fontes?

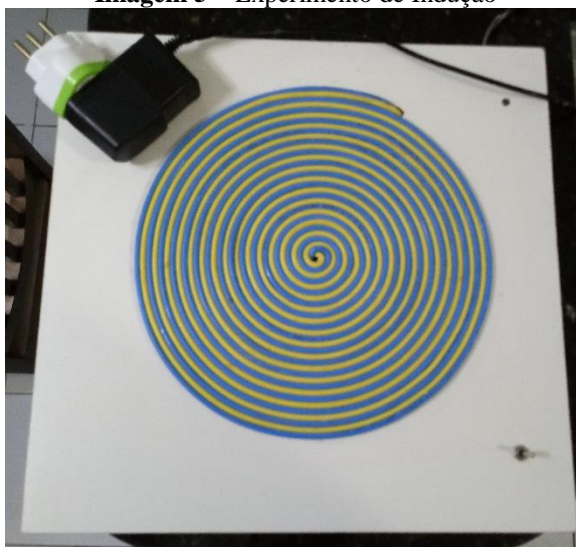
Logo após os questionamentos levantados, os alunos irão realizar a Proposta Experimental 4 em grupo e de posse dos questionários do **APÊNDICE D** desenvolverão atividades vinculadas ao experimento proposto e tópico abordado.

PROPOSTA EXPERIMENTAL 4:

O professor vai demonstrar o aparecimento de uma corrente elétrica induzida na espira de um condutor, onde a corrente elétrica vai acender um LED (Foto 6).

O experimento consiste numa estrutura composta por componentes eletrônicos, onde o professor vai solicitar aos alunos que realizem um movimento de aproximação e afastamento, entre as espiras pequenas e a espira maior. O *layout* do experimento se encontra em destaque na imagem 5.

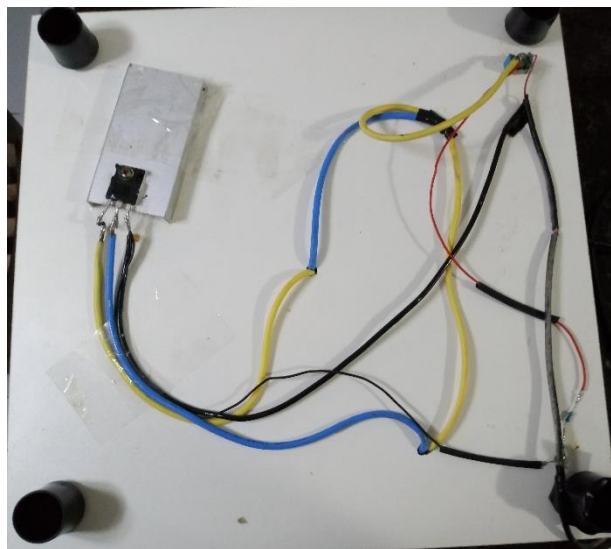
Imagem 5 – Experimento de Indução



Fonte: autor

Na imagem 6 encontramos o *layout* da parte de trás do equipamento. Este experimento vai exigir uma habilidade do professor, no que se diz respeito a mexer com ferramentas.

Imagem 6 – Estrutura de trás do experimento



Fonte: autor

Na imagem 7 abaixo encontramos a estrutura da espira montada e conectada ao LED. Este equipamento é fundamental para a realização da Atividade Experimental 4.

Imagem 7 – Espira pequena com lâmpada LED



Fonte: autor

O **TUTORIAL** de montagem se encontra no **APÊNDICE C**.

AVALIAÇÃO: Diante do que foi exposto no Procedimento Experimental 4, e após a realização das observações feitas pelos alunos, o professor vai solicitar que os alunos façam um relato do que foi observado durante a experimentação. O objetivo do relato é avaliar como os

alunos interpretaram o fenômeno da indução eletromagnética e auxiliá-los na parte de aplicação do conhecimento.

5º ENCONTRO

TEMA: A indução eletromagnética

OBJETIVOS: Compreender o fenômeno que origina a corrente elétrica e identificar tecnologias associadas ao fenômeno.

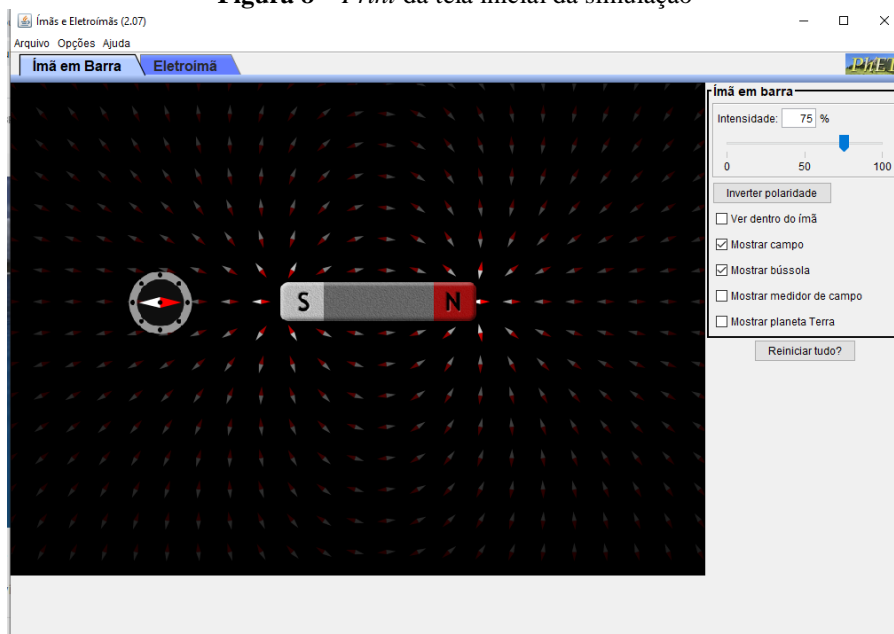
TEMPO ESTIMADO PARA A AULA: 90 min (duas aulas de 45 min).

DESENVOLVIMENTO: Inicialmente, o professor vai reunir a turma em um único grupo, diante da organização o professor vai explicar o fenômeno da indução eletromagnética e fazer uma rápida explanação sobre a Lei de Faraday. Durante a explicação o professor vai utilizar as animações que se encontram no simulador PHET.

Animação 1 – ímãs e bússolas¹²

A figura 8 a seguir é um *print* da tela inicial da simulação encontrada no endereço acima.

Figura 8 – Print da tela inicial da simulação

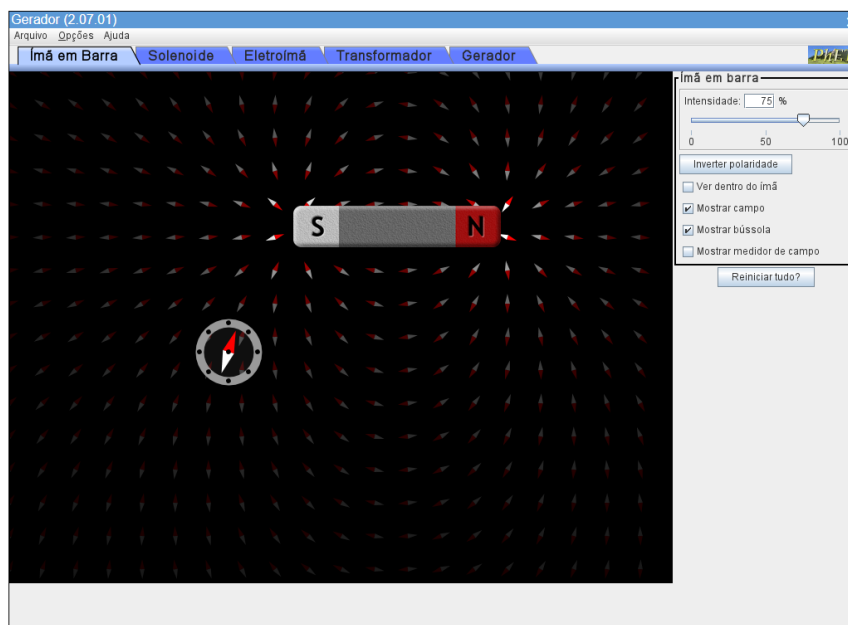


Fonte: *Print* da tela inicial do programa

¹² https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets

Na tela inicial da simulação o professor vai encontrar a sua disposição um ímã e uma bússola que podem ser movidas com o auxílio do *mouse*. Observe que à medida que se move o ímã as configurações de campo nas regiões são alteradas, o mesmo ocorre para a direção do ponteiro da bússola, caso ela seja mexida, observe o ocorrido na figura 9.

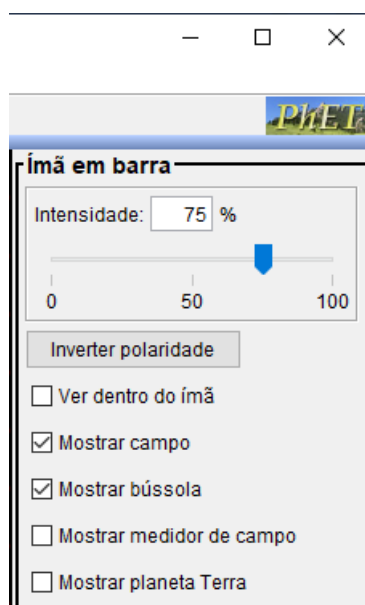
Figura 9 – *Print* da tela inicial da simulação



Fonte: *Print* da tela inicial do programa

Ao lado direito, na parte superior, o professor pode escolher as seguintes opções num painel de seleção de acordo com a figura 10:

- 1) **Ver dentro do ímã** – aparece o comportamento do campo magnético dentro do ímã.
- 2) **Mostrar campo** – aparece as linhas de campo na região escura da tela.
- 3) **Mostrar bússola** – ao desmarcar a bússola some da tela.
- 4) **Mostrar medidor de campo** – aparece na tela um medidor que permite observar a intensidade do vetor campo e a medida de suas componentes X e Y.
- 5) **Mostrar planeta Terra** – aparece em torno do ímã o planeta Terra.

Figura 10 – *Print* da tela inicial da simulação

Fonte: *Print* da tela inicial do programa

O acesso aos recursos dessa simulação é de simples manuseio, o que permite ao aluno visualizar claramente o fenômeno estudado.

Nesta animação¹³ o professor irá demonstrar o campo magnético de forma espacial, onde os alunos irão observar o comportamento das linhas de campo e poderão fazer uma demonstração virtual das linhas de campo magnético da Terra. Neste momento encontramos uma boa oportunidade para realizar comparações entre os experimentos realizados em sala e a simulação observada no computador.

Animação 2 – Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday¹⁴

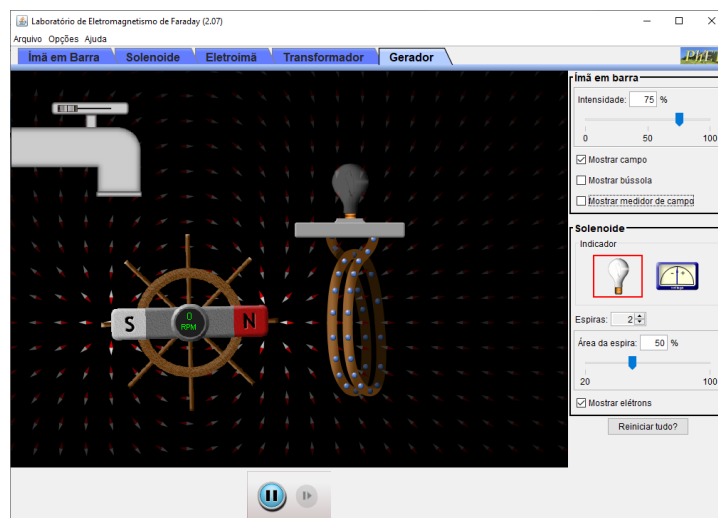
Nesta animação o professor irá demonstrar como a variação do fluxo de campo magnético induz uma corrente elétrica na espira ou bobina. A página inicial da simulação possui cinco abas superiores, o professor vai selecionar a aba **GERADOR** e logo em seguida vai aparecer na tela uma bússola, uma torneira com ajuste de fluxo, um ímã preso a um modelo de roda d'água e uma bobina ligada a uma lâmpada. Do lado superior encontramos um painel de igual instrumentação da animação 1 do tópico anterior e logo abaixo encontramos indicadores

¹³ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets

¹⁴ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday

de corrente elétrica que pode ser uma lâmpada ou voltímetro. Podemos observar a disposição dos itens de acordo com a figura 11.

Figura 11 – *Print* da tela inicial da simulação de laboratório da Lei de Faraday



Fonte: *Print* da tela inicial do programa

Para iniciar a simulação o professor deve usar o cursor do *mouse* e mexer lateralmente num botão que fica na borboleta da torneira, isso irá aumentar o fluxo de água que faz girar a roda. Com o movimento do ímã, o campo magnético na região irá variar também, provocando uma variação no fluxo magnético, induzindo uma f.e.m. na bobina que acende a lâmpada. Observe que à medida que altera o fluxo de água, o movimento das bolinhas (representação dos elétrons) é maior ou menor, indicando que a corrente alterna tanto de sentido quanto de intensidade.

Num segundo momento, o professor vai reproduzir os mesmos experimentos que foram realizados nos encontros anteriores objetivando realizar um reforço dos tópicos de eletromagnetismo estudados.

AVALIAÇÃO: Diante da demonstração das animações do simulador PHET realizadas pelo professor durante o quinto encontro, é perceptível que os recursos do simulador permitam uma maior interpretação dos fenômenos observados. Neste momento, o professor vai pedir para que o aluno faça um relato da aula onde fora utilizada a simulação, sempre procurando relacionar as características de uma prática experimental com a disponibilização de um experimento em sala ou laboratório e do uso de animações virtuais no computador.

2. UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA NUMA SALA VIRTUAL VIA PLATAFORMA

Diante das evoluções trazidas pela tecnologia, e dos mais diversos recursos destinados e desenvolvidos para realização de encontro de pessoas em ambiente virtual de ensino, foi desenvolvida uma adaptação da sequência didática do item anterior. A sequência didática foi construída dentro da mesma estrutura, no entanto o professor vai realizar os experimentos e a todo momento irá levantar os questionamentos de forma problematizadora, buscando sempre extrair dos alunos um maior número de relatos possível.

A ferramenta utilizada foi o *Google forms*, uma ferramenta de uso gratuito da plataforma Google. A ferramenta permite a elaboração de roteiros, questões, simulados e avaliações em ambientes virtuais. O formulário elaborado permite uma rápida coleta de dados, que auxilia numa rápida conferência e correção.

Uma vez adaptada para o uso remoto, estou disponibilizando o *link* dos cinco encontros que foram disponibilizados via *chat* para os alunos:

1. Link - 1º Encontro - <https://forms.gle/jf4z3ZE9UL4b9n2NA>
2. Link - 2º Encontro - <https://forms.gle/xVGUW7C6Akdms8m7>
3. Link - 3º Encontro - <https://forms.gle/NnWuQYsVLq84ghLy6>
4. Link - 4º Encontro - <https://forms.gle/kxbU6CgWD1CszzVK6>
5. Link - 5º Encontro - <https://forms.gle/fxbbooNEEbEN85aSA>

A forma estruturada nos *links* trata-se de apenas um formato ou modelo a ser considerado, o seu modelo terá que ser elaborado para que possa realizar a sua coleta de dados e conferência das informações.

3. TUTORIAL PARA A CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

O *link* abaixo é de um Tutorial que faz parte do Produto Educacional de um projeto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) Polo 48 do mestrando Paulo Henrique Pereira de Melo.

O Tutorial consiste no passo a passo da montagem da Prática Experimental 4, que vai ser utilizada no quarto encontro da Sequência Didática. O experimento é de indução eletromagnética e a lista de materiais utilizados se encontra no **APÊNDICE C** da dissertação.

Link do tutorial: <https://youtu.be/YT8CoeLGJgY>

4. APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 1º ENCONTRO

Aluno(a): _____

Turma: _____

CONTÉUDO: PROPRIEDADES DOS ÍMAS E SUAS INTERAÇÕES

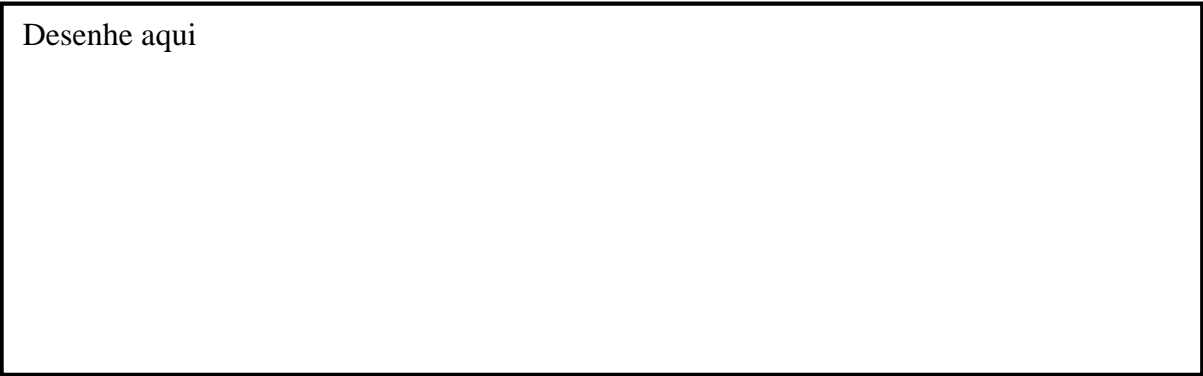
1) Que tipo de interação ocorre ao aproximarmos dois ímãs?

2) Compare a interação que ocorre entre o ímã de neodímio e as moedas, com a interação entre os ímãs de geladeira e as moedas?

3) Sendo o alumínio um tipo de metal, por qual motivo não se observa interações entre os ímãs e o alumínio?

4) Represente através de um desenho, esquema, como você entende ou imagina o campo

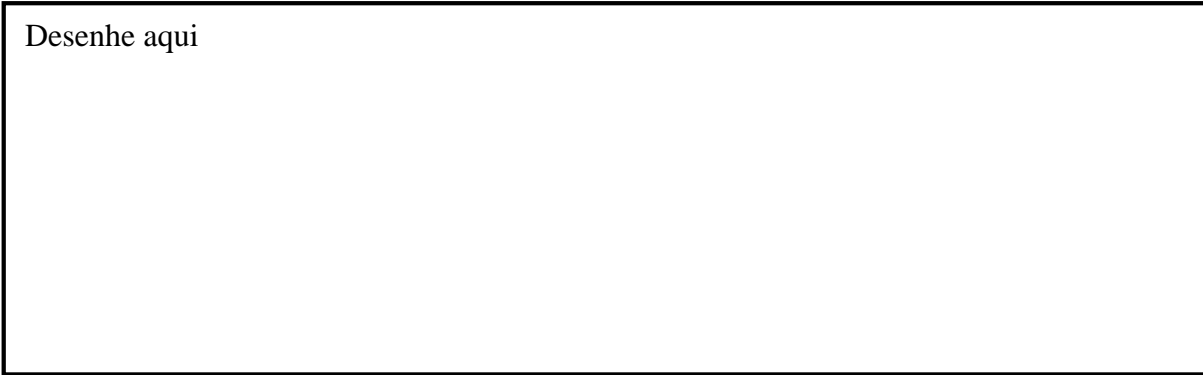
Desenhe aqui



magnético.

5) Com o uso de setas, faça uma representação por meio de desenhos das interações entre os ímãs e os metais.

Desenhe aqui



APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 3º ENCONTRO

Aluno(a): _____

Turma: _____

CONTEÚDO: A CORRENTE ELÉTRICA E O CAMPO MAGNÉTICO

1) Observando a bússola que você recebeu, gire ela no plano horizontal e observe o comportamento da agulha (ponteiro). O que faz a agulha se mexer e orientar?

2) De posse de uma pilha, aproxime a pilha da bússola e verifique o que aconteceu e transcreva o ocorrido abaixo?

3) O que acontece com o ponteiro da agulha quando aproximamos um ímã? Registre com suas palavras uma possível explicação.

4) Agora aproxime a bússola de um pedaço de fio de cobre, O ponteiro da bússola sofreu alguma deflexão? Explique utilizando suas palavras sobre as possíveis causas do efeito observado.

5) Conecte a fonte a rede elétrica e coloque a bússola lentamente no interior da espira, o que é possível observar? Explique utilizando suas palavras sobre as possíveis causas do efeito observado.

6) O que pode ter acontecido de diferente da situação dos itens 3 e 4, mas ao juntarmos os itens da situação 2 e 4, acabamos tendo um resultado similar ao do item 5?

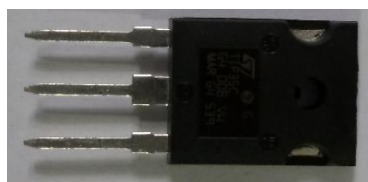
APÊNDICE C – TUTORIAL DE MONTAGEM DO EXPERIMENTO DO 4º ENCONTRO

O experimento do 4º encontro é de certa forma muito importante para a sequência didática e se tornou necessário construir um TUTORIAL separado para poder ter certeza de que nenhuma dúvida ficou sem ser esclarecida.

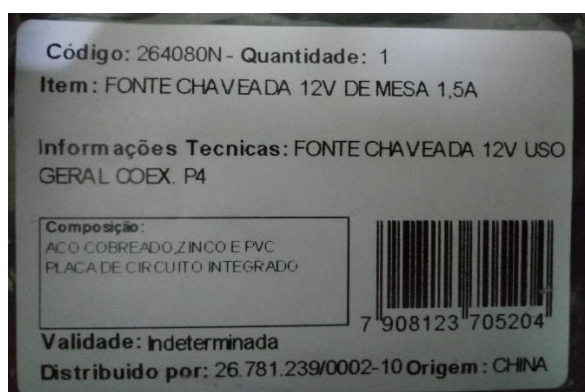
Grande parte do equipamento é encontrado numa loja de eletrônica e possui um custo total aproximado de R\$ 100 (cem reais).

NOME	IMAGEM DO COMPONENTE/MATERIAL ALTERNATIVO
------	---

Transistor TIP 35C

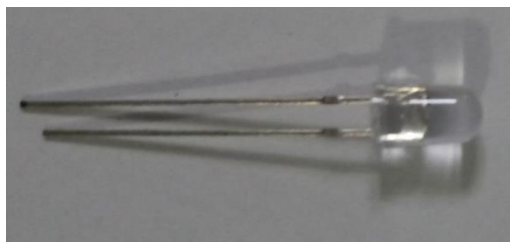


Fonte 12V/1,5 A

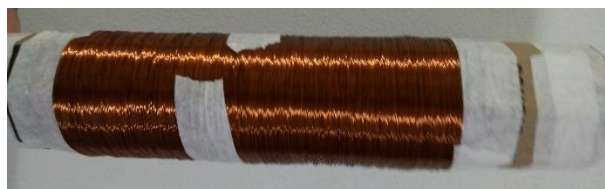


Pode ser substituída por carregador de celular.

Led



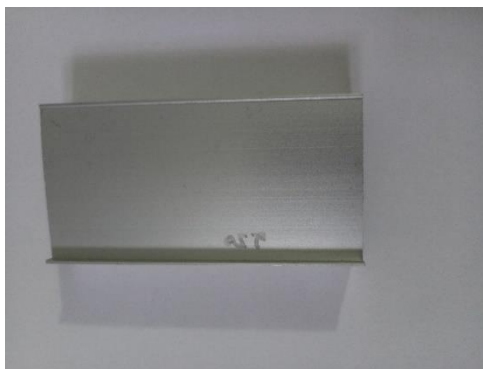
Chave de on/off

Fio esmaltado
(AWG 30)Base MDF (30x 30
cm)

Pode ser substituída por uma base de madeira
de pinho.

4 m de fio flexível
de cores distintasResistor de 470 Ω 

Dissipador de calor



Pedaço de alumínio onde o transistor vai ficar colado.

Fita adesiva
(durex)



Ferro de solda

Solda elétrica

ESQUEMA ELÉTRICO

O esquema elétrico do experimento vai ser o seguinte.

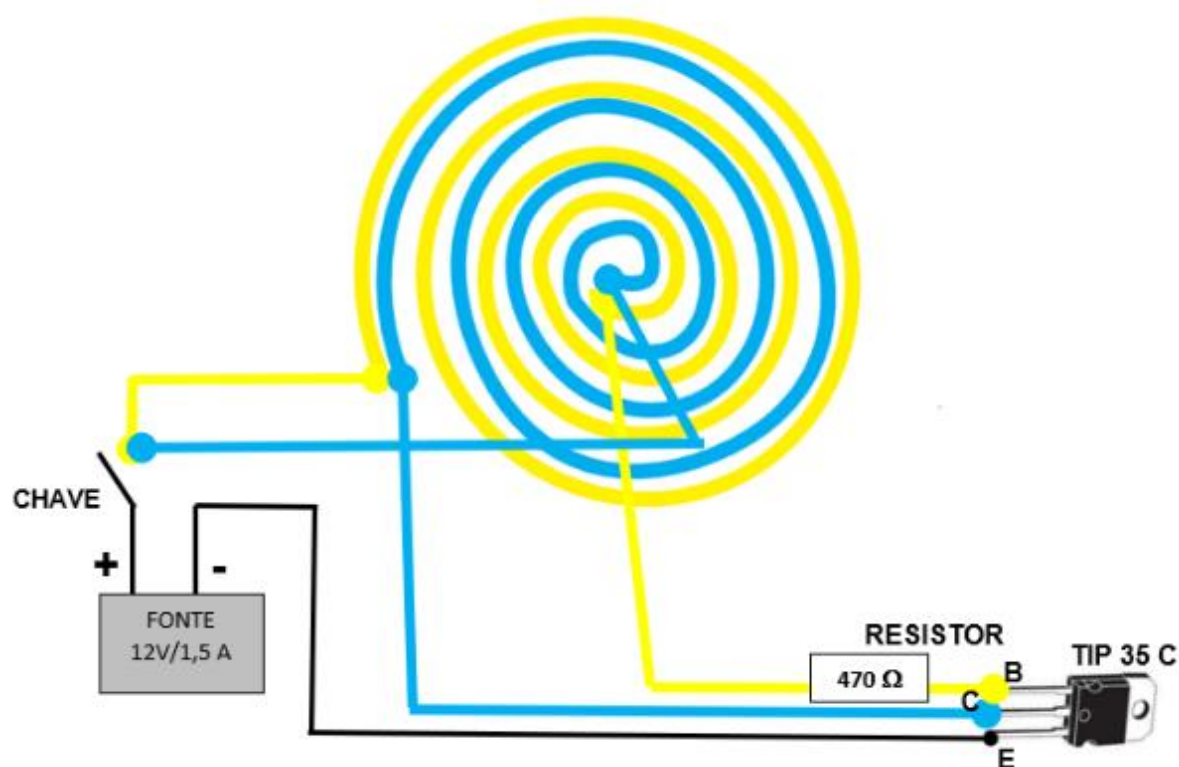
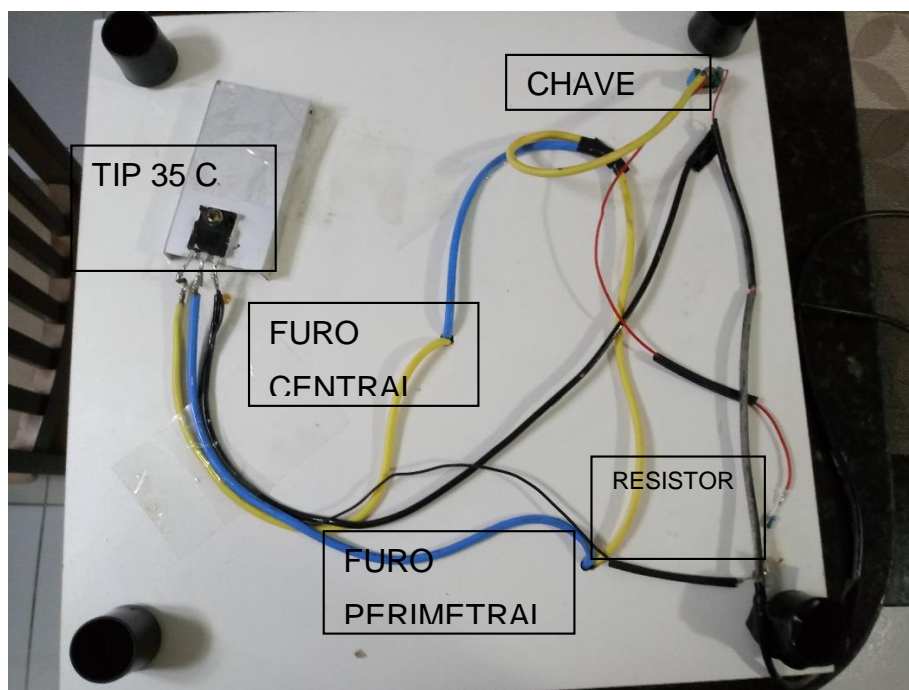
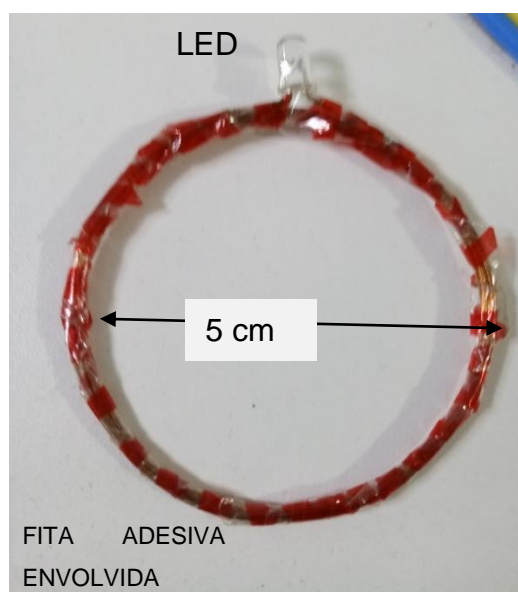


Imagem 1 – Esquema elétrico

O espiral vai ser composto por dois fios de cores diferentes (azul e vermelho), os fios vão ser enrolados, fazendo no total 18 voltas. Na tábua de madeira faz-se um furo central e outro perimetral, os fios irão para a parte de baixo, onde irão se realizar as ligações de acordo com o esquema elétrico. A parte de trás vai ficar da seguinte forma (foto 1).

Foto 1 – Esquema da parte de trás

A espira circular com LED é feita com 25 voltas de fio (AWG 30) esmaltado, o diâmetro é de 5 cm e o LED é soldado nas extremidades (não esqueça de raspar o esmalte antes de soldar). Veja como fica na foto 2 abaixo:

Foto 2 – Esquema da espira

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DO 4º ENCONTRO

Aluno(a): _____

Turma: _____

CONTÉUDO: INDUÇÃO ELETROMAGÉTICA

1) Observando o equipamento que você recebeu do professor, o que você pode afirmar sobre a sua estrutura e componentes que o formam?

2) Na espira existe alguma fonte de energia elétrica (bateria, pilha ou carregador)?

3) O que acontece com o LED quando você a coloca sobre a base de espira? E quando você coloca a espira ao lado da base?

4) Aproxime a espira da base de maior de espiras rapidamente, e registre o que acontece abaixo?

5) O que você acha que pode ter ocorrido para fazer com que o LED viesse ascender?

6) Como você acha que foi isso? Explique de acordo com os tópicos abordados nos encontros anteriores.

7) O que acontece com a lâmpada que você para de movimentar a espira? Qual a sua explicação para o fato?

8) Diante do que foi observado durante a experimentação, faça um relato descrevendo como funciona o experimento e o fenômeno ocorrido.

5. ANEXOS

ANEXO I - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – 2º ENCONTRO

Aluno(a): _____

Turma: _____

CONTÉUDO: LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO

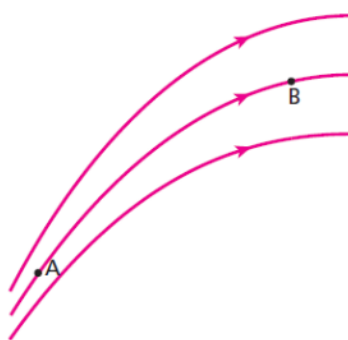
1) De acordo com as propriedades dos ímãs, assinale a assertiva.

- a) Quando temos dois ímãs, podemos afirmar que os polos magnéticos de mesmo nome (norte e norte, ou sul e sul) se atraem.
- b) Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente carregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas negativas e neutras, respectivamente.
- c) Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente descarregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas positivas e negativas, respectivamente.
- d) Quando quebramos um ímã em dois pedaços, os pedaços quebrados são também ímãs, cada um deles tendo dois polos magnéticos (norte e sul).
- e) Quando quebramos um ímã em dois pedaços exatamente iguais, os pedaços quebrados não mais são ímãs, pois um deles conterá apenas o polo norte, enquanto o outro, apenas o polo sul.

2) Uma das características importante das linhas de força de um campo magnético é que elas são sempre:

- a) radiais.
- b) paralelas.
- c) arcos de circunferência.
- d) abertas.
- e) fechadas.

3) A figura representa algumas linhas de indução de um campo magnético:



a) Desenhe na figura o vetor indução magnética nos pontos **A** e **B**.

Em qual desses pontos o campo magnético é mais intenso? Justifique a sua resposta.

4)(UFRN) O estudioso Robert Norman publicou em Londres, em 1581, um livro em que discutia experimentos mostrando que a força que o campo magnético terrestre exerce sobre uma agulha imantada não é horizontal. Essa força tende a alinhar tal agulha às linhas desse campo. Devido a essa propriedade, pode-se construir uma bússola que, além de indicar a direção norte-sul, também indica a inclinação da linha do campo magnético terrestre no local onde a bússola se encontra. Isso é feito, por exemplo, inserindo-se uma agulha



Figura 1

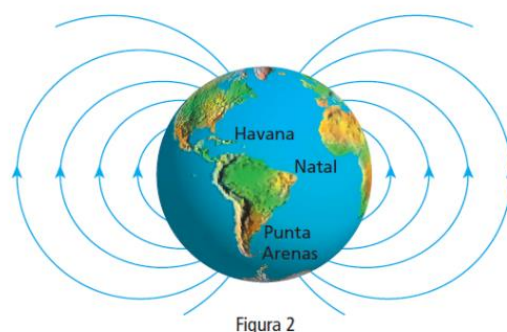


Figura 2

imantada em um material, de modo que o conjunto tenha a mesma densidade que a água e fique em equilíbrio dentro de um copo cheio de água, como esquematizado na figura 1.

A figura 2 representa a Terra e algumas das linhas do campo magnético terrestre. Foram realizadas observações com a referida bússola em três cidades (I, II e III), indicando que o polo norte da agulha formava, **aproximadamente**:

- para a cidade I, um ângulo de 20° em relação à horizontal e apontava para baixo;
- para a cidade II, um ângulo de 75° em relação à horizontal e apontava para cima;
- para a cidade III, um ângulo de 0° e permanecia na horizontal.

A partir dessas informações, pode-se concluir que tais observações foram realizadas, **respectivamente**, nas cidades de:

- a) Punta Arenas (sul do Chile), Natal (nordeste do Brasil) e Havana (noroeste de Cuba).
- b) Punta Arenas (sul do Chile), Havana (noroeste de Cuba) e Natal (nordeste do Brasil).
- c) Havana (noroeste de Cuba), Natal (nordeste do Brasil) e Punta Arenas (sul do Chile).
- d) Havana (noroeste de Cuba), Punta Arenas (sul do Chile) e Natal (nordeste do Brasil).

FONTE DAS QUESTÕES:

VILLAS BÔAS, Newton - Tópicos de física: volume 3 / Gualter José Biscuola, Ricardo Helou Doca, Newton Villas Bôas. —18. ed. — São Paulo : Saraiva, 2012.