



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

IZA MARIA DA SILVA COSTA

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA FÍSICA: LEI DE
FARADAY, ONDAS ESTACIONÁRIAS EM CORDAS.**

CARAÚBAS
2025

IZA MARIA DA SILVA COSTA

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA FÍSICA: LEI DE
FARADAY, ONDAS ESTACIONÁRIAS EM CORDAS.**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, como requisito
para obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e
Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Zenner Silva
Pereira

CARAÚBAS
2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C839e Costa , Iza Maria Da Silva.
Experimentos de baixo custo para o ensino da
física: Lei de Faraday, ondas estacionárias em
cordas. / Iza Maria Da Silva Costa . - 2025.
56 f. : il.

Orientador: Zenner Silva Pereira .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2025.

1. Experimentos de baixo custo . 2. Ensino de
física. 3. Lei de Faraday . 4. Ondas estacionárias
. 5. experimentação. I. Pereira , Zenner Silva,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas

Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues

CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

IZA MARIA DA SILVA COSTA

EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA FÍSICA: LEI DE FARADAY, ONDAS ESTACIONÁRIAS EM CORDAS.

Trabalho de conclusão do curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM 20/03/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Zenner Silva Pereira
Orientador - Presidente

Prof^a. Dr^a. Karla Raphaella Costa Pereira
Examinadora

Prof^a. Dr^a. Ana Tereza de Abreu Lima
Examinadora

Dedico esse trabalho ao meu pai, Francisco Islandio, à minha mãe, Maria Gerdeane, que se mantiveram presente em todos os momentos, sem eles, eu não chegaria aonde cheguei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela determinação, pela força, pela coragem, pela perseverança, por todas as graças alcançadas, por não me deixar fracassar diante dos obstáculos enfrentados.

Agradeço aos meus pais, Francisco Islandio e Maria Gerdeane, por estarem presentes na minha vida, sempre me apoiando e incentivando, ajudando de toda forma, seja de forma direta ou indireta, sempre estão presentes.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Zenner Silva Pereira, pela paciência, pela dedicação, pelas orientações, sua contribuição foi muito importante para a realização do trabalho.

Agradeço aos meus amigos que de alguma forma contribuíram pelo apoio, pelos conselhos, pelas explicações.

RESUMO

O trabalho teve como objetivo principal abordar o ensino de física e propor experimentos de baixo custo que fossem viáveis para o ensino de física, visando a utilização do mesmo como uma ferramenta que proporcione bons resultados para a dinamização. Diante o objetivo do trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica exploratória, uma investigação científica que envolve a leitura de documentos publicados, como artigos, teses, livros e textos; as pesquisas destacam que a física é considerada uma área difícil e de grande complexidade na sua estrutura conceitual, as aulas nessa área não são atrativas tendo em vista que a teoria predomina e a prática é pouco utilizada para descrever tais fenômenos que acontecem, dessa forma, os alunos acabam perdendo o interesse na disciplina, tendo em vista que as aulas são compostas de fórmulas e suas aplicabilidades. Não é de hoje que o sistema de ensino vem enfrentando problemas que afetam seu desenvolvimento, na física não é diferente, visando melhorias, são feitas pesquisas para encontrar meios que venham ser úteis e propícios para o ensino e para o aprendizagem dos alunos. Educadores e pesquisadores buscam ferramentas positivas que possibilitem um aprendizado eficiente e atrativo, o uso de experimentos de baixo custo vem sendo uma ferramenta viável, no qual o aluno terá a chance de aprender a teoria e a prática ao mesmo tempo, tornando o ambiente de ensino dinâmico e atrativo, quebrando o paradigma de que a física é uma área difícil. O trabalho apresenta como proposta de experimentos uma mini bobina de Tesla, um gerador de energia (lanterna caseira) e um gerador de ondas estacionárias para serem utilizados no ensino de física.

Palavras-chave: experimentos de baixo custo, experimentação, ensino de física, lei de Faraday, ondas estacionárias.

ABSTRACT

The main objective of the study was to address the teaching of physics and propose low-cost experiments that would be viable for teaching physics, aiming at using it as a tool that provides good results for dynamization. In view of the objective of the study, an exploratory bibliographical research was carried out, a scientific investigation that involves reading published documents, such as articles, theses, books and texts; the research highlights that physics is considered a difficult area and of great complexity in its conceptual structure, the classes in this area are not attractive since theory predominates and practice is little used to describe such phenomena that occur, thus, students end up losing interest in the subject, considering that the classes are composed of formulas and their applicability. The education system has been facing problems that affect its development for some time now, and physics is no different. In order to improve, research is carried out to find means that will be useful and conducive to teaching and student learning. Educators and researchers are looking for positive tools that enable efficient and attractive learning. The use of low-cost experiments has been a viable tool, in which the student will have the chance to learn theory and practice at the same time, making the teaching environment dynamic and attractive, breaking the paradigm that physics is a difficult area. The work presents as a proposal for experiments a mini Tesla coil, a power generator (homemade flashlight) and a standing wave generator to be used in the teaching of physics.

Keywords: low-cost experiments, experimentation, teaching of physics, Faraday's law, standing waves.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Ímã suspenso por um fio.....	17
Figura 02: Representação dos polos magnético e geográfico.....	17
Figura 03: Limalha de ferro que têm orientado no campo magnético produzido por um ímã de barra.....	19
Figura 04: Movimento do ímã cria uma corrente na bobina.....	23
Figura 05: Campo magnético que surge na espira.....	24
Figura 06: Campo magnético que surge na espira.....	25
Figura 07: Três modos de criar uma onda que se desloca para direita.....	27
Figura 08: Propagação da agitação através do comprimento de onda.....	27
Figura 09: Propagação ao longo do meio de perturbação.....	28
Figura 10: Propagação de perturbação ondulatória.....	28
Figura 11: Onda harmônica simples.....	29
Figura 12: Interferência construtiva.....	30
Figura 13: Interferência destrutiva.....	31
Figura 14 : Ondas estacionárias em uma corda.....	31
Figura 15: Bobina secundária.....	34
Figura 16: Bobina primária.....	35
Figura 17: Bobinas conectadas.....	35
Figura 18: Imagem ilustrativa usada na construção do circuito.....	36
Figura 19: Imagem do circuito pronto e conectado às bobinas.....	36
Figura 20: Lâmpada fluorescente.....	37
Figura 21: Mini bobina de Tesla.....	38
Figura 22: Seringa usada na confecção.....	41
Figura 23: Bobina confeccionada para o primeiro teste.....	41
Figura 24: Bobina confeccionada para o segundo teste.....	42
Figura 25: Bobina pronta e conectada aos LEDs.....	42
Figura 26: LEDs acesos.....	43
Figura 27: Madeiras cortadas.....	46
Figura 28: Suporte montado.....	46
Figura 29: Motores encontrados em aparelho DVD.....	47
Figura 30: Gerador finalizado.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Materiais usados e seus custos.....	40
Tabela 2: Materiais usados e seus custos.....	46
Tabela 3: Materiais usados e seu custo.....	50

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	9
2.OBJETIVOS.....	12
2.1.Objetivo geral.....	12
2.2. Objetivo específico.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1. Possibilidades e desafios no uso de experimentos no ensino de física.....	12
4. UMA REVISÃO TEÓRICA DE FÍSICA.....	16
4.1. Eletromagnetismo.....	16
4.2. O ímã.....	17
4.3. Campo magnético.....	20
4.5. Lei de Faraday.....	23
4.6. Lei de Lenz: complemento da Lei de Faraday.....	26
4.7. Ondas mecânicas.....	28
5. EXPERIMENTO I.....	34
5.1. Mini bobina de Tesla caseira.....	34
5.2. Objetivos.....	35
5.3. Materiais.....	35
5.4. Montagem do experimento.....	35
5.5. Explicação do experimento.....	39
6. EXPERIMENTO II.....	41
6.1. Gerador de energia com ímã (Lanterna caseira).....	41
6.2. Objetivos.....	42
6.3. Materiais.....	42
6.4. Montagem do experimento.....	42
6.5. Explicação do experimento.....	45
6.6. Custo do experimento.....	46
7. EXPERIMENTO III.....	46
7.1. Gerador de ondas estacionárias.....	46
7.2. Objetivos.....	47
7.3. Materiais.....	47
7.4. Montagem do experimento.....	47
7.5. Explicação do experimento.....	49
7.6. Custo do experimento.....	50
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS.....	53

1.INTRODUÇÃO

As ferramentas de ensino têm se atualizado a cada década, acompanhando o avanço tecnológico e a crescente busca por métodos atrativos e dinâmicos. O sistema educacional enfrenta, há tempos, desafios que comprometem seu desenvolvimento. Um desses desafios está relacionado à sala de aula, que frequentemente sofre com a falta de interesse dos alunos, resultando em baixo rendimento acadêmico. Na Física, uma disciplina reconhecida por sua complexidade e rica em conceitos e fórmulas, a situação não é diferente.

A fim de superar a percepção negativa, frequentemente, associada à matéria, pesquisadores e educadores têm desenvolvido estratégias de ensino que transformem a sala de aula em um ambiente mais atrativo, promovendo a interação entre aluno e professor. Essas iniciativas buscam aumentar o rendimento acadêmico e a aprendizagem.

Conforme destacado por Uibson (2015, p. 1), os avanços tecnológicos e a busca por novas abordagens educacionais têm desempenhado um papel importante na transformação do ensino, contribuindo para um processo de aprendizagem mais eficiente e envolvente.

A sociedade moderna de uma forma geral tem procurado cada vez mais a inovação tecnológica levando em conta a sua criatividade, fazendo assim, com que a população científica evolua, aumentando a busca por estratégias educacionais, dedicando-se no desenvolvimento de novas técnicas e habilidades adicionais.

A Física, como área científica em constante evolução, carrega consigo uma percepção de complexidade e dificuldade por parte dos discentes, evidenciando os desafios no ensino da disciplina. Para reverter essa visão, tem se mostrado promissora a implementação de experimentos de baixo custo em sala de aula ou em laboratórios, promovendo a integração entre prática e teoria. Essa abordagem proporciona aos estudantes um novo olhar sobre a Física, destacando sua aplicabilidade e relevância.

Os alunos, frequentemente, se concentram nas fórmulas e acabam negligenciando os conceitos fundamentais, o que reforça a importância de métodos de ensino que viabilizem uma melhor compreensão dos conteúdos. Reconhecida por seus cálculos e teorias, a Física requer estratégias educativas que façam jus à sua riqueza de informações. O ensino, nesse contexto, torna-se um desafio, demandando o desenvolvimento de abordagens coerentes para que o processo de aprendizagem seja eficiente e significativo.

Atividades experimentais colaboram decisivamente para o ensino de Física, pois aproximam a aula de uma atividade de investigação científica, proporcionando uma maior participação do aluno em sala de aula, possibilitando a criação de conflitos cognitivos, permitindo uma melhor percepção das concepções espontâneas e valorizando a interação do aluno com o objeto de estudo e a aprendizagem de atitudes. Segundo Estevam e Roberto (2022, apud Azevedo, 2004).

A forma como os conteúdos são transmitidos exerce influência direta no desenvolvimento acadêmico, podendo limitar a capacidade dos alunos de alcançar seu potencial pleno. Diante disso, torna-se essencial a busca por técnicas inovadoras que melhorem o desempenho escolar, associado aos métodos tradicionais de ensino e quebrando os paradigmas de que a Física é uma área demasiadamente difícil. Atualmente, há diversas formas de transmitir conhecimento, utilizando métodos que facilitam a aprendizagem e promovem maior compreensão por parte dos estudantes, tornando a sala de aula um ambiente mais diversificado e envolvente. Contudo, é indispensável avaliar, de forma responsável e coerente, qual método é mais apropriado para cada contexto.

A experimentação surge como uma alternativa eficiente no ensino de Física, promovendo mudanças significativas na maneira como os alunos interagem com a disciplina. Esse método encoraja os estudantes a interagirem com o professor, tirarem dúvidas e vivenciarem os fenômenos físicos. Apesar dos benefícios, como maior envolvimento e absorção dos conceitos, pesquisas apontam que existem desafios associados ao uso da experimentação, como a falta de espaços adequados para sua realização, seja em salas de aula ou laboratórios.

Conforme enfatizado por Estevam e Roberto (2022, p. 31), “o ensino de Física com uma abordagem mais experimental e por meio do uso de ferramentas tecnológicas pode também ser visto como um fator positivo”, destacando o impacto

das novas ferramentas no processo de aprendizado e na interação dos estudantes com a matéria.

A abordagem da ciência por meio de experimentos didáticos tem uma grande importância na aprendizagem dos estudantes, pois é na prática, motivados por sua curiosidade, que os alunos buscam novas descobertas, questionam sobre diversos assuntos, e o mais importante, proporciona uma aprendizagem mais significativa (UIBSON, 2015, p. 1).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo propor experimentos de baixo custo como uma ferramenta alternativa no ensino da Física. Integrados aos métodos tradicionais de ensino, esses experimentos visam proporcionar um aprendizado mais eficaz e significativo.

Conforme destacado por Estevam e Roberto (2022, p. 32), “a experimentação, quando realizada de modo planejado, é capaz de produzir bons resultados no ensino de Física.” Essa abordagem busca inovar o processo de ensino, promovendo maior interação entre teoria e prática e contribuindo para o desenvolvimento dos estudantes.

2.OBJETIVOS

2.1.Objetivo geral

Propor experimentos de baixo custo como ferramenta alternativa no ensino de física.

2.2. Objetivo específico

- Destacar os pontos positivos do uso de experimento no âmbito de ensino.
- Propor três experimentos de baixo custo: Uma mini bobina de Tesla, um gerador de energia (lanterna caseira), um gerador de ondas estacionárias.
- Relatar os resultados obtidos pelos alunos, decorrente do método aplicado na forma de ensino-aprendizagem com uso de experimentos.
- Discutir os desafios para a realização do uso de experimentos em sala de aula.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Possibilidades e desafios no uso de experimentos no ensino de física

A Física, como ciência dedicada ao estudo dos fenômenos naturais, concentra-se na análise das forças da natureza e das propriedades da matéria. Essa área do conhecimento é essencial para a compreensão das relações e características presentes nos fenômenos que nos cercam. Além disso, seu desenvolvimento é diretamente influenciado pelas necessidades da humanidade, desempenhando um papel fundamental na sociedade por meio de descobertas que transformaram e continuam transformando o mundo.

Um exemplo marcante é a descoberta e o manuseio da energia elétrica, que revolucionou a vida humana, permitindo avanços em diversos setores. A partir do domínio das radiações eletromagnéticas e das correntes elétricas, foi possível o surgimento da informática, que se tornou uma das grandes conquistas da era moderna. Por meio da Física, o homem conseguiu não apenas compreender os fenômenos, mas também utilizá-los a seu favor, promovendo inovações tecnológicas e científicas.

Desde a antiguidade, os fenômenos naturais já eram observados, embora não houvesse explicações para muitos deles. Os primeiros estudos científicos emergiram como tentativas de desvendar tais mistérios, impulsionados pelos interesses dos filósofos da época. Esses pensadores buscavam interpretar os fenômenos sem recorrer a explicações baseadas na divindade, lançando as bases para o método científico que conhecemos hoje.

Ao longo dos séculos, a Física evoluiu significativamente, ampliando sua capacidade de investigar e explicar os fenômenos do universo. Seu papel continua a ser indispensável na construção de uma sociedade que valorize o conhecimento e utilize a ciência como ferramenta para o progresso. A interação entre teoria e prática na Física exemplifica como essa área promove o desenvolvimento humano, transformando observações simples em descobertas de grande impacto.

A educação vai além do que imaginamos, sendo uma ferramenta essencial para o progresso humano e social. Com o avanço das tecnologias, a humanidade busca constantemente aprimorar suas ferramentas de maneira benéfica para a sociedade. Na Física, uma ciência indispensável para o desenvolvimento humano, o cenário não é diferente. Ela desempenha um papel crucial no desenvolvimento científico dos alunos, mas enfrenta desafios significativos, principalmente no ambiente escolar.

Como destaca Antonio (2021, p.5), “este é provavelmente o maior desafio do ensino da física: o interesse”. De fato, o modo tradicional de ensino, amplamente utilizado nas salas de aula, encontra-se ultrapassado, porém é o método que não se deve excluir da educação, mas sim associar com novas ferramentas de ensino. Muitos alunos têm dificuldades em absorver os conteúdos, e isso acaba prejudicando sua aprendizagem. Hoje, no entanto, há uma diversidade de métodos educacionais que promovem maior eficácia no aprendizado, especialmente quando a criatividade é incorporada às práticas pedagógicas, tornando as aulas mais dinâmicas e colaborativas. A maneira como os conteúdos são transmitidos impacta diretamente no desenvolvimento acadêmico; quando abordados de forma desorganizada e sem planejamento, os alunos podem ficar restritos à sua capacidade de aprendizado.

A Física, em particular, carrega um estigma de disciplina difícil, principalmente por abordar uma ampla gama de temas, como eletromagnetismo, ondulatória, mecânica, termodinâmica e magnetismo. Esse preconceito, aliado ao uso excessivo de práticas tradicionais, como o foco exclusivo em livros didáticos e quadros negros, torna essencial a implementação de métodos mais práticos e dinâmicos. Estratégias como a combinação de teoria com experimentação prática, por meio de experimentos de baixo custo, facilitam a compreensão dos conceitos e promovem um melhor aprendizado. No entanto, como mencionado por Lobato (2021, p. 22, apud Moraes, 2014), “estudos mostram que as aulas de ciências onde o professor usa apenas recursos didáticos limitados, como livro didático e quadro negro, não promovem uma aprendizagem significativa”.

Os desafios enfrentados no ensino de Física, contudo, não se restringem apenas ao desinteresse dos alunos. As aulas de Física frequentemente priorizam conceitos, fórmulas e atividades resolutoras de maneira pouco envolvente, o que

contribui para o desinteresse e a desmotivação dos estudantes. Assim, é indispensável a implementação de ferramentas modernas na sala de aula. Embora algumas instituições de ensino ainda se apeguem a métodos convencionais, integrar tecnologias ao processo educacional pode trazer benefícios tanto para professores quanto para alunos.

Contudo, é essencial refletir: até onde vai a educação? Será que apenas mudar os métodos de ensino é suficiente para resolver os problemas enfrentados na educação? A resposta envolve uma análise mais ampla, que considera não apenas a inovação nos métodos pedagógicos, mas também fatores estruturais, sociais e culturais. Não basta adotar novas tecnologias ou práticas se não houver formação adequada para professores, investimentos em infraestrutura e um esforço coletivo para superar as barreiras do sistema educacional. A educação, em sua essência, é um processo complexo que requer planejamento, criatividade e, acima de tudo, comprometimento de todos os envolvidos. Para bons resultados deve haver boas ferramentas, como defendido por Freire (1996) e por Moreira (2015).

A física é uma ciência que precisa de um certo domínio matemático e de conhecimentos históricos, entre outros aspectos, diante disso, promove um índice de reprovação pela disciplina nos alunos, na maioria das vezes. Os experimentos vêm ganhando destaque em pesquisas educacionais como uma ferramenta de grande importância no desenvolvimento dos estudantes. O meio é um aliado no quesito atenção o que para um professor de física é um verdadeiro “xeque-mate”, pois sua maior dificuldade é manter a atenção dos alunos voltada para as aulas; as práticas provocam no aluno uma certa curiosidade gerando, assim, uma melhor concentração e dúvidas, o que leva o discente à busca por respostas, gerando. Assim, um diálogo produtivo entre aluno e professor.

Não é de hoje que a física desperta uma preocupação dos professores com o aprendizado dos estudantes, uma área que aborda fenômenos da natureza, fenômenos que acontecem no dia-a-dia, tem um olhar diferenciado do mundo. “A Física é uma ciência investigativa dos fenômenos que ocorrem na natureza” (FERREIRA, 2020).

Os livros didáticos permitem acesso a conceitos, fórmulas e aplicabilidades, enquanto experimentos comprovam e permitem uma visualização do que apenas era conceitual. Fazer uso da experimentação nas aulas não é algo atual, seu desenvolvimento já vem sendo estudado desde os anos 70, os experimentos permitem a visualização de fenômenos físicos e ainda comprovam conceitos. Nem sempre é possível a utilização de experimentos no âmbito do ensino, em alguns casos não é feito o uso na sala de aula pela falta de espaço ou materiais adequados, porém, a ferramenta sugerida pode ser produzida pelo docente e levada para sala como complemento de explicação, quando não se tem acesso aos materiais didáticos suficientes. Além disso, pode ser construída com objetos reciclados de baixo custo. Apesar de ser uma ferramenta positiva, deve atentar-se aos planejamentos, pois fazer uso não significa que o aluno irá contribuir de forma ativa.

A experimentação no ensino da física é de grande relevância, porém, é um meio de ensino pouco usado na área por conta das dificuldades na sua implementação, tal fato é comprovado diante da revisão de literatura. O ambiente adequado, como uma sala de aula com espaço ou até um laboratório, materiais e equipamentos para construção e manuseio são dificuldades destacadas na hora da sua aplicabilidade.

4. UMA REVISÃO TEÓRICA DE FÍSICA

A física não tem um significado ao certo, geralmente destacada por ser algo que procura respostas para os fenômenos da natureza. No século XIX, ocorreram descobertas a respeito do eletromagnetismo, mecânica, termodinâmica, não apresentavam tanto interesse na época, com o passar dos anos foram feitos outros estudos que proporcionou outras descobertas e, assim, surgiram mais teorias.

A seguir serão abordados tópicos relacionados ao eletromagnetismo e as ondas mecânicas. Como visto no início do trabalho, um de seus objetivos é propor experimentos, logo, serão abordados experimentos que envolvem o eletromagnetismo, campo magnético e experimento que envolve ondas mecânicas.

4.1. Eletromagnetismo

O eletromagnetismo é um dos fenômenos observados na natureza, responsável por explicar a interação dos fenômenos da eletricidade e do magnetismo que juntos resultam em um único fenômeno. Segundo Turcarelli (2015, p. 13), o magnetismo é conhecido por ser um conjunto de fenômenos físicos que se associam com atração ou repulsão decorrentes de matérias cuja características magnéticas estão presentes.

Os fenômenos magnéticos são criados diante movimentos de cargas elétricas, alguns exemplos de magnetismo são: bússola que depende do campo magnético da terra para que sua agulha identifique a direção, atração e repulsão entre ímãs, entre outros.

O magnetita (um mineral de ferro ferromagnético) foi descoberto entre 600 a.C. e 1599 d.C. apresenta características ferromagnéticas. Durante alguns séculos acreditava-se que tal fenômeno não estava ligado à eletricidade, com o passar do tempo e diante estudos feitos, foi visto que os fenômenos magnéticos e elétricos se complementam e juntos formam às ondas eletromagnéticas.

Oersted observou o movimento da agulha de uma bússola de acordo com a interação de corrente elétrica (Lobato, 2021). Até então, não havia nada que

comprovasse o envolvimento da eletricidade com o magnetismo, só existia teorias. Logo, Oersted realizou um experimento no qual comprovou uma relação entre esses fenômenos. Ele notou que a agulha de uma bússola se movimentava quando existia corrente elétrica no circuito, entretanto, quando não havia presença de corrente elétrica a agulha retornava a sua posição inicial. Assim, concluiu que campos magnéticos eram gerados quando havia cargas elétricas em movimento. Logo após, Michael Faraday deu continuidade ao trabalho e publicou resultado de um experimento, no qual destacava o funcionamento do motor elétrico, seus estudos e idéias despertaram interesse em outros físicos, Faraday descobriu a indução eletromagnética.

4.2. O ímã

Alguns fenômenos magnéticos foram percebidos pelos gregos há cerca de seis séculos a.C. Em uma região da Ásia que na época fazia parte da Grécia, foi encontrada um tipo de pedra com propriedade de atrair pedaços de ferro. A pedra referida é, na verdade, um óxido de ferro (Fe_3O_4) denominado magnetita, trata-se de um ímã natural.

As pessoas geralmente têm seu primeiro contato com ímã através das bússolas inventadas pelos chineses, que apresentam uma agulha magnetizada que se alinha com o campo magnético da terra e se direciona na direção do polo geográfico norte. É possível produzir uma agulha magnetizada, para isso, basta atritar um ímã em uma agulha sempre no mesmo sentido. Vale lembrar que não são todos os tipos de materiais metálicos que se prestam a esse fim, eles devem ser de ferro ou níquel ou cobalto. Estes materiais ganham a nomenclatura de ferromagnéticos, neles a existência de um campo magnético externo faz com que os elétrons se alinhem de modo a produzir um campo magnético permanente.

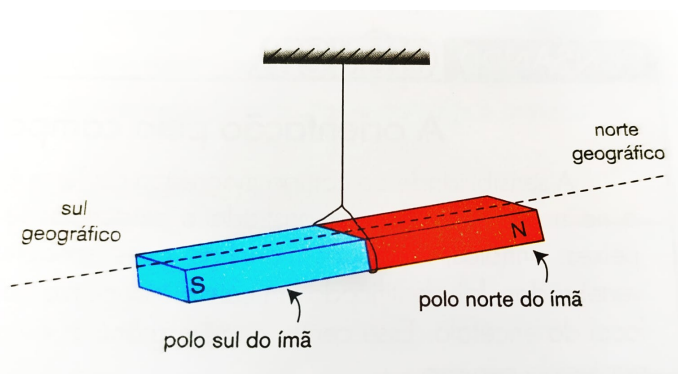
Com o passar do tempo, surgiu a necessidade, para o desenvolvimento industrial, de se obter campos magnéticos mais fortes e, com isso, ímãs que conseguissem produzir esses campos, e que tivessem uma durabilidade maior do que os naturais. Assim surgiu o alnico, um ímã artificial que apresentava as características desejáveis na época, depois foram criados outros tipos de ímãs.

Abaixo serão destacadas algumas características presentes nos ímãs:

- Ímãs são corpos que podem atrair aço ou ferro;
- São constituídos de ferro, níquel e cobalto ou de ligas que contêm esses elementos, são substâncias ferromagnéticas;
- São confeccionados ímãs com tamanhos e formas diferentes;
- Possuem dois polos: o norte (N) e o sul (S);
- Os polos não aparecem isolados e não podem ser separados.

São observadas duas regiões específicas nos ímãs. Quando fazemos um ímã entrar em contato com limalha de ferro, essas regiões são onde suas ações magnéticas são mais acentuadas denominam-se polos (Os polos são regiões onde os efeitos magnéticos são mais intensos). É possível determinar a indicação dos polos, pelos pólos geográficos, se um ímã estiver se movimentando livremente para a direção do polo geográfico norte, logo será o polo norte do ímã e o outro lado será o polo sul. Uma forma prática a ser feita, é só pendurar o ímã com o auxílio de um fio amarrado ao seu centro de gravidade e esperar que entre em equilíbrio, como ilustra a figura abaixo.

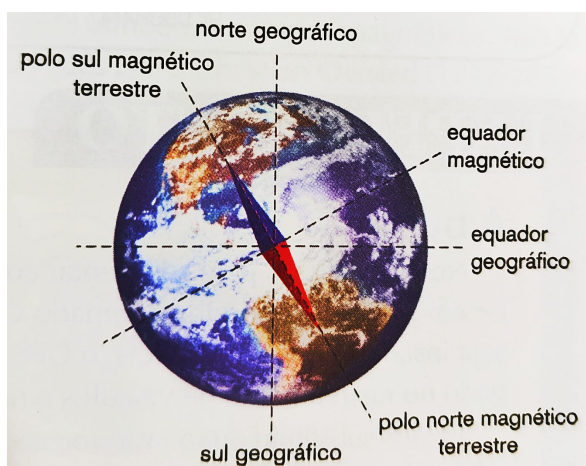
Figura 01: Ímã suspenso por um fio.



Fonte: Setup (2013).

A Terra funciona como um ímã, isso explica a orientação da bússola, que possui uma agulha magnetizada que aponta sempre na direção do norte geográfico, como mostra a ilustração abaixo.

Figura 02: Representação dos polos magnético e geográfico.



Fonte: Setup (2013).

Existem dois fatos importantes verificados através de experimentos que constituem princípios básicos do magnetismo:

- Princípio da atração e repulsão : “ Polos magnéticos de mesma polaridade se repelem, e polos magnéticos de polaridade contrárias se atraem.” (BONJORNO et al., 2013, p. 150).
- Inseparabilidade dos pólos : “ Não existe ímã com apenas um polo.” (BONJORNO et al., 2013, p. 150). Mesmo se dividirmos um ímã e obtemos duas partes, cada parte apresentará dois polos, isso acontece porque o ímã é constituído de ímãs elementares ou moleculares.

4.3. Campo magnético

A eletricidade e o magnetismo tem um fator em comum, a carga elétrica. Em 1820, o dinamarquês Oersted descobriu que o magnetismo não se restringia somente a ímãs de rochas naturais (JACINTO; CARLOS, 2015, p. 10).

O campo é uma propriedade do espaço próximo a uma partícula dotada de certa característica. O conceito de campo é necessário para explicar fenômenos nos quais a atuação de força acontece à distância (KAZUHITO; FUKU, 2016, p. 178).

Quando um corpo atrai outro corpo, pode existir um campo gravitacional criado por corpos com massa. Se corpos eletrizados podem se atrair ou repelir, tem a existência de um campo elétrico, que foi criado por um corpo dotado de carga

elétrica. Da mesma forma, aproximando um ímã de um prego, é visível a atração dele, pois o prego se encontra com o campo magnético do ímã.

Campos elétricos são gerados por cargas elétricas em repouso ou em movimento. Quando estão em movimento, no entanto, dão origem também a campos magnéticos (BONJORNO et al., 2013, p. 151). O fenômeno foi comprovado através de experimentos realizados por Hans Christian Oersted, o experimento do físico foi bem simples: ele colocou um fio próximo e paralelamente à agulha de uma bússola, quando a corrente elétrica passou pelo fio, ele notou uma deflexão na agulha, o que, em vez de continuar direcionado para o norte-sul geográfico, se direcionou perpendicularmente ao condutor. Quando o interruptor foi aberto, notou que a agulha voltava a sua posição inicial.

Os campos magnéticos são produzidos de duas maneiras, a primeira forma é por corrente elétrica, que consiste o uso de partículas eletricamente carregadas em movimento, como os elétrons responsáveis pela corrente elétrica em um fio, para fabricar eletroímãs. Outra forma de produzir um campo magnético se baseia no fato de que muitas partículas elementares, entre elas o elétron, possuem um campo magnético intrínseco. Em alguns materiais, os campos magnéticos dos elétrons se somam para produzir um campo magnético no espaço que cerca o material. Por exemplo, o ímã permanente usado para grudar objetos na porta da geladeira, seu campo é permanente, entretanto, na maioria dos materiais os campos magnéticos dos elétrons se cancelam, logo, o campo magnético ao redor do material é nulo (HALLIDAY, 2016, p.202).

É possível visualizar um campo magnético, para isso é só espalhar limalha de ferro ao redor de um ímã. Ao se realizar esse procedimento, será visível uns traços formados pela limalha de ferro ao redor do ímã, o que corresponde às linhas de campo magnético que o envolve; as linhas estarão mais concentradas na extremidade, o que indica que é o local onde o campo é mais forte.

Figura 03: Limalha de ferro orientado no campo magnético produzido por um ímã de barra.



Fonte: Admin (2014).

O campo magnético, assim como o campo elétrico, é um campo vetorial, por isso temos uma grandeza vetorial representando cada ponto ao redor de origem do campo. O campo magnético é representado pela letra “ $\vec{B}$ ”, o que mostra que se trata de uma grandeza vetorial, já o campo elétrico é representado pela letra “E” com uma seta em cima. “Se uma carga é capaz de gerar apenas um campo elétrico no espaço a seu redor, a carga em movimento também deveria ser capaz disso” (GUILHERME, 2022, p. 125), assim, denominaria um campo, sendo ele o campo magnético.

O campo magnético e elétrico apresenta semelhanças, a presença de “linhas” que mostram a direção das forças, denominadas linhas de indução; enquanto as linhas de força do campo elétrico se originam em corpos eletrizados, as linhas de indução do campo magnético são contínuas, ou seja, elas atravessam o ímã de um polo ao outro. Quando a interação entre polos diferentes as linhas de força magnética são reconfiguradas, se um polo norte (N) interage com o polo sul (S) ocorre atração, e quando a interação do polo norte (N) com o polo (N) ocorre repulsão, as linhas de força magnética nunca se cruzam umas com as outras. O campo magnético B é constituído por infinitos vetores indução magnética.

O físico e químico Hans Christian demonstrou no ano de 1820 (KAZUHITO; FUKU, 2016, p. 181) que a passagem de corrente elétrica por um fio condutor produz efeitos magnéticos em torno dele. Atualmente, sabemos que cargas elétricas em movimento são capazes de gerar campos magnéticos ou seu redor, eventualmente, interagem com objetos magnetizados a sua vizinhança, Oersted descreveu os procedimentos necessários para determinar a direção da força

magnética que atua sobre um polo magnético, o evento daria início ao eletromagnetismo.

O fluxo magnético é determinado pelas linhas de indução magnética que atravessam uma superfície perpendicular a elas.

4.4. Lei de Biot-Savart

Os físicos Jean-Baptiste Biot e Félix Savart realizaram experimentos minuciosos sobre a força exercida por uma corrente elétrica em um ímã próximo, suas pesquisas levaram a expressão matemática para o campo magnético em algum ponto do espaço em termos da corrente que produz o campo, foram os responsáveis pela formulação da equação que permitiu calcular a intensidade do campo magnético que é gerado por corrente elétrica, hoje conhecida como a lei de Biot-Savart. A lei de Biot-Savart permite calcular o vetor $\vec{B}$ em qualquer distribuição de corrente, é uma lei usada para determinar o campo magnético.

Matematicamente, a lei de Biot-Savart é:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (4.1)$$

O campo magnético apresenta as seguintes propriedades:

- O campo é inversamente proporcional ao quadrado da distância, a intensidade do campo é inversamente proporcional a r^2 onde r é a distância até o fio $B \propto 1/r^2$;
- O campo é proporcional à corrente e ao comprimento do fio, o campo vai ser proporcional tanto a corrente quanto ao comprimento do fio $B \propto Idl$;
- O campo é perpendicular ao comprimento e à posição, o vetor campo magnético vai ser perpendicular tanto ao vetor comprimento por onde passa corrente quanto ao vetor posição onde o campo é determinado $\vec{B} \propto \vec{l} \times \hat{r}$;
- O campo gerado por corrente estacionária é estático, ou seja correntes que não variam com o tempo são campos estáticos.

A lei tem o mérito de reunir todas essas propriedades em uma equação matemática onde, μ_0 é a permeabilidade do espaço livre(vácuo) uma constante que

desempenha um papel no magnetismo, ela determina como será a resposta de um material a um campo magnético aplicado, $\vec{B}$ é o vetor campo, I é a corrente elétrica, dl é o elemento infinitesimal do comprimento do fio, $\hat{r}$ é o vetor unitário que aponta da corrente para o ponto de observação, r^2 é a distância que aponta da corrente até o ponto de observação.

A lei é a base da estratégia para se calcular o campo magnético de um fio condutor de corrente.

4.5. Lei de Faraday

A energia elétrica usada no dia a dia, foi um fenômeno que se tornou desfrutável graças às descobertas de Michael Faraday (1791-1867). Em 1832 foram sendo publicadas, pesquisas e experiências, onde contém narrações de várias descobertas importantes. Duas bobinas de fio de cobre foram construídas por Michael Faraday, utilizando aproximadamente setenta metros de cobre enroladas em pedaços de madeiras; fez uso de um galvanômetro e uma bateria. Ele notou que quando o circuito era ligado ou desligado o galvanômetro sofria uma deflexão, uma corrente elétrica era induzida em uma das bobinas pela variação de campo magnético que acontecia na outra bobina.

Faraday chegou a algumas conclusões tempos depois, após continuidade dos estudos e pesquisas realizadas, algumas conclusões foram:

- Notou que uma passagem de corrente era marcada no galvanômetro, logo que um ímã era introduzido no interior de uma bobina que estava conectado a um galvanômetro.
- Uma corrente elétrica de direção oposta era constatada no galvanômetro, logo que o ímã era retirado da bobina.
- Para ocorrer indução magnética tinha que ter movimento relativo entre o ímã e a bobina, isso geraria uma variação do campo magnético.
- Se o ímã estava em repouso no interior da bobina, não era registrado nem uma tensão.

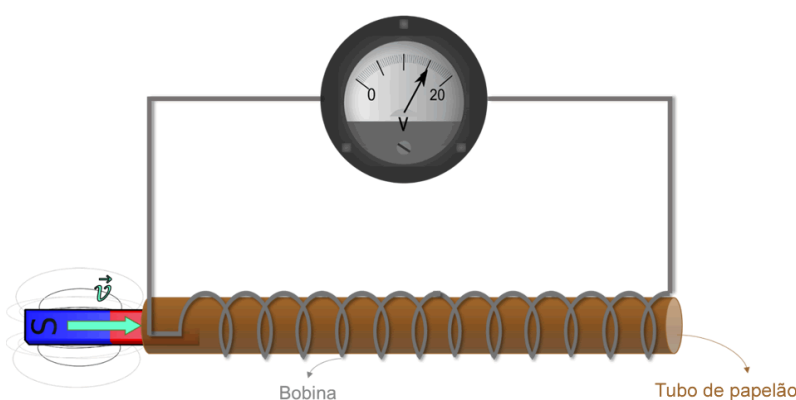
Faraday deu origem aos conceitos de linhas de linhas e tubo de força, esclarecendo o fluxo de campo magnético.

A lei de Faraday pode ser enunciada, ilustrada na figura 04, usando a definição de fluxo magnético pela equação 4.2: “O módulo da força eletromotriz ε induzida em uma espira condutora é igual à taxa de variação com o tempo do fluxo magnético B que atravessa a espira” (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p. 266).

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4.2)$$

Φ_B

Figura 04: Movimento do ímã cria uma corrente na bobina.



Fonte: CONCEITOS.COM. **Lei de Faraday**. Disponível em:

<<https://conceitos.com/arquivo/Lei-Faraday-2.png>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

Em uma bobina com N espiras, onde as espiras estão muito próximas uma das outras e sofrem variação entre si do campo magnético, a força eletromotriz (fem) induzida será a soma de todas as forças de todas N espiras de acordo com a equação 4.3 (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p. 266).

$$\varepsilon = - N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4.3)$$

Outro significado é dado a força eletromotriz quando relacionada ao trabalho que é feito sobre a partícula do campo elétrico $\vec{E}$ induzido gerado a partir do fluxo magnético variável integrado em cada elemento de comprimento $d\vec{l}$ (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p. 275).

$$\varepsilon = \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (4.4)$$

A equação 4.2 pode determinar a força eletromotriz induzida como sendo o trabalho por unidade de carga realizado sobre uma partícula carregada que explica uma curva fechada em uma localidade que contém um fluxo magnético variável (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p. 275-276). Porém pode existir uma fem induzida mesmo que não tenha nem uma partícula ou corrente. Dessa forma a força eletromotriz ganha um significado mais geral obtido pela integração do produto escalar $E \cdot d\vec{l}$ ao longo de uma curva fechada, onde E é o campo elétrico induzido pela variação do fluxo magnético e $d\vec{l}$ é o elemento de comprimento ao longo da curva. Juntando então as Equações 4.2 e 4.4 obtemos uma nova versão da lei da indução de Faraday que é a terceira Equação de Maxwell (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p. 276):

$$\varepsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4.5)$$

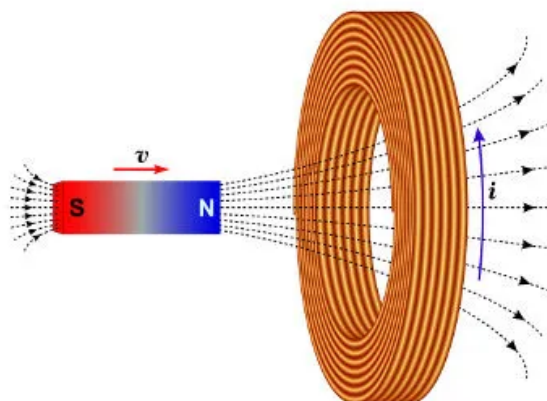
É observado por simetria que a indução também acontece no sentido contrário, ou seja, um campo magnético pode ser induzido por um fluxo elétrico variável. A equação que dirige a indução de um campo magnético é quase simétrica à Equação 4.5, é nomeada de lei de indução de Maxwell, demonstrada na Equação 4.6 (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p. 345).

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (4.6)$$

4.6. Lei de Lenz: complemento da Lei de Faraday.

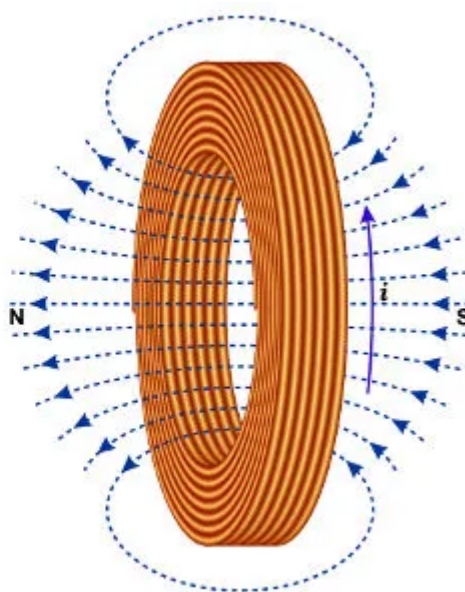
Depois lei proposta por Faraday, a lei da indução, Heinrich Friedrich Lenz concebeu uma regra, onde o sentido da corrente induzida em uma espira fosse determinado, essa regra recebeu o nome de lei de Lenz, a lei afirma que: “A corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido por ela, se opõe ao campo magnético original que induz a corrente” (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p. 267).

Figura 05: Campo magnético que surge na espira.



Fonte: <https://s5.static.brasescola.uol.com.br/img/2019/11/lenz-1.jpg>

Figura 06: Campo magnético que surge na espira.



Fonte: <https://s5.static.brasescola.uol.com.br/img/2019/11/lenz-1.jpg>

As figuras 05 e 06 ilustram a lei de Lenz. Quando um ímã é aproximado da espira de acordo com a figura 05, seu fluxo através da espira aumenta, logo, uma corrente induzida é determinada na espira. Um campo magnético próprio que tem suas linhas demonstradas na figura 06 é gerado pela corrente elétrica que flui através da espira.

O campo magnético gerado pela corrente na espira se opõe e procura anular a variação no fluxo original como demonstrado na figura 05. A espira (circuito elétrico que pode produzir campo magnético, eletricidade e energia mecânica)

desenvolve um dipolo magnético oposto ao do ímã. Uma força existente entre estes dois campos magnéticos, uma força de repulsão, onde ela tenta afastar o ímã e evitar o crescimento de fluxo. Na equação 4.5, expressa com o sinal negativo no lado direito a lei de Lenz, garante a conservação da energia. Se o sinal fosse positivo, sucederia que o crescimento de fluxo magnético tenderia a aumentar mais ainda o próprio fluxo, o que ocasionaria um infinito fluxo e uma corrente com um movimento pequeno realizado com o ímã na direção da espira (MACHADO 2002, p..568 e VILLATE, 2009, p. 128).

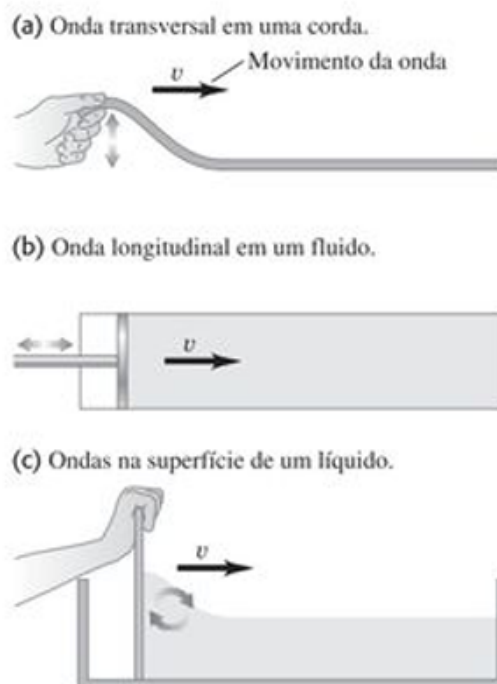
Até então foram descritos conceitos predominantes na eletricidade, a seguir outro conceito fundamental da física será abordado. Como citado no começo do trabalho será sugerido experimentos, logo, haverá experimento que terá destaque em conceitos de eletricidade e experimento com conceitos voltados para ondas.

4.7. Ondas mecânicas

Costumamos observar as ondas que se formam nas superfícies das águas, porém o conceito de onda não se prende apenas a esse fenômeno. Uma onda de forma simples é qualquer sinal que se propaga de um ponto a outro de um meio com uma velocidade definida. Dependendo da natureza da onda, as partículas que constituem o meio sofrem diversas espécies de deslocamento, meio é uma corda ou fio esticado sob tensão.

Onda é uma perturbação que se desloca através de um material chamado de meio, no qual a onda se propaga (YOUNG, FREEDMAN, 2008, p. 103). A figura 07 ilustra três modelos de ondas mecânicas:

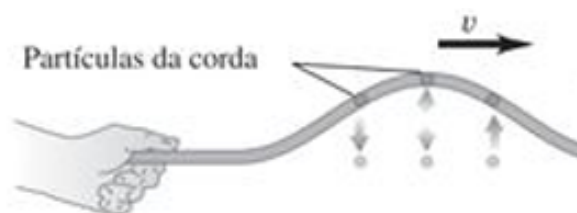
Figura 07: Três modos de criar uma onda que se desloca para direita.



Fonte: YOUNG, FREEDMAN, 2008, p. 103.

Na figura 07a, o meio é um fio ou uma corda esticada sob tensão. Se balançamos ou agitamos a extremidade esquerda da corda, a agitação se propaga através do comprimento de onda, como demonstra na figura 08:

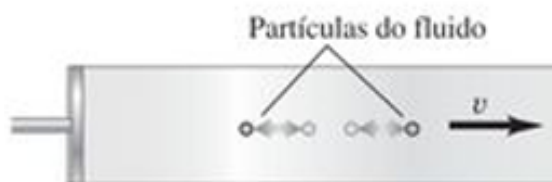
Figura 08: Propagação da agitação através do comprimento de onda.



Fonte: YOUNG, FREEDMAN, 2008. p. 103.

Na figura 07b, o meio é um líquido ou gás no interior de um tubo e com uma parede rígida na extremidade direita do tubo e com um pistão móvel na extremidade esquerda. Quando fazemos o pistão oscilar para frente e para trás, se propagam ao longo do meio uma perturbação de deslocamento e uma flutuação de pressão, como mostra a figura 09:

Figura 09: Propagação ao longo do meio de perturbação.



Fonte: YOUNG, FREEDMAN, 2008, p. 103.

Na figura 07c, o meio é a água em um tanque, tal como um canal de irrigação. Quando fazemos uma placa achatada oscilar para frente e para trás na extremidade esquerda, se propaga uma perturbação ondulatória, como mostra a figura 10:

Figura 10: Propagação de perturbação ondulatória.



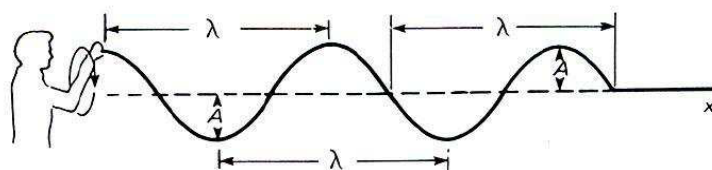
Fonte: YOUNG, FREEDMAN, 2008, p. 103.

Os sistemas descritos anteriormente possuem um estado de equilíbrio.

A figura 07a, é uma onda transversal, é um exemplo de pulso ondulatório. O movimento realizado na corda pela mão para cima e para baixo uma vez, exerce sobre ela uma força transversal, o que resulta em uma única ondulação que se propaga ao longo do comprimento de onda. Entretanto, quando balançamos a extremidade de uma corda com movimentos repetidos ou periódicos, cada partícula também realizará um movimento periódico à medida que a onda se propaga. Essa onda é chamada de onda progressiva: Cada partícula do meio vibra com a mesma amplitude, diferente das ondas estacionárias, que falaremos ao longo do trabalho.

Movendo uma das extremidades de uma corda para cima e para baixo com um deslocamento vertical igual, pode ser produzida uma onda na corda, chamada de onda harmônica simples, com algumas oscilações da corda, sua configuração se tornará periódica, como mostra a figura 11.

Figura 11: Onda harmônica simples.



Fonte: <https://files.passeidireto.com/c80c5b21-7f71-45d2-8333-8ee279bd3a52/bg2.png>

A amplitude A dessa onda é o deslocamento vertical máximo da onda. O comprimento de onda λ é a distância mínima em que a forma de onda se repete.

O período T de uma onda corresponde ao tempo necessário para que a onda percorra uma distância igual ao comprimento de onda λ (EMIKO OKUNO, IBERÊ L. CALDAS & CECIL CHOW, p. 210).

É dado por:

$$T = \frac{\lambda}{v} \quad (4.7)$$

Conhecendo a função de onda, podemos obter uma expressão para a velocidade transversal de qualquer partícula em uma onda transversal. Logo, essa expressão é expressa como:

$$v_y(x, t) = -A \cdot \omega \cdot \cos(ks - \omega t + \phi) \quad (4.8)$$

onde;

$v_y(x, t)$: é a velocidade transversal da partícula em função da posição x e do tempo t ;

A : é a amplitude da onda, a altura máxima da crista de onda;

ω : é a frequência angular da onda;

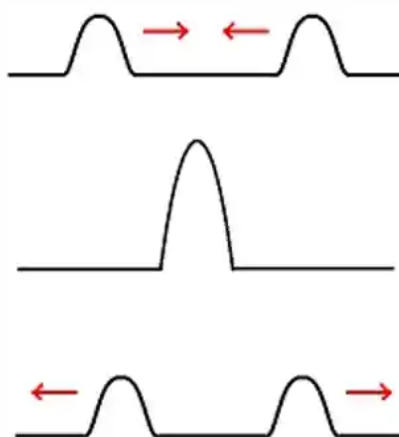
$\cos(ks - \omega t + \phi)$: função que descreve a oscilação da onda ao longo do tempo e da posição;

ϕ : determina a posição da onda no tempo $t = 0$.

O sinal negativo indica a direção da velocidade em relação a onda, nesse caso, indica que a velocidade está em sentido contrário ao movimento da onda.

Até então foi explicado ondas que propagam na mesma direção. Quando uma onda atinge as fronteiras de um meio, ocorre reflexão da onda inteira ou de parte dela. Uma superposição ocorre quando uma das extremidades de uma corda é balançada enquanto a outra extremidade está fixa em um suporte, pois um pulso se propaga ao longo da corda e se reflete retornado, essa superposição é chamada de “interferência”(YOUNG, FREEDMAN, 2008, p. 119). A formação de um pulso refletido é semelhante à superposição de dois pulsos que se deslocam em sentidos opostos. A interferência ocorre de duas formas, como interferência construtiva: Onde as ondas têm suas amplitudes no mesmo lado da corda, como mostra a figura 12, ou como interferência destrutiva: Onde as ondas têm suas amplitudes em lados diferentes da corda, como mostra a figura 13.

Figura 12: Interferência construtiva.

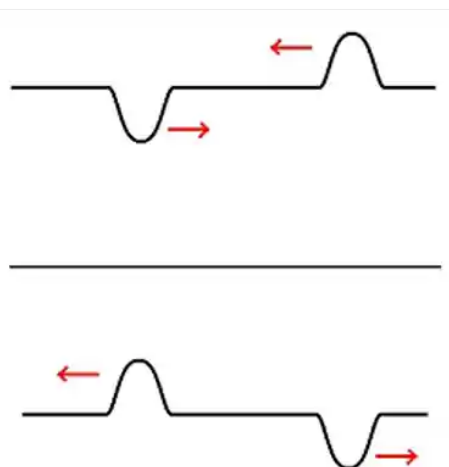


Fonte:

<https://arquivos.respondeai.com.br/seu/2022/6c07bf28-ad04-47b1-b0f2-fec64a7c76e1.webp>

As amplitudes serão somadas no ponto onde ocorre a superposição das ondas, isso acontece na interferência construtiva, como mostra a figura 12.

Figura 13: Interferência destrutiva.

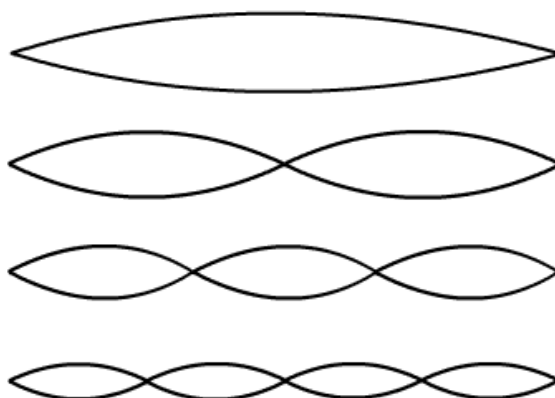


<https://arquivos.respondeai.com.br/seo/2022/6c07bf28-ad04-47b1-b0f2-fec64a7c76e1.webp>

As amplitudes são subtraídas no ponto onde ocorre a superposição das ondas, isso acontece na interferência destrutiva, como mostra a figura 13.

Considerando a superposição de duas ondas que se propagam através da corda, uma representando a onda refletida e a outra a onda incidente. Quando duas ondas se combinam não mais se parece com duas ondas que se propagam em sentidos opostos, a corda parece estar subdividida em vários segmentos, como mostra a figura 14:

Figura 14 : Ondas estacionárias em uma corda.



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/Harmonicos_cordas.png

Na figura 14 é possível visualizar que existem pontos que não se movem, esses pontos constituem um nó onde a amplitude é zero, entre dois nós existe um ponto chamado ventre, nesse ponto a amplitude do movimento é máxima. Nesse

caso as ondas parecem estar paradas ao longo da corda, ela recebe o nome de onda estacionária, pois é diferente da onda progressiva, onda que se move ao longo da corda. As ondas estacionárias são formadas em específicas frequências, denominadas de modos harmônicos ou frequências de ressonância.

Cada harmônico proporciona um modelo de onda estacionária com um número específico de nós.

Nas ondas estacionárias a velocidade da onda é influenciada diretamente pela tensão, ou seja, uma grande tensão resulta em uma maior velocidade de onda o que, dificulta a formação de nós e ventres na corda. A amplitude de ondas estacionárias varia ao longo da corda, ou seja, a amplitude nos nós é zero, enquanto nos ventres a amplitude é máxima. A distância entre dois nós consecutivos ou dois ventres é metade do comprimento de onda ($\frac{\lambda}{2}$). Para identificar a relação entre a tensão, frequência e o número de nós em uma corda vibrante fixa em ambas as extremidades, usamos a seguinte fórmula:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (4.9)$$

onde;

f_n É a frequência do n-ésimo harmônico;

n é o número de nós menos um;

L é o comprimento da corda;

T é a tensão da corda;

μ é a densidade linear de massa da corda.

Um dos experimentos realizado no trabalho, demonstra como surge uma onda estacionária, é possível visualizar a formação dos harmônicos, nós e ventres. A equação 4.8 ajuda a entender o movimento das partículas ao longo do tempo, enquanto, no experimento entendemos a estrutura espacial das ondas estacionárias. Resumindo, a equação é uma base matemática para entender o comportamento das partículas em uma onda transversal, e o experimento mostra como essas ondas interagem e formam padrões específicos, como os nós e ventres.

5. EXPERIMENTO I

5.1. Mini bobina de Tesla caseira

Nikola Tesla, grande inventor nascido em 1856, dedicou sua vida ao estudo, responsável por criar grandes projetos, uma de suas criações foi uma bobina conhecida como bobina de Tesla ou bobina ressonante criada no final do século XIX, a bobina é um arranjo de espiras de um mesmo condutor, ao redor de um núcleo ferromagnético, gerando um campo magnético sempre que uma corrente elétrica passa por um condutor, logo, gerando grandes tensões apenas variando o campo eletromagnético. Esse experimento mostrou a versatilidade da corrente alternada, a bobina de Tesla foi usada em diversos experimentos, tentando obter resultados positivos na tentativa de transmitir energia elétrica sem fios. Abaixo será demonstrado a construção de uma mini bobina para fins didáticos, usando materiais com baixo custo e até mesmo reaproveitados.

5.2. Objetivos

O experimento tem a finalidade demonstrar de forma simples e didática o fenômeno responsável por trás do experimento que possibilita acender uma lâmpada fluorescente sem encostar na bobina, apenas fazendo a aproximação da mesma ou até mesmo passando ao redor da bobina.

5.3. Materiais

- Fio de cobre esmaltado 1,2 mm de espessura;
- Fio de cobre esmaltado 2 mm de espessura;
- Super interruptor;
- Transistor 2N2222A;
- Resistor 22 K Ω ;

- Conector e pilha de 9 volts;
- Lâmpada fluorescente comum;
- Cano com 12 cm e comprimento e 32 mm de diâmetro;
- Caixa de mdf;
- Fios.

5.4. Montagem do experimento

- I. Foi feito dois furos nas extremidades do cano de 32 mm, em seguida cuidadosamente foi enrolado o fio de cobre de 1,2 mm de uma extremidade até chegar a outra, de modo que o fio de cobre não sobrepôs sobre o outro, assim foi confeccionada a bobina secundária, logo maior que a bobina primária, e com mais espiras enroladas.

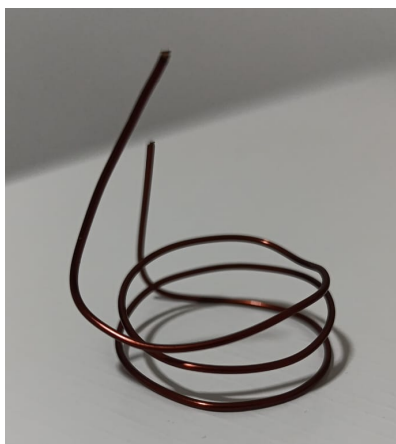
Figura 15: Bobina secundária.



Fonte: Autoria própria, (2025).

- II. Logo em seguida com o fio de cobre de 2 mm foi feita a bobina primária; enrolada com três espiras, com um diâmetro de modo que a bobina secundária coubesse em seu interior.

Figura 16: Bobina primária.



Fonte: Autoria própria, (2025).

- III. Com as duas bobinas prontas, foi feito três furos na tampa da caixa de mdf, um furo no centro da tampa para que fosse possível passar o fio da bobina secundária, e dois furos próximo da extremidade da bobina secundária para que as pontas da bobina primária passassem para o lado interno da tampa, para assim serem conectadas ao circuito.

Figura 17: Bobinas conectadas.

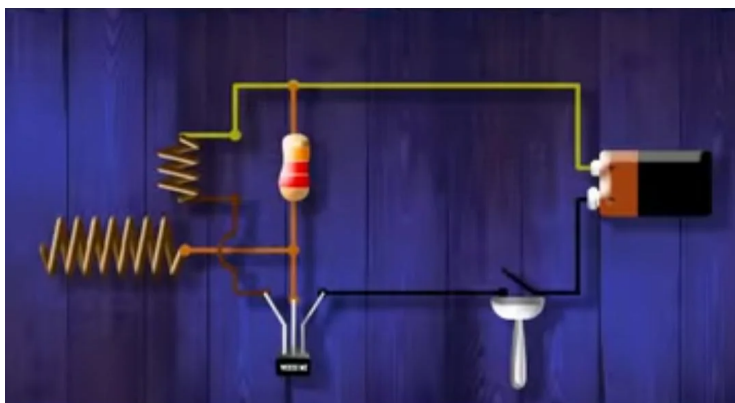


Fonte: Autoria própria, (2025).

- IV. Com as bobinas prontas e fixas, foi montado o circuito.

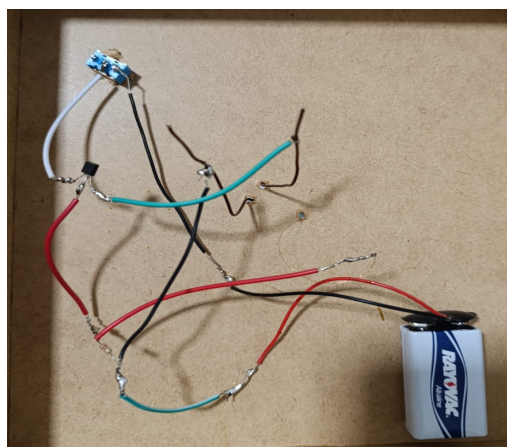
O circuito foi feito baseado no esquema abaixo, porém, quando foi reproduzido não funcionou na primeira tentativa, foi refeito, e funcionou logo em seguida.

Figura 18: Imagem ilustrativa usada na construção do circuito.



Fonte: Manual do mundo, (2018).

Figura 19: Imagem do circuito pronto e conectado às bobinas.



Fonte: Autoria própria, (2025).

A figura 19 mostra o circuito montado e conectado às bobinas, pronto para fazer o teste com a lâmpada fluorescente, no circuito foi utilizado um resistor e transistor, são elementos cruciais para o funcionamento da bobina, juntos trabalham para controlar, amplificar e gerenciar a corrente no circuito. O resistor é responsável pelo controle da corrente no circuito, e o transistor atua como um oscilador, no experimento ele fica ligando e desligando rapidamente, ele fica conectado na bobina primária, logo, a bobina fica ligando e desligando rapidamente

V. Lâmpada fluorescente

Um objeto responsável por emitir luz por meio da ionização de gases, sua estrutura é constituída por tubos de vidro revestido com fósforo, que contêm em sua parte interna vapor de mercúrio e gás argônio, quando aplicada uma corrente elétrica aos gases e, quando o vapor de mercúrio sofre choque com os elétrons, uma radiação ultravioleta é emitida, essa radiação em contato com o revestimento do tubo é convertida em luz.

Figura 20: Lâmpada fluorescente.



Fonte: Autoria própria, (2025).

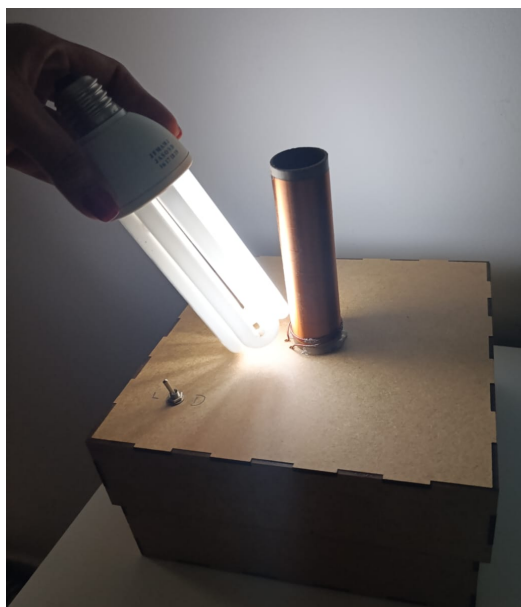
5.5. Explicação do experimento

A bobina de Tesla é um tipo de transformador que funciona em frequências e tensões elevadas, é composta por duas bobinas sendo uma primária e uma secundária. A bobina primária é alimentada por um circuito oscilador, que produz um campo magnético; a corrente alternada na bobina primária provoca a indução de uma corrente na bobina secundária por meio de acoplamento indutivo (processo de transferência de energia). A tensão elevada da bobina secundária cria um intenso campo eletromagnético ao redor da bobina de Tesla, logo, quando uma lâmpada fluorescente se aproxima da bobina, o forte campo eletromagnético oscilante estimula os elétrons do gás dentro da lâmpada fluorescente. Esses elétrons emitem

luz ao retornarem para um estado de menor energia, a lâmpada usada para fazer o teste pode ser queimada, porém tem que ser fluorescente.

Associando o experimento com a Lei de Faraday, é perceptível que quando a variação do fluxo magnético em um circuito, uma força eletromotriz (fem) é induzida no circuito, se mudar o campo magnético em torno de uma bobina uma corrente elétrica será induzida na bobina, logo comprova o conceito da Lei de Faraday, afirma: “que a variação no fluxo de campo magnético através de materiais condutores induz o surgimento de uma corrente elétrica” ,Halliday, Resnick e Walker (2016).

Figura 21: Mini bobina de Tesla.



Fonte: Aatoria própria, (2025).

5.6. Custo do experimento

Ao todo foi gasto com o experimento R\$53,40 (cinquenta e três reais e quarenta centavos), boa parte dos materiais foram reaproveitados ou já eram de fácil acesso.

Tabela 1: Materiais usados e seus custos.

MATERIAIS USADOS	VALOR R\$
FIO DE COBRE 1.2mm	R\$ 0,00
FIO DE COBRE 2mm	R\$ 0,00
SUPER INTERRUPTOR	R\$ 2,00
TRANSISTOR	R\$ 0,50
CONECTOR PARA PILHA	R\$ 6,00
LÂMPADA FLUORESCENTE	R\$ 0,00
CANO PVC	R\$ 0,00
CAIXA DE MDF	R\$ 25,00
PILHA 9V	R\$ 19,90
FIOS	R\$ 0,00

Fonte: Autoria própria, (2025).

6. EXPERIMENTO II

6.1. Gerador de energia com imã (Lanterna caseira)

O experimento consiste na construção de uma lanterna, usando materiais de baixo custo e de fácil acesso. O dispositivo explora o seu funcionamento baseado no princípio da indução eletromagnética, princípio bastante utilizado em diversas aplicações, desde a geração de eletricidade em usinas até a criação de dispositivos eletrônicos portáteis.

O experimento além de proporcionar a compreensão dos conceitos de física, também oferece uma alternativa ecológica e acessível às tradicionais fontes de luz.

6.2. Objetivos

O experimento tem como finalidade introduzir os princípios de indução eletromagnética de forma prática e de fácil compreensão através da lanterna caseira, integrar um conhecimento físico, demonstrar na prática como uma variação do fluxo magnético pode induzir uma corrente na bobina.

6.3. Materiais

- Tubo de plástico para montar o corpo da lanterna (seringa de 20ml)
- Fio de cobre fino
- Ímãs de neodímio
- Fita isolante
- LEDs (luz da lanterna)

6.4. Montagem do experimento

I. Primeiro passo para a confecção da lanterna foi produzir uma bobina; faz a retirada do tubo interno, em seguida o fio de cobre esmaltado foi enrolado no tubo

da seringa (material usado para montar o corpo da lanterna), o fio foi enrolado no meio do corpo de modo que o fio ficasse um sobre o outro.

Figura 22: Seringa usada na confecção.



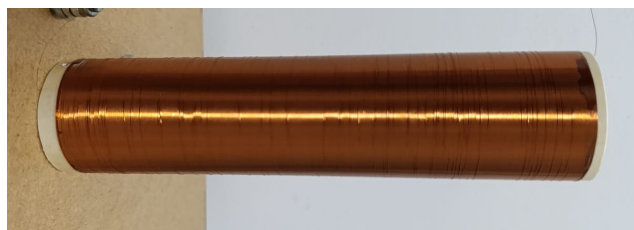
Fonte:

<https://palatius.com/wp-content/uploads/2018/04/Seringa-20ml-Luer-Slip-Descarpack-Palatius-800x800.png.webp>

II. Bobina finalizada.

De início foi confeccionada uma bobina com um cano pvc com diâmetro de 40mm, a bobina continha espiras de uma extremidade a outra, logo, quando foi testado o experimento não aconteceu nada.

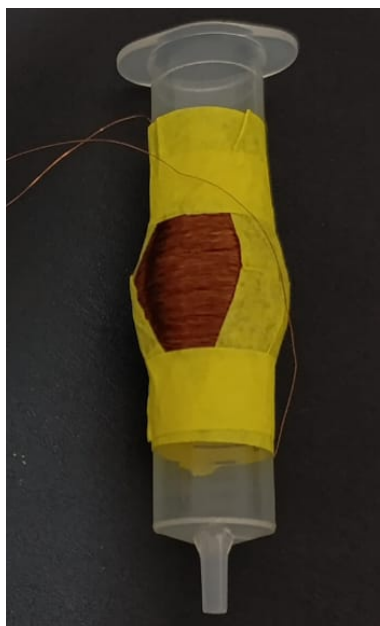
Figura 23: Bobina confeccionada para o primeiro teste.



Fonte: Autoria própria, (2025).

Como a primeira bobina não funcionou, logo foi, confeccionada uma nova bobina, diferente da bobina mostrada na figura 23, a nova bobina usou como corpo um tubo de seringa de 20 ml, e os fios de cobre foram enroladas de modo que não chegassem nas extremidades e permanecem no meio do corpo.

Figura 24: Bobina confeccionada para o segundo teste.

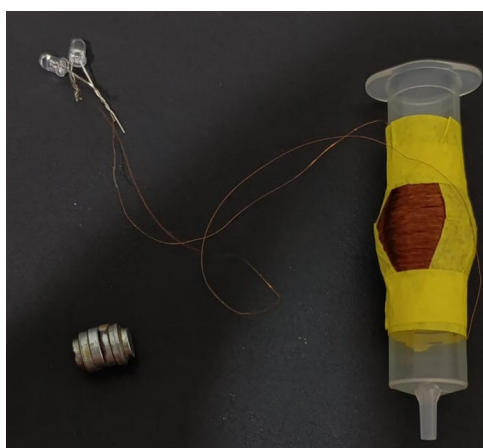


Fonte: Autoria própria, (2025).

III. Finalização do experimento.

Com a bobina pronta foi conectada às pontas do fio de cobre aos LEDs, lembrando que antes de conectá-los deve raspar as pontas do cobre para que haja transferência de corrente.

Figura 25: Bobina pronta e conectada aos LEDs.

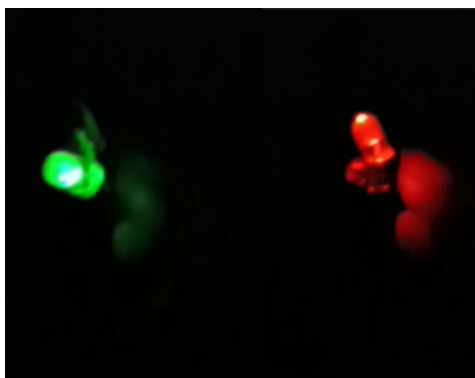


Fonte: Autoria própria, (2025)

IV. Resultado final.

Após a conexão, é adicionado o ímã no interior da bobina, mas para seu funcionamento ocorrer deve movimentar a bobina de um lado para o outro de modo que o ímã realize movimento e com isso ocorra a transformação de energia cinética em energia potencial.

Figura 26: LEDs acesos.



Fonte: Autoria própria, (2025).

6.5. Explicação do experimento

O experimento tem como base a Lei de Faraday, que diz que uma variação no fluxo magnético através de um circuito, induz uma fem (força eletromotriz) na bobina, logo associando ao experimento, quando o ímã se move em relação a bobina, uma corrente elétrica é criada na bobina, essa corrente é criada devido o movimento dos elétrons presentes no fio de cobre, o movimento ocorre quando movimentamos o ímã no interior da bobina, o que faz com que os LEDs acendam, logo se o ímã for apenas posicionado no interior da bobina não acenderá os LEDs, alguns vídeos presentes no Youtube apresentam experimentos que mostram que um ímã parado gera corrente elétrica e a chamam de “Energia infinita”, isso não é verídico, pois é necessário que haja movimento; diante o movimento realizado os LEDs acendem em tempos diferentes, os mesmos estão conectados com suas polaridades invertidas, pois quando o ímã está em uma direção os elétrons estão correndo em um sentido e quando o ímã troca de direção os elétrons mudam de sentido, isso faz com que a polaridade do gerador fique invertendo. Quando realizado o movimento da bobina com o ímã em seu interior, faz com que em um momento o LED seja ligado e em outro momento seja desligado.

O experimento também está associado à Lei de Lenz, a mesma afirma que: “A corrente induzida em um circuito sempre flui em uma direção tal que cria um campo magnético que se opõe à mudança no fluxo magnético que a produziu”. Quando os ímãs se movimentam no interior da bobina ele cria um campo magnético variável, logo, essa variação no campo magnético induz uma corrente na bobina.

6.6. Custo do experimento

Ao todo foi gasto com o experimento um total de R\$14,00 (quatorze reais), os materiais com valores zerados eram de fácil acesso e foram reaproveitados.

Tabela 2: Materiais usados e seus custos.

MATERIAIS USADOS	VALOR R\$
TUBO DE PLÁSTICO (SERINGA)	R\$ 0,00
FIO DE COBRE FINO	R\$ 0,00
ÍMÃS DE NEODÍMIO	R\$ 10,00
FITA ISOLANTE	R\$ 0,00
LEDs	R\$ 4,00

Fonte: Autoria própria, (2025).

7. EXPERIMENTO III

7.1. Gerador de ondas estacionárias

As ondas são um fenômeno brilhante da física. As ondas estacionárias acontecem quando duas ondas de igual frequência e amplitude se movem em direções opostas e se interferem, gerando uma onda que parece estar “parada”, apresentam características como nós e ventre, os nós são pontos de mínima movimentação, onde a amplitude é zero, já os ventres são os pontos com mais movimentação onde a amplitude maior. As ondas estacionárias são formadas quando uma onda se reflete em um meio e interfere com a onda incidente, logo resultam, em padrões estacionários de nós e ventres.

7.2. Objetivos

O experimento tem a finalidade de demonstrar o fenômeno físico na prática, visando uma visualização e a compreensão de como as ondas estacionárias são aplicadas em situações reais do cotidiano. Facilitando a compreensão dos conceitos por trás das ondas.

7.3. Materiais

- Madeira para montar suporte
- Fios
- Motores
- Pilha 9v
- Fita isolante
- Conector de pilha
- Parafusos
- Tinta
- Barbante
- Interruptor

7.4. Montagem do experimento

- I. Primeiramente foi confeccionado um suporte com madeira e parafusos, usou um caibro de 20 cm para base, dois pedaços de ripa de 25 cm e quatro pedaços de ripa de 5 cm.

Figura 27: Madeiras cortadas.



Fonte: ALMEIDA, 2017.

Figura 28: Suporte montado.



Fonte: ALMEIDA, 2017.

- II. Com o suporte pronto foi fixado na extremidade das pontas da ripa um motor, que irá realizar o movimento da corda.

Figura 29: Motores encontrados em aparelho DVD.



Fonte: ALMEIDA, 2017.

- III. Com os motores fixados foi montado um circuito para que os dois motores realizassem movimento ao mesmo tempo, para finalizar um barbante foi colocado na ponta dos motores.

Figura 30: Gerador finalizado.



Fonte: Autoria própria, (2025).

7.5. Explicação do experimento

Os motores geram uma perturbação na corda o que cria uma onda, essa perturbação gera interferência entre a onda incidente e a onda refletida, a onda refletida ao chegar em um ponto fixo ela se reflete de volta, logo essa onda se encontra com a onda incidente que ainda está se propagando, ao se encontrarem podem gerar padrões de ondas contendo nós e ventres, as ondas estacionárias são associadas a ressonância. Ressonância é um fenômeno no qual um sistema oscilante responde com maior amplitude quando estimulado por uma específica frequência. O experimento demonstra de forma didática como é o surgimento de uma onda estacionária.

7.6. Custo do experimento

Ao todo foi gasto com o experimento um total de R\$36,90 (trinta e seis reais e noventa centavos), os materiais com valores zerados eram de fácil acesso e foram reaproveitados.

Tabela 3: Materiais usados e seu custo.

MATERIAIS USADOS	VALOR R\$
MADEIRAS	R\$ 0,00
FIOS	R\$ 0,00
MOTORES	R\$ 0,00
PILHA 9V	R\$ 19,90
FITA ISOLANTE	R\$ 0,00
CONECTOR DE PILHA	R\$ 6,00
PARAFUSOS	R\$ 10,00
TINTA	R\$ 0,00
BARBANTE	R\$ 0,00
INTERRUPTOR	R\$ 1,00

Fonte: Autoria própria, (2025).

Os experimentos propostos têm como objetivo demonstrar a veracidade dos fenômenos físicos relacionados à Lei de Faraday e às Ondas Estacionárias. Esses conceitos, embora distintos, desempenham papéis importantes no ensino da Física, enriquecendo o entendimento e a aplicação prática dos conteúdos abordados.

Enquanto a Lei de Faraday explora a relação entre fluxo magnético e indução de corrente elétrica, as Ondas Estacionárias evidenciam o comportamento de ondas em meios ressonantes. Por meio de experimentação, é possível ilustrar ambos os fenômenos, proporcionando aos estudantes maior compreensão e clareza sobre os princípios que fundamentam essas teorias físicas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi implementar experimentos de baixo custo como ferramenta didática no ensino de Física. Para isso, foram sugeridos experimentos de fácil fabricação, projetados para serem utilizados em conjunto com a parte conceitual da disciplina, promovendo um aprendizado mais dinâmico e acessível.

A metodologia adotada consistiu em uma pesquisa bibliográfica exploratória, que envolveu a análise de livros, artigos acadêmicos, teses, textos e outros materiais publicados por pesquisadores, garantindo a viabilidade e a segurança das informações obtidas, alinhadas à conjuntura atual do ensino.

Os dados obtidos ressaltam que, há muito tempo, professores e profissionais da educação buscam ferramentas que satisfaçam as necessidades do aprendizado. Com o avanço constante das tecnologias e a demanda crescente por acesso rápido à informação, a educação tem acompanhado essa tendência. Entretanto, a sala de aula, como espaço de interação entre alunos e professores, nem sempre consegue cumprir plenamente esse papel. Para tornar esse ambiente mais interativo, capaz de despertar curiosidades e encadear questionamentos, o trabalho sugere a utilização de experimentos de baixo custo como complemento aos métodos tradicionais de ensino. Embora esses experimentos não sejam a solução definitiva para os desafios educacionais, podem mitigar alguns deles, como a promoção do pensamento crítico e do debate.

O referencial teórico utilizado destacou o papel positivo da experimentação no processo educacional. No contexto da Física, os experimentos são ferramentas viáveis e, quando empregados corretamente, produzem resultados significativos. Eles criam um ambiente de ensino que favorece a fixação dos conceitos relacionados aos fenômenos físicos, sem desconsiderar os conhecimentos prévios e espontâneos dos estudantes. Em geral, as metodologias experimentais são amplamente aceitas nas aulas de Física.

Apesar de seus benefícios, a experimentação apresenta alguns desafios. Nem sempre o ambiente escolar dispõe de espaços adequados para a realização ou apresentação dos experimentos. Nesse sentido, os experimentos de baixo custo se

destacam como uma alternativa prática, podendo ser confeccionados em casa com materiais reaproveitados e de fácil obtenção.

Os experimentos sugeridos neste trabalho foram elaborados em casa, utilizando materiais simples e acessíveis. Eles ilustram fenômenos presentes na eletricidade e nas ondas, conceitos fundamentais no ensino de Física. O primeiro e o segundo experimento abordam os fenômenos físicos relacionados ao campo magnético, permitindo compreender como ele é produzido. O terceiro experimento explora uma área distinta da eletricidade, destacando o comportamento das ondas, sua propagação e características associadas. Esses experimentos proporcionam uma perspectiva prática dos conceitos físicos, tornando o aprendizado mais dinâmico, acessível e envolvente.

Por fim, o trabalho ressalta que os desafios enfrentados na educação sempre existiram e continuam presentes. No contexto da sala de aula, a responsabilidade de enfrentar esses desafios recai frequentemente sobre os professores. No entanto, solucionar tais questões não é uma tarefa exclusiva deles; é necessário um esforço conjunto de todos os envolvidos no processo educacional.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C.; DE CHIARO, S.; ROCHA, F. P. A Física no cotidiano: estratégia no ensino e aprendizagem de física. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 2016. p. 1-6.
- BITENCOURT, A. P.; QUARESMA, F. S. O uso de experimentos de baixo custo como forma alternativa no ensino de Física. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Federal do Amapá, 2008.
- BONJORNO, J. R.; CLINTON, M. R.; PRADO, E. P.; CASEMIRO, R. Física: Eletromagnetismo e Física Moderna. São Paulo: FTD, 2013.
- DA ROSA, C. W.; DA ROSA, A. B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. Revista Iberoamericana de Educação, 2012.
- DE PAULA BELO, P. A.; DE OLIVEIRA, R. M.; DA SILVA, R. C. Reflexos da relação professor-aluno para a aprendizagem no contexto formal de ensino. Práticas Educativas, Memórias e Oralidades - Rev. Pemo, v. 3, n. 2, p. e323880-e323880, 2021.
- ERCOLIN, C. C.; et al. Bobina de Tesla. Revista de enseñanza de la física, 2023.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. Física 3. 5. ed. São Paulo: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora, 2004.
- HAYT JR, W. H.; BUCK, J. A. Eletromagnetismo. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.
- LAGE, E. Campo magnético estacionário. Revista de Ciência Elementar, v. 9, n. 1, 2021.
- LENART, Vinícius Mariani; et al. Demonstração da geração de ondas eletromagnéticas estacionárias em um cabo coaxial. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, p. e20200178, 2020.
- LIMA, J. H. G.; DE SIQUEIRA, A. P. P.; COSTA, S. A utilização de aulas práticas no ensino de ciências: um desafio para os professores. Revista Técnico-Científica do IFSC, p. 486-486, 2013.
- MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. Estudos avançados, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

OLIVEIRA, S. L.; SIQUEIRA, A. F.; ROMÃO, E. C. Aprendizagem baseada em projetos no ensino médio: estudo comparativo entre métodos de ensino. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, v. 34, n. 67, p. 764-785, 2020.

SALEM, S. Perfil, evolução e perspectivas da pesquisa em ensino de Física no Brasil. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2012.

SANTIAGO, A. J.; et al. Construindo um motor elétrico de corrente contínua como aprendizagem ativa da Lei de Faraday. *Revista do Professor de Física – Brasília*, v. 2, n. 2, 2018.

SILVA, C. C.; et al. Proposta de sequência didática para eletromagnetismo com foco em aprendizagem significativa utilizando laboratório de baixo custo. 2024.

STUCHI, A. M.; et al. Proposta de bobina de Tesla de baixo custo para utilização em exposições científicas e demonstrações em sala de aula. *Revista de enseñanza de la física*, v. 33, n. 1, p. 111-120, 2021.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para Cientistas e Engenheiros: Volume 2 - Eletricidade e Magnetismo, Óptica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física II: Termodinâmica e Ondas. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2008.