



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS DE SÃO BERNARDO
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS/ QUÍMICA

CLEUBERT PINHEIRO DE LIMA

**TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO EM CINCO LIÇÕES EXPERIMENTAIS
SIMPLES**

São Bernardo – MA
Abril/2021

CLEUBERT PINHEIRO DE LIMA

**TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO EM CINCO LIÇÕES EXPERIMENTAIS
SIMPLES**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Ciências Naturais/Química da Universidade Federal do Maranhão, Campus de São Bernardo, para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Naturais – Química.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel

São Bernardo – MA

Abril/2021

CLEUBERT PINHEIRO DE LIMA

**TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO EM CINCO LIÇÕES EXPERIMENTAIS
SIMPLES**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Ciências Naturais/Química da Universidade Federal do Maranhão, campus de São Bernardo, para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Naturais – Química.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel

Aprovado em: abril/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão – Campus São Bernardo

Prof.^a Dra. Maria do Socorro Evangelista Garreto
Universidade Federal do Maranhão – Campus São Bernardo

Prof. Dr. Josberg Silva Rodrigues
Universidade Federal do Maranhão – Campus São Bernardo

Minha dedicação deste trabalho vai a Deus e à
minha família.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus que é porto seguro onde podemos confiar. Sua bondade que permitiu a humanidade seguir seu percurso e senhor que governa o destino de cada um de nós. Abençoou mais essa etapa da minha vida com saúde e perseverança.

Aos meus pais que com toda humildade e simplicidade ensinaram-me a ser uma pessoa decente, a respeitar e buscar alcançar meus sonhos de forma honesta ainda que seja com muito trabalho. Agradeço também a toda minha família por estar ao meu lado todo esse tempo me dando força, apoio e confiança em especial a minha maravilhosa mãe, que sempre incentivou não deixando desanimar nas horas difíceis.

Meus agradecimentos a meu competente e estimado professor e orientador Thiago Targino Gurgel, agradeço grandemente pela disposição em ajudar na elaboração e desenvolvimento do trabalho aqui realizado, e pela compreensão que teve comigo durante a etapa de construção da monografia. Devo também agradecer aos professores que se fizeram presente durante meu trajeto na universidade fornecendo conhecimento para minha formação acadêmica e como desenvolvimento para uma pessoa melhor.

Em último, agradeço a todos os meus companheiros de classe e amigos que fiz durante minha vida acadêmica, e em especial ao grupo GPEF que trabalhando junto na conclusão do curso para diminuir o sofrimento, e nos fortalecendo para não desistir do sonho de nos tornar professores e adquirir conhecimento para uma vida mais digna. E também não se esquecendo de agradecer grandemente ao meu amigo que esteve sempre comigo ajudando, Eli Sousa de Oliveira, técnico em eletrônica pelo instituto Padre Reus, que apesar da pandemia da corona vírus, contribuiu no fornecendo de alguns materiais extremamente importantes para a confecção dos experimentos.

Ensinar é tudo que a vida percebe que vai te engrandecer como pessoa

(Dedacilife)

RESUMO

O presente trabalho monográfico foi desenvolvido com o intuito de demonstrar e conceituar os fenômenos de eletromagnetismo por meio de experimentos de baixo custo – pêndulo eletrostático, eletroímã, motor elétrico, gerador elétrico e anel de Thomson. O experimento pode ser um facilitador da compreensão das aulas dos livros didáticos servindo como um complemento para ensinar melhor os conceitos. Os fenômenos observados serão cargas elétricas, eletrização, campo elétrico e magnético e indução eletromagnética. Busca-se entender nesse trabalho, tópicos de eletromagnetismo em cinco lições simples, o estudo feito pelos cientistas e pesquisadores ao longo do tempo e fornecer através dos experimentos produzidos, conhecimento consistente para auxiliar no estudo dos fenômenos naturais e aproximar esse conhecimento do ensino/aprendizagem na escola. Para tanto, valeu-se dos experimentos com material de baixo custo, além de questões teóricas relacionadas ao experimento para demonstração da ciência no contexto da sociedade estudantil. Dentre os vários experimentos de eletromagnetismo disponíveis na literatura científica, nesse trabalho foram escolhidos cinco (5). Pretende-se também conhecer a relação entre eles e os princípios físicos que fundamentam a construção de muitos aparelhos eletromagnéticos, tão fundamentais para o desenvolvimento da sociedade. O CE Cônego Nestor Cunha foi à escola onde se desenvolveu o projeto e a série escolhida foi o 3º Ano do ensino médio.

Palavras-chave: tópicos de eletromagnetismo, experimento de baixo custo, ensino de física.

ABSTRACT

This monographic work was developed in order to demonstrate and conceptualize the phenomena of electromagnetism through low-cost experiments - electrostatic pendulum, electromagnet, electric motor, electric generator and Thomson ring. The experiment can be a facilitator of the understanding of textbook classes, serving as a complement to better teach the concepts. The observed phenomena will be electric charges, electrification, electric and magnetic fields and electromagnetic induction. It seeks to understand in this work, topics of electromagnetism in five simple lessons, the study made by scientists and researchers over time and provide, through the experiments produced, consistent knowledge to assist in the study of natural phenomena and bring this knowledge closer to teaching / learning at school. To this end, it made use of experiments with low-cost material, in addition to theoretical questions related to the experiment for demonstrating science in the context of student society. Among the various electromagnetism experiments available in the scientific literature, five were chosen in this work (5). It is also intended to know the relationship between them and the physical principles that underlie the construction of many electromagnetic devices, so fundamental for the development of society. CE Cônego Nestor Cunha went to the school where the project was developed and the chosen grade was the 3rd year of high school.

Keywords: topics of electromagnetism, low-cost experiment, teaching physics.

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1. Haste de metal e bloco de madeira para construção do pêndulo eletrostático.	
Autoria própria.....	1
Imagem 2. Haste de ferro parafusada na base de madeira. Autoria própria.....	2
Imagem 3. Pêndulo Eletrostático. Autoria própria.....	3
Imagem 4. Pêndulo Eletrostático e cano PVC. Autoria própria.....	4
Imagem 5. Cobre e prego para construção do eletroímã. Autoria própria.....	5
Imagem 6. Eletroímã. Autoria própria.....	6
Imagem 7. Pilhas ligadas em série para alimentar o eletroímã. Autoria própria.....	7
Imagem 8. Enrolamento de fio de cobre para formar uma bobina. Autoria própria.....	8
Imagem 9. Corte de uma chapa de alumínio para construí suporte para bobina. Autoria própria.....	9
Imagem 10. Raspagem de uma parte do fio. Autoria própria.....	10
Imagem 11. Motor elétrico. Autoria própria.....	11
Imagem 12. Fios de cobre sendo enrolados em uma lata. Autoria própria.....	12
Imagem 13. Visão geral do gerador. Autoria própria.....	13
Imagem 14. Gerador acendendo um LED azul. Autoria própria.....	14
Imagem 15. As hastes de ferro enroladas com cobre. Autoria própria.....	15
Imagem 16. Construção do anel a partir da embalagem de spray. Autoria própria.....	16
Imagem 17. Anel de Thomson. Autoria própria.....	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Estruturas dos Experimentos propostos.....	13
1.2 Experimentos de Eletromagnetismo com materiais de baixo custo e do cotidiano ...	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Eletrostática	17
2.1.1 Cargas elétricas.....	18
2.1.2 Lei de Coulomb	19
2.1.3 Condutores e Isolantes.....	20
2.1.4 Eletrização	20
2.1.5 Polarização da carga	21
2.2 Magnetismo	22
2.2.1 Polos magnéticos	24
2.2.2 Campo magnético	24
2.2.3 Domínios magnéticos	25
2.2.4 Correntes elétricas e campos magnéticos	26
2.2.5 Eletroímãs.....	26
2.2.6 Forças magnéticas.....	27
2.3 Indução eletromagnética.....	27
2.3.1 Lei de Faraday	27
2.3.2 Geradores e corrente alternada	29
2.3.3 Transformadores.....	29
2.3.4 Autoindução.....	30
2.3.6 Campo de indução	31
3. RELATO DA CONSTRUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	31
3.1 Materiais utilizados.....	33
3.2 Montagem passo a passo	34
4. EXPERIMENTOS.....	44
4.1 Experimento I - Pêndulo eletrostático	44
4.2 Experimento II – eletroímã.....	44
4.3 Experimento III - Motor elétrico	46
4.4 Experimento IV - Gerador elétrico	49
6 REFERENCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

A FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

A física no ensino médio é basicamente formada de conteúdos que em parte compõem o ensino fundamental e uma breve introdução do ensino superior, repleta de ensinamentos abstratos que pouco desenvolve o interesse no aluno para aprender. No ensino médio os alunos deveriam adquirir habilidades e competências para entender e discutir fenômenos físicos que acontecem no cotidiano. Um cenário de mudanças começou a ser efetivado com as orientações do PCN que tornou os temas abordados pela física, mais voltados para a realidade da vida.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), “a Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos”.

As habilidades estão relacionadas ao modo como o professor expõe o conteúdo e ao trato pedagógico com os estudantes no momento de lecionar um assunto e também, a qualidade do livro didático que a instituição adotou. Um fator importante que influencia no desenvolvimento das habilidades é: mostrar para a classe estudantil que a física possibilita conhecer o mundo que nos cerca e, muito mais que isso, possibilita entender como a sociedade atingiu esse grau de tecnologias.

Ainda, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), “isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas”.

As competências se resumem a entender o funcionamento dos fenômenos que acontecem no dia a dia sejam mecânicos, elétricos ou magnéticos, etc. sobre isso os PCNs discorrem:

No entanto, as competências para lidar com o mundo físico não têm qualquer significado quando trabalhadas de forma isolada. Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens. Em outras palavras, a realidade educacional e os projetos pedagógicos das escolas, que expressam os objetivos formativos mais amplos a serem alcançados, é que devem direcionar o trabalho de construção do conhecimento físico a ser empreendido. (PCN+ - Ensino Médio, p. 2).

Como também a capacidade de explicar por meio da observação, estudo e pesquisa os mecanismos do objeto de interesse. Portanto, as competências estão relacionadas ao currículo pedagógico adotado pela escola, definido no tipo de conteúdo de física que ela entende ser mais relevante para servir de tema estruturador, que é na verdade um assunto, dentro da organização dos PCN ensinado pelo professor.

TEMAS ESTRUTURADORES PARA O ENSINO DE FÍSICA

F3 Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações

Entre os temas estruturadores, que tratam da organização dos conteúdos orientados pelo PCN para organizar o ensino de física no ensino médio merece atenção o tema seguinte: F3 Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações com a obrigação de mostrar o que de fato acontece nos aparelhos eletromagnéticos, como funcionam e os princípios físicos envolvidos que fazem parte do fenômeno do eletromagnetismo. Também isso se aplica a telecomunicações com o advento da televisão, rádio, celular etc., estudando as ondas eletromagnéticas.

Os PCN (p. 24) esclarecem que “grande parte dos aparelhos e equipamentos que fazem parte de nosso dia-a-dia requer energia elétrica para seu funcionamento, permitindo a execução de diferentes funções como iluminar, aquecer, esfriar, centrifugar, triturar, emitir sons e imagens, e assim por diante”.

Sendo o eletromagnetismo um dos temas estruturadores do PCN e como esse fenômeno é uma das causas da geração de energia elétrica podemos estudar alguns equipamentos associados à energia elétrica como motores elétricos e geradores elétricos.

A compreensão do mundo eletromagnético que permeia nosso cotidiano é indispensável para possibilitar o uso adequado, eficiente e seguro de aparelhos e equipamentos, além de condições para analisar, fazer escolhas e otimizar essa utilização. (PCN+ - Ensino Médio, p. 24).

Nesse sentido, PCN (p. 24) deve-se perceber que no mundo contemporâneo a utilização desses equipamentos é feita em larga escala e em quase todos os setores da sociedade. Dessa forma, precisa-se estar de posse de conhecimento de física, mesmo que seja mínimo, para entender o mundo a sua volta. Assim, deve-se estudar e entender os caminhos de funcionamentos dos motores e geradores.

Os motores elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em energia mecânica. Para isso há uma interação entre os campos eletromagnéticos gerados pelos eletroímãs e bobinas de cobre que compõem o motor. A parte estacionária do motor e chamada estator e a parte móvel de rotor.

Reconhecer a relação entre fenômenos magnéticos e elétricos para explicar o funcionamento de motores elétricos e seus componentes, interações envolvendo bobinas e transformações de energia; conhecer critérios que orientem a utilização de aparelhos elétricos como, por exemplo, especificações do INMETRO, gastos de energia, eficiência, riscos e cuidados, direitos do consumidor etc.. (PCN+ - Ensino Médio, p. 25).

O gerador é o inverso do motor, pois transforma energia mecânica em energia elétrica. Visto o que acontece fisicamente no motor para seu funcionamento, ficou claro que é necessário adquirir habilidades e competências para compreender o que de fato ocasiona essa transformação de energia. Ter capacidade de ler algumas especificações como voltagem, frequência, potência etc., além de assuntos como magnetismo, materiais ferromagnéticos, eletrostática e eletricidade, por exemplo.

Em sistemas que geram energia elétrica, como pilhas, baterias, dínamos, geradores ou usinas, identificar semelhanças e diferenças entre os diversos processos físicos envolvidos e suas implicações práticas; compreender o funcionamento de pilhas e baterias, incluindo constituição material, processos químicos e transformações de energia, para seu uso e descarte adequados; compreender o funcionamento de diferentes geradores, para explicar a produção de energia em hidrelétricas, termelétricas etc.. Utilizar esses elementos na discussão dos problemas associados desde a transmissão de energia até sua utilização residencial. (PCN+ - Ensino Médio, p. 26).

1.1 Estruturas dos Experimentos propostos

Na elaboração do trabalho discutiu-se a teoria referente ao fenômeno estudado com a breve inclusão do seu histórico, com um pouco da bibliografia do cientista descobridor e o procedimento para a construção do experimento eletromagnético de baixo custo que ira servir de base para entender o fenômeno analisado.

Em conformidade com o pensamento de alguns autores que discutem a motivação de professores e alunos quando os mesmos estão envolvidos com aulas práticas, verifica-se que:

Para Higa e Oliveira (2012), Nóbrega e Mackedanz (2013), Santos e Curi (2012) e Santos e Fernandes et al. (2018), o ensino no Brasil atualmente apresenta alguns problemas, principalmente devido à falta de profissionais habilitados e motivados em atuar em algumas áreas do conhecimento, como por exemplo, física e química. A desmotivação dos professores surge devido a uma elevada carga horária de trabalho, uma remuneração abaixo do desejado pelos profissionais e pela falta de interesse dos alunos adolescentes. Citam que as aulas de Física são ministradas em sua maioria por profissionais de outras áreas, poucos são os habilitados; o ensino acontece em sua maioria com aulas tradicionais, com teoria e poucas atividades práticas, desmotivando também os alunos.

Nesse sentido, (Souza) em outro momento serão perguntados os conceitos envolvidos na observação do que acontece quando o experimento é manipulado e qual sua relação com a melhoria do ensino/aprendizagem. Tendo o cuidado de confeccionar o experimento com material de baixo custo que seja de fácil acesso aos estudantes para que eles possam reproduzir.

Um passo importante é conciliar os experimentos com a ciência e fornecer subsídios para que percebam as muitas contribuições que ele trouxe e trará para o conhecimento e a vida das pessoas. Seja com a descoberta de leis eletromagnéticas que transformam energia mecânica em energia elétrica ou teorias que se permita estudar os fenômenos da luz com criação de lentes capazes de explorar o universo, por exemplo.

1.2 Experimentos de Eletromagnetismo com materiais de baixo custo e do cotidiano

Os experimentos sempre ajudam no entendimento conceitual e independentemente do assunto abordado eles serão importantes para seu esclarecimento.

A Física é uma ciência baseada em observações experimentais. Portanto, recomendamos que tente suplementar o texto realizando vários tipos de experiências práticas, seja em casa ou no laboratório. Essas experiências podem ser utilizadas para testar as ideias e modelos discutidos em aula ou no livro didático. Por exemplo, o brinquedo comum “slinky” é excelente para estudar propagação de ondas, uma bola balançando no final de uma longa corda pode ser utilizada para investigar o movimento de pêndulo, várias massas presas no final de uma mola vertical ou elástico podem ser utilizadas para determinar sua natureza elástica, um velho par de óculos de sol polarizado e algumas lentes descartadas e uma lente de aumento são componentes de várias experiências de óptica, e uma medida aproximada da aceleração em queda livre pode ser determinada simplesmente pela medição com um cronômetro do intervalo de tempo necessário para uma bola cair de uma altura conhecida. A lista dessas experiências é infinita. Quando os modelos físicos não estão disponíveis, seja imaginativo e tente desenvolver seus próprios modelos. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 27),

O trabalho realizado envolve a aplicação de experimentos confeccionados com material de baixo custo para ensinar conceitos de física sobre eletromagnetismo.

À medida que se planeja experimentos com os quais é possível estreitar o elo entre motivação e aprendizagem, espera-se que o envolvimento do aluno seja significativo e, com isso, acarrete evoluções em termos conceituais. (FRANCISCO JR, 2008, p.34 citado por Macedo p. 23).

Através desses experimentos tem-se a oportunidade de observar a interação entre os fenômenos elétricos e magnéticos.

As leis da eletricidade e do magnetismo desempenham um papel central no funcionamento de dispositivos como telefones celulares, televisores, motores elétricos, computadores, aceleradores de partículas com alta energia e uma série de dispositivos eletrônicos usados na medicina. Contudo, mais fundamental que isso é o fato de que as forças Interatômicas e intermoleculares responsáveis pela formação de sólidos e líquidos são originalmente elétricas. Além disso, forças como as que

empurram e puxam objetos em contato e as forças elásticas em uma mola surgem de forças elétricas a um nível atômico.

Documentos chineses sugerem que o magnetismo já havia sido reconhecido por volta de 2000 a.C. Os antigos gregos observaram fenômenos elétricos e magnéticos, possivelmente já em 700 a.C. Eles descobriram que um pedaço de âmbar, quando friccionado, atraía pedaços de palha ou penas. A existência de forças magnéticas foi conhecida a partir de observações de pedaços naturais de uma pedra chamada magnetita (Fe_3O_4), quando eles foram atraídos para o ferro. (A palavra elétrica vem da palavra grega para âmbar, *elektron*. A palavra magnética vem de Magnésia, uma cidade na costa da Turquia, onde a magnetita foi encontrada.)

Por meio de apresentar um experimento e dele extrair explicações envolvendo conceitos eletromagnéticos, pretende-se mostrar uma forma eficiente de educar os alunos do ensino médio, tornando a ciência mais interessante.

Yaguti, (2012) a experimentação tem uma grande importância e significância no ensino de Física, pois com a sua utilização, podemos observar, descobrir e entender como ocorrem os fenômenos, não apenas no nosso dia a dia, mas também na compreensão das teorias e fórmulas usadas nos livros da área. Esse autor comenta que o objetivo da experimentação é ensinar o conteúdo de Física por meio de atividades experimentais que ilustrem as teorias e possibilitem a compreensão das mesmas (Yaguti, 2012 citado por Santos; Fernandes 2018, p. 68).

Optou-se por usar experimentos que carregassem em si esses conceitos de eletromagnetismo para auxiliar o ensino/aprendizagem dos alunos nas aulas de física.

Ensinar, em qualquer área do conhecimento, sempre foi um desafio. Entretanto, o ensino-aprendizagem das ciências é o que apresenta maior dificuldade e, a cada ano, torna-se mais difícil devido à quantidade de informação e a maneira como essa informação chega ao aluno. A *Internet* facilitou a vida dos alunos e isso, de certa forma, dificultou o trabalho do professor, pois com ela vieram as inúmeras distrações (as redes sociais como o *Facebook*, o *WhatsApp* e vários outros aplicativos) que desviam a atenção do aluno com esses recursos cada vez mais disponíveis.

Acreditamos que tornar as aulas mais atrativas seja uma das saídas para essa problemática, mas surge um dilema: como tornar isso possível; ou como contribuir com a diminuição desse tipo de problema?

Criar/lecionar aulas mais dinâmicas, nas quais os alunos podem participar do processo, talvez seja resposta a essa pergunta. E para avançarmos na direção desse dinamismo, a realização de experimentos, durante as aulas, pode se tornar uma metodologia mais eficaz.

Para o planejamento de uma aula mais dinâmica, na tentativa de fazer do aluno um agente no processo ensino-aprendizagem, no espaço escolar, vários aspectos precisam ser levados em consideração, entre os quais destacamos as aceleradas inovações tecnológicas com as quais eles convivem. Desvincular a escola, ou mesmo a educação, desses instrumentos é ir contra tudo que uma educação de qualidade pretende oferecer aos alunos, em tempos atuais. (GUEDES, 2017, p. 13).

Os experimentos são confeccionados com materiais alternativos, que podem ser encontrados com certa facilidade no dia-a-dia, e são montados em parceria com os alunos para

que eles possam aprender a montar e entender o nome científico do instrumento ou partes do experimento que está sendo demonstrado.

Entende-se que as aulas são muito teóricas e desestimulam os alunos a estudar. Ainda de acordo com (Yaguti, 2012 citado por Santos, Fernandes 2018, p. 65).

[...] cabe ao professor de física desenvolver métodos didáticos eficazes, capazes de fazer seus alunos construir conhecimento sobre os fenômenos da Natureza. O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física, é apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar física.

Desenvolver no estudante a capacidade de entender os conceitos físicos envolvidos no fenômeno que o experimento está representando. Os métodos experimentais priorizam as práticas fortalecendo a maneira de aprender e estruturam a apresentação da física.

Usar atividades experimentais como estratégia para o ensino de física tem sido apontado por todos os participantes desse processo, professores e alunos, como uma das maneiras mais frutífera de se minimizar as dificuldades de aprender e de ensinar a física de modo significativo e consequentemente mais durador, até mesmo de aproximar conhecimento científico de sua vivência escolar. Nesse sentido, no campo das investigações nessa área, pesquisadores têm apontado em literatura nacional recente a importância das atividades experimentais (MORAES, 2000).

Assim, o público alvo, alunos do 3º ano do ensino médio, está prestes a ingressar no maravilhoso mundo das ciências e precisam entendê-lo. Observa-se que nem todos são iguais em aprendizagem, por isso, o experimento é mais uma ferramenta que ajudará a desenvolver o aluno. Como dito anteriormente, em uma análise mais rebuscada percebemos que a física teórica é complexa, como deve ser todo conteúdo científico.

Também é justo pensar o processo de ensino/aprendizagem em outra ótica, que primeiramente reflita a experiência e depois discuta a teoria que o experimento quer explicar. Visto que, a realidade escolar é precária no ensino básico propõe-se a utilização de materiais alternativos para construir os dispositivos experimentais que serão estudados. Foco nas escolas públicas de ensino básico que não dispõe de laboratório, e quando possui não o utilizam por enésimos motivos.

Para o andamento do projeto, na metodologia foi previamente aplicado no CE Cônego Nestor Cunha em Santa Quitéria do Maranhão, no 3º ano do ensino Médio um questionário com dez (10) questões de eletromagnetismo. E após o término do horário foi recolhido todos os questionários devidamente assinados por cada aluno que participou da aula nesse dia, quando corrigido pode-se avaliar o entendimento dos alunos. Ficou acordado que no outro dia a aula seria com o auxílio dos experimentos para explicar conceitos eletromagnéticos.

No dia seguinte montaram-se os experimentos com a ajuda dos alunos e explicaram-se os conceitos observados nos fenômenos manifestados nos experimentos. Nesse mesmo dia, logo depois da explanação dos fenômenos do eletromagnetismo observado na experiência, o

mesmo questionário foi novamente aplicado para servir de comparação com as respostas do primeiro e descobrir se houve evolução na aprendizagem do aluno depois do uso do experimento para explicar os fenômenos observados.

Podem-se explicar alguns fenômenos de eletricidade e magnetismo por intermédio de experiências como o pêndulo eletrostático, eletroímã, motor elétrico e outros, que trazem conceitos de Física. Sabe-se que os fenômenos naturais precisam ser bem esclarecidos, para possibilitar a contribuição do mesmo e relacionar sua importância de ensino. Sem dúvidas, o conhecimento do eletromagnetismo é primordial para o crescimento da sociedade estudantil e desenvolvimento do país, sem mencionar os benefícios tecnológicos trazidos com a aquisição científica desses conhecimentos.

A educação perpassa pelo processo de ensino e aprendizagem, e esse fornecimento de instruções precisa ter qualidade e atender às expectativas sociais e educacionais, as práticas de ensino devidamente corretas seguram os alunos nas escolas. As ciências formam um conjunto de conhecimentos aplicados que organizam muitas áreas do saber. Constituem uma ferramenta importante para o processo de evolução da humanidade e seu ensinamento é necessário, assim como, as metodologias empregadas para elucidação de seus caracteres e as leis gerais que norteiam uma determinada área de enfrentamento humano, que às vezes são difíceis de perceber. Mas o experimento pode ser um facilitador da compreensão das aulas dos livros didáticos servindo como um complemento para ensinar melhor os conceitos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Destinamos este capítulo para abordar questões conceituais de eletrostática, de magnetismo e de indução eletromagnética para um entendimento melhor do fenômeno eletromagnético.

2.1 Eletrostática

São muitos os acontecimentos no dia a dia que demonstram a existência da eletricidade estática, ou seja, as cargas em repouso. Esfregar os pelos de um animal e provocar arrepios, calçar sapatos sem está usando meias, tocar um circuito elétrico com as mãos desprotegidas. São alguns dos vários exemplos que podemos citar.

“A eletrostática envolve cargas elétricas, as forças que existem entre elas, a “aura” que as rodeia e seus comportamentos nos materiais”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 408)

A eletrostática estuda as cargas dos corpos em repouso. A relação que existem entre elas e, as leis físicas que permitem determiná-las. A eletrostática também está associada aos modelos atômicos, uma vez que seu principal objeto de estudo é o elétron.

A eletrostática está presente em todas as partes, nos circuitos elétricos, por exemplo, em fim. “Uma série de experiências simples demonstra a existência de forças eletrostáticas. Por exemplo, após passar um pente através de seu cabelo, você vai descobrir que o pente atrai pedaços de papel. A força eletrostática atrativa pode ser forte o suficiente para suspender os pedaços. O mesmo efeito ocorre esfregando outros materiais, tais como vidro ou borracha”. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 4).

Segundo Halliday (2015) em dias secos podemos criar fagulhas caminhando sobre um tapete, tocando a maçaneta da porta ou tocando em alguém. Essas situações evidenciam a existências de forças eletrostáticas. Ainda conforme esse mesmo autor, a atração de pedaços de papel pelo pente configura-se atração eletrostática também, mas, é encarada como uma simples brincadeira, porém se essa situação se aplica a um circuito elétrico ele pode ser danificado.

2.1.1 Cargas elétricas

As cargas são partículas de interação, de acordo com Halliday (2016) alguns objetos, como uma caneta, por exemplo, apresentam mesmo número de cargas negativas e positivas, são chamados de eletricamente neutro. Nesse caso a soma total das cargas é igual à zero. Normalmente você se apresenta com o corpo neutro, porém em clima seco, se andar em cima de um tapete a carga do seu corpo ficará negativa, por ocasião da troca de cargas entre seu corpo e o tapete.

São propriedades próprias dos corpos e que estão presentes nas partículas constituintes da matéria. “Experimentos demonstram também que existem dois tipos de carga elétrica, nomeadas por Benjamin Franklin (1706-1790) de positiva e negativa”. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 4).

São as partículas formadoras dos átomos e conseqüentemente de todas as formas de existência da terra, incluindo a própria vida. Portanto, as cargas elétricas são as partículas atômicas prótons ou elétrons responsáveis pelo surgimento do eletromagnetismo. Essas cargas podem ser de dois tipos, positivas e negativas, e os corpos podem ainda se apresentar carregados ou neutros dependendo da quantidade, excesso ou falta, e tipos de cargas presentes neles.

Paul-Hewitt (2019, p. 408), diz que “Os termos *positiva* e *negativa* se referem à *carga* elétrica, a grandeza fundamental por trás dos fenômenos elétricos”.

Comenta ainda que” as partículas positivamente carregadas no interior da matéria comum são prótons, e as partículas negativamente carregadas são elétrons. De fato, todas as forças de ligação que mantêm juntos os átomos, formando moléculas, são de natureza elétrica”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 408)

As cargas são sempre conservadas assim como ocorre em sistemas fechados com troca de energia. Os elétrons apenas se deslocam de um átomo para o outro, não há criação ou destruição de cargas.

“Um princípio básico da física é que, sempre que algo é eletrizado, nenhum elétron é criado ou destruído. Eles são simplesmente transferidos de um material para outro. A carga é *conservada*”. (PAUL-HEWITT 2019, p. 408).

Quando dois objetos inicialmente neutros são carregados ao serem friccionados, a carga não é criada no processo. Os objetos se tornam carregados porque os *elétrons* são transferidos de um objeto para o outro. Um objeto ganha certa quantidade de carga negativa dos elétrons para ele transferidos, enquanto o outro perde uma quantidade igual de carga negativa e, portanto, fica com uma carga positiva. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 184).

2.1.2 Lei de Coulomb

A lei de Coulomb trata-se da força elétrica entre duas cargas puntiformes e é semelhante com a força gravitacional. Sendo que a força elétrica pode ser atrativa ou repulsiva enquanto a força gravitacional é sempre atrativa e leva em consideração a massa dos corpos. (Eq. 1 e 2).

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Lei de Coulomb

Eq. 1

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

Lei gravitacional universal

Eq. 2

Porém, essas duas leis assemelham-se por apresentar o inverso do quadrado da distância que permite calcular a força que um corpo exerce sobre o outro a partir da sua posição.

A força elétrica, como a gravitacional, diminui com o inverso do quadrado da distância entre os corpos interagentes. Essa relação foi descoberta por Charles Coulomb, no século XVIII, e é denominada **lei de Coulomb**. Ela estabelece que, para dois objetos eletricamente carregados e que são muito menores do que a distância existente entre eles, a força entre os dois varia diretamente com o produto

de suas cargas, e inversamente com o quadrado da separação mútua. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 411).

“Forças elétricas entre objetos carregados foram medidas quantitativamente por Charles Coulomb usando a balança de torção, que ele mesmo inventou. Coulomb confirmou que a força elétrica entre duas pequenas esferas carregadas é proporcional ao inverso do quadrado da distância de separação r , ou seja, F_e é proporcional a $1/r^2$ ”. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 8).

Portanto, entre os corpos podem existir forças de repulsão e atração conforme a presença de cargas positivas ou negativas nos corpos que interagem. A Lei de Coulomb é exclusiva para pequenas partículas onde suas massas podem ser desprezíveis.

2.1.3 Condutores e Isolantes

Os condutores possuem elétrons livres na sua estrutura atômica com grande capacidade de movimento, facilitando a criação de corrente elétrica.

“É fácil estabelecer uma corrente elétrica em metais, porque um ou mais dos elétrons das camadas mais externas desses átomos não estão firmemente presos aos núcleos”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 411). Os metais são bons condutores de correntes elétricas estão entre os materiais mais usados para esse fim. Os isolantes, ao contrário dos condutores, apresentam os elétrons presos na estrutura do material, dificultando seu movimento.

“Condutores elétricos são materiais em que alguns dos elétrons são elétrons livres que não estão ligados aos átomos e podem se mover de forma relativamente livre através de material; isolantes elétricos são materiais em que todos os elétrons estão ligados aos átomos e não podem se mover livremente através do material”. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 6).

2.1.4 Eletrização

A transferência de elétrons de um material para outro acontece por meio da eletrização. Esse processo de transferência ocorre por contato direto entre corpos. Mas a eletrização também pode ocorrer de forma induzida, sem que nenhum elétron saia do seu material de origem. Portanto, a eletrização se apresenta por atrito ou contato e por indução.

Paul-Hewitt (2019, p. 413), comenta que “todos estamos familiarizados com os efeitos elétricos produzidos pelo atrito. Você pode esfregar o pelo de um gato e escutar depois os

estalidos das faíscas produzidas, ou pentear seu cabelo em frente a um espelho num quarto escuro, para ouvir e ver as faíscas”. Na eletrização por atrito é necessário friccionar o material no outro algumas vezes para que os elétrons sejam transferidos de um material para o outro, portanto, não há criação de cargas, mas, apenas transferência.

Ele também diz que “Se você coloca um objeto negativamente carregado próximo a uma superfície condutora, você fará com que os elétrons se movam pela superfície do material mesmo não havendo contato físico algum”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 414).

Já se tratando de eletrização por contato os materiais precisam encostar um no outro, uma vez que, estamos nos referindo ao contato direto entre as superfícies. Desse modo, os elétrons livres podem migrar diretamente entre os objetos em contato. Deixando um deles com carga positiva e o outro com cargas negativas.

Quando um bastão de vidro que foi esfregado com seda é trazido para perto da haste de borracha, a haste de borracha é atraída para o bastão de vidro [...]. Se duas hastes de borracha carregadas (ou dois bastões de vidro carregados) são trazidas para perto uma da outra, [...], a força entre elas é repulsiva. Esta observação demonstra que a borracha e o vidro têm diferentes tipos de carga. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 6).

Quando existe uma eletrização sem o contato direto entre corpos, apenas envolvendo os campos das substâncias, estamos falando de outra maneira de eletrizar os materiais. Porém nesse caso não envolve transferência de elétrons, apenas as cargas são deslocadas de tal forma a se obter polos com influências negativas e positivas no mesmo objeto eletrizado.

Ainda de acordo com (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 6). “Outra propriedade da carga elétrica é que a carga total em um objeto é quantificada como múltiplos inteiros da carga elementar e ”.

2.1.5 Polarização da carga

Ocorre quando a carga é deslocada para o lado do material sendo ele condutor ou não, devido à presença de um corpo eletrizado. Essa região dependendo do tipo de corpo eletrizado que se aproximou, induz um afastamento ou aproximação e pode apresentar polos com excesso de cargas positivas ou negativas. Conforme Paul-Hewitt (2019, p. 413), “A eletrização por indução não é um processo restrito aos condutores. Quando um bastão eletrizado é trazido para próximo de um isolante, não existem elétrons livres para migrar através do material isolante”.

A polarização é simplesmente o deslocamento das cargas de sinais contrários dentro do mesmo corpo para suas extremidades. As cargas positivas ficam em uma região extrema do corpo e, as cargas negativas na outra região extrema contrária. Deixando o objeto polarizado

Segundo (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 6) “Quando uma haste de borracha carregada negativamente é aproximada da esfera, elétrons na região mais próxima da haste sofrem uma força de repulsão e migram para o lado oposto da esfera. Esta migração sai do lado da esfera perto da haste com uma carga positiva efetiva devido à diminuição do número de elétrons”.

2.1.6 Campo elétrico

A região de influencia ao redor de um corpo eletrizado é chamada de campo elétrico. Essa região percebe a presença de outro objeto, com força elétrica suficiente para ser detectado.

Da mesma forma como o espaço ao redor de um planeta ou de outros corpos massivos está preenchido por um campo gravitacional, o espaço ao redor de cada corpo eletricamente carregado está também preenchido por um **campo elétrico** – uma aura energética que se estende pelo espaço. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 417).

“O conceito de campo foi desenvolvido por Michael Faraday (1791-1867) no contexto das forças elétricas e é de tal valor prático que devemos dedicar muita atenção a ela [...]. Nesta abordagem, diz-se que um campo elétrico existe na região de espaço em torno de um objeto carregado, a carga fonte”. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 6).

Quando outro objeto carregado – a **carga teste** – entra neste campo elétrico, uma força elétrica atua sobre ele. Como exemplo, considere [...] uma pequena carga teste positiva q_0 colocada próxima a um segundo objeto que leva uma carga positiva muito maior Q . Nós definimos o campo elétrico devido à carga fonte no local da carga teste como sendo a força elétrica sobre a carga teste por *unidade de carga*, ou, mais especificamente, o **vetor campo elétrico E** num ponto no espaço é definido como força elétrica F_e agindo sobre uma carga teste positiva q_0 colocada nesse ponto dividida pela carga teste: (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 6).

O campo elétrico sempre existirá ao redor de uma carga, pois ele é uma área de influencia própria da carga, independente da presença ou não de outra força elétrica para detecta-lo. Portanto, o campo elétrico só depende da carga para surgir.

2.2 Magnetismo

O magnetismo é uma propriedade que alguns materiais possuem de atrair ou repelir outros. Essa capacidade natural (magnetita) ou artificial (ferromagnético) foi percebida pelos filósofos gregos na antiguidade.

Paul-Hewitt (2019, p. 37), diz que “[...] o termo magnetismo provém da região da Magnésia, uma província da Grécia onde certas rochas chamadas magnetitas possuem a propriedade surpreendente de atrair pedaços de ferro”.

Ainda no observado sobre as propriedades das rochas “[...] os ímãs foram os primeiros a serem empregados em bússolas e usados pelos chineses no século doze”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 420)

O âmbar carregava a propriedade intrínseca de atrair outros materiais e esses materiais quando submetidos a determinadas condições também desenvolviam essa característica antes pertencente ao âmbar. O magnetismo é próprio dos materiais com finalidade de formar dipolos, que são conhecidos como ímãs, e quando quebrados sempre apresentam polos negativos e positivos.

O termo *magnetismo* provém do nome Magnésia, um distrito costeiro da antiga Tessália, na Grécia, onde pedras incomuns eram encontradas pelos gregos há mais de 2.000 anos. Tais pedras, chamadas de *ímãs naturais*, possuem a propriedade surpreendente de atrair pedaços de ferro. Os ímãs foram primeiro empregados em bússolas e usados para navegação pelos chineses, no século XII.

No século XVI, William Gilbert, médico da rainha Elizabeth I, confeccionou ímãs artificiais esfregando pedaços de ferro comum em pedaços de magnetita. Ele também sugeriu que uma bússola sempre se alinhe com a direção norte-sul, porque a Terra possui propriedades de um ímã. Mais tarde, na Inglaterra, em 1750, John Michell, físico e astrônomo inglês, descobriu que os polos magnéticos obedecem à lei do inverso do quadrado da distância, e seus resultados foram confirmados por Charles Coulomb. Os campos da eletricidade e do magnetismo desenvolveram-se quase que independentemente um do outro até 1820, quando um professor de ciências dinamarquês chamado Christian Oersted descobriu, durante uma demonstração em sala de aula, que uma corrente elétrica afeta uma bússola magnética. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 420)

A terra também apresenta magnetismo devido ao seu núcleo composto de ferro e os polos terrestres são contrários e próximos dos polos magnéticos da terra. Segundo Paul-Hewitt (2019 p. 453) “no século XVI, só para melhor fixação, William Gilbert, médico da rainha Elizabeth I, confeccionou ímãs artificiais esfregando pedaços de ferro comum em pedaços de magnetita. Ele também sugeriu que uma bússola sempre se alinhe com a direção norte-sul, porque a Terra possui propriedades de um ímã”.

Ainda de acordo com Paul-Hewitt (2019) o magnetismo é uma propriedade que alguns materiais possuem de atrair outros. Essa capacidade natural ou artificial foi percebida pelos filósofos gregos na antiguidade. O âmbar carregava a propriedade intrínseca de atrair

outros materiais e, esses pequenos materiais quando submetidos a determinadas condições também desenvolviam essas características antes pertencente ao âmbar.

2.2.1 Polos magnéticos

Quando a atração ou repulsão entre ímãs acontecem os componentes envolvidos no processo são conhecidos como polos magnéticos. Polos iguais se repelem e, polos diferentes se atraem. Os ímãs sempre apresentam dois polos magnéticos que se denominam de polo norte e polo sul.

Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 140, “em 1269, Pierre de Maricourt (c. 1220-?) traçou as direções indicadas por uma agulha magnetizada ao ser colocada em diversos pontos na superfície de um ímã natural esférico. Ele percebeu que as direções formavam linhas que cercavam a esfera e passavam por dois pontos diametralmente, um oposto ao outro, que ele denominou de polos do ímã”.

Os polos são responsáveis pelo surgimento da força e do campo magnético nos ímãs naturais. Eles sempre estarão aos pares e nunca acontecem individualmente mesmo quebrando os ímãs as frações muito pequenas.

As forças que os ímãs exercem entre si são parecidas com as forças elétricas, pois elas também podem atrair ou repelir sem tocar, dependendo de quais extremidades dos ímãs estão mais próximas. Também como as forças elétricas, as intensidades de suas interações dependem da distância de afastamento entre os dois ímãs. Enquanto as cargas elétricas são centrais para as forças elétricas, são as regiões dos ímãs chamadas de *polos magnéticos* que dão origem às forças magnéticas.

Se você suspender um ímã em barra por um barbante amarrado no centro da barra, obterá uma bússola. Uma das extremidades aponta para o norte e, por isso, é chamada de *polo norte magnético*, enquanto a outra aponta para o sul e é chamada correspondentemente de *polo sul magnético*, que chamaremos, mais simplesmente, de *polos norte e sul*, respectivamente. Qualquer ímã possui tanto um polo norte como um polo sul (embora alguns ímãs possuam mais de um de cada tipo). Os ímãs de refrigerador, muito populares nos últimos anos, possuem atrás tiras estreitas com polos sul e norte que se alternam ao longo do comprimento. Esses ímãs são suficientemente fortes para segurar folhas de papel contra a porta do refrigerador, mas têm um alcance muito curto em virtude do cancelamento promovido entre os polos norte e sul. Em um ímã em barra simples, um único polo Norte e um único polo Sul situam-se nas extremidades da barra. Um ímã comum do tipo ferradura é simplesmente uma barra que foi dobrada até adquirir a forma da letra “U”. Seus polos estão também nas duas extremidades. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 454)

2.2.2 Campo magnético

A região do espaço em torno de uma carga em movimento ou de um ímã natural constitui um campo magnético. Nos ímãs esse campo magnético tem origem no polo norte e

termina no polo sul. A região de influência desse campo depende de alguns fatores como, a velocidade, no caso das cargas, ou a força magnética, no caso dos ímãs.

Entendido que “o espaço que circunda o ímã contém um campo magnético. A forma do campo é revelada pela limalha, cujos pequenos pedaços de ferro se alinham com as linhas do campo magnético, que se espalham a partir de um dos polos e retornam pelo outro”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 454)

Lembre-se de que um campo elétrico circunda qualquer carga elétrica estacionária. A região do espaço que envolve uma carga em movimento inclui um campo magnético, além do campo elétrico. Um campo magnético também envolve qualquer material magnético. Entendemos que o campo magnético é um campo vetorial, assim como o campo elétrico. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 141).

Como dito anteriormente, campo magnético é um campo vetorial. Pois além de determinar o valor do campo em módulo, temos que expressar o sentido e a direção. Ele assume algumas equações dependendo da situação do campo em análise.

2.2.3 Domínios magnéticos

Envolvem os átomos e os momentos magnéticos presentes nos materiais ferromagnéticos, como cobalto, níquel e outros. Reforçando o magnetismo desses materiais, uma vez que, o alinhamento dos domínios permite magnetizar todos os domínios no mesmo sentido. Tornando o magnetismo do material aumentado, devido os domínios se encontrarem alinhados com o campo magnético.

Paul-Hewitt (2019, p. 456), sugere que” o campo magnético gerado por um átomo de ferro individual é tão intenso que as interações entre átomos vizinhos podem dar origem a grandes aglomerados desses átomos, alinhados uns com os outros. Esses aglomerados de átomos alinhados são chamados de domínios magnéticos”.

Todos os materiais ferromagnéticos possuem regiões microscópicas denominadas **domínios**, nos quais todos os momentos magnéticos estão alinhados. Os domínios têm volume entre 10^{-12} a 10^{-8} m³ e contêm de 10¹⁷ a 10²¹ átomos. Os limites entre os vários domínios com orientações diferentes são chamados **paredes de domínios**. Em uma amostra não magnetizada, os momentos magnéticos nos domínios são orientados aleatoriamente para que o momento magnético resultante seja zero, como na Figura 22.38a. Quando a amostra é colocada em um campo magnético externo, o tamanho desses domínios com momentos magnéticos alinhados com o campo cresce, enquanto os domínios nos quais os momentos magnéticos não estão alinhados com o campo se tornam muito pequenos, o que resulta em uma amostra magnetizada [...]. Quando o campo externo é removido, a amostra pode reter a maior parte de seu magnetismo. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 167).

2.2.4 Correntes elétricas e campos magnéticos

O cientista dinamarquês Hans Cristian Oersted descobriu que a passagem de corrente elétrica por um fio condutor gera um campo magnético, no seu laboratório no ano de 1820. A partir desse momento ficou estabelecido o estreito relacionamento entre os campos da eletricidade e do magnetismo.

“Uma vez que o movimento de uma carga produz um campo magnético, segue que uma corrente de cargas também produz um campo desse tipo”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 454).

Os cientistas e pesquisadores começaram a estudar essa relação e desenvolveram uma área da física chamada de eletromagnetismo. O aprofundamento do estudo nessa área permitiu a produção de inúmeros benefícios para a humanidade, inclusive a produção de energia em larga escala.

“A relação entre o magnetismo e a eletricidade foi descoberta em 1819, quando ao preparar uma demonstração, o cientista dinamarquês Hans Christian Oersted percebeu que uma corrente elétrica em um fio desviou uma agulha de uma bússola que estava próxima”. Conforme relatou, (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 141).

2.2.5 Eletroímãs

Quando se enrola um fio reto formando várias espiras e se faz passar uma corrente elétrica pelo fio constrói-se um eletroímã. O enrolamento de fios adquire propriedades magnéticas, podendo atrair objetos metálicos. Os eletroímãs se tornam mais fortes quando o seu núcleo é percorrido pelo material ferromagnético.

“Uma bobina conduzindo uma corrente elétrica constitui um eletroímã. A intensidade de um eletroímã pode ser aumentada simplesmente aumentando-se a corrente que flui pelo dispositivo e o número de espirais em torno do núcleo”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 459).

Os eletroímãs possuem muitas aplicações em vários setores desde o uso em casa até o emprego em grandes indústrias. Ele será feito de acordo com a finalidade de uso podemos ter sei poder de atração aumentado significativamente com a introdução do ferro em seu interior.

2.2.6 Forças magnéticas

Uma força magnética se manifesta em uma partícula em movimento ou na interação entre dois campos magnéticos. Essa força magnética é dependente do campo magnético gerado ou da corrente elétrica que venha produzir tal campo. Ela pode ser também perpendicular ao campo e a corrente elétrica.

Paul-Hewitt (2019, p. 460) destaca que “uma partícula carregada e em repouso não interage com um campo magnético estático. Mas se esta partícula se mover em um campo magnético, o caráter magnético de uma carga em movimento se manifesta”.

A força magnética é proporcional à carga q da partícula.

- A força magnética sobre uma carga negativa é oposta à força sobre uma carga positiva se movimentando no mesmo sentido.

- A força magnética é proporcional ao módulo do vetor $\mathbf{B}$ do campo magnético.

Os seguintes resultados, que são *totalmente diferentes* daqueles encontrados nos experimentos das forças elétricas, também foram encontrados:

- A força magnética é proporcional à velocidade v da partícula.

- Se o vetor da velocidade forma um ângulo θ com o campo magnético, o módulo da força magnética é proporcional a $\sin \theta$.

- Quando uma partícula carregada se movimenta *paralelamente* ao vetor do campo magnético, a força magnética sobre a carga é zero.

- Quando uma partícula carregada se movimenta em uma direção *não* paralela ao vetor do campo magnético, a força magnética age em uma direção perpendicular a $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$; ou seja, a força magnética é perpendicular ao plano formado por $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$.

2.3 Indução eletromagnética

O movimento de um ímã no interior de uma bobina, que é um conjunto de espiras enroladas em sequência, gera uma corrente elétrica induzida. A descoberta desse fenômeno permitiu a produção de inúmeros aparelhos de uso doméstico e industrial.

2.3.1 Lei de Faraday

Faraday e Henry descobriram que a corrente elétrica pode ser produzida simplesmente movendo-se um ímã para dentro ou para fora das espiras de uma bobina. Não era necessária para isso qualquer bateria ou outra fonte de voltagem - apenas o movimento do ímã em relação bobina. Eles descobriram que a voltagem é causada, ou induzida pelo movimento relativo entre um fio e um campo magnético. A voltagem é induzida se o campo magnético de um ímã se move próximo ao condutor estacionário, ou se o condutor se move em um campo magnético estacionário. Os resultados são os mesmos para o mesmo movimento relativo. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 424)

A indução eletromagnética permite a produção de energia elétrica por meio da movimentação de um ímã no interior de uma bobina, algo muito extraordinário se levar em consideração a importância da eletricidade na vida de hoje. Nesse sentido, PAUL-HEWITT

(2019) diz que se um ímã é empurrado para dentro de uma espira uma corrente elétrica aparecera no fio que forma essa espira. Quanto mais espiras, maior será a força de resistência para mover o ímã e maior será a quantidade de energia produzida. Nos experimentos realizados por Faraday e Henry no início do século XIX na Inglaterra e Estados Unidos, respectivamente, mostrou que um campo variável pode gerar (induzir) uma corrente elétrica Serway (2014). A lei da indução ou lei de Faraday é responsável pela produção de energia em larga escala que gera a maioria da energia utilizada pelas pessoas no planeta e permite também a produção de muitas máquinas elétricas que facilitam o cotidiano. Essa lei revela que campos elétricos induzem campos magnéticos e vice-versa. Bechara et al. (2014).

O fenômeno que revolucionou a maneira como a sociedade passou a se desenvolver, uma velocidade nunca antes vista na história da humanidade e possibilitou também viver melhor com mais comodidade e segurança.

A indução eletromagnética está sempre ao nosso redor. Numa estrada, ela aciona um semáforo quando um carro passa acima – e altera o campo magnético dentro – das espiras de fio que estão abaixo da superfície da rodovia. Os carros híbridos a utilizam para converter parte da energia que seria dissipada durante o frenagem em energia elétrica para suas baterias. Temos a indução eletromagnética em uso, nos sistemas de segurança dos aeroportos, quando passamos por detectores de metal e, se estivermos portando alguma quantidade significativa de ferro, alterará o campo magnético das espiras e disparará um alarme. Nós a empregamos quando passamos a película magnética de um cartão de pagamentos em um *scanner*. Como veremos no final deste capítulo e no início do seguinte, ela está por trás das ondas eletromagnéticas que denominamos luz. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 471)

As ferramentas e dispositivos que existem com funcionamento baseado nesse princípio são inúmeros e estão em todos os setores da sociedade, pode-se até dizer que a indução eletromagnética é onipotente.

Uma aplicação interessante da Lei de Faraday é a produção de som em uma guitarra elétrica (Fig. 23.6). Nesse caso, a bobina, chamada de *bobina de captação*, é posicionada perto de uma corda vibratória, feita de um metal que pode ser magnetizado. Um ímã permanente dentro da bobina magnetiza a parte da corda localizada próxima à bobina. Quando a corda vibra em alguma frequência, a parte magnetizada produz um fluxo magnético sobre a bobina. O fluxo variável induz uma força eletromotriz na bobina, que por sua vez é enviada para um amplificador. A saída do amplificador é enviada para os alto-falantes, que produzem as ondas sonoras que ouvimos. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 184).

Os experimentos tratam desse fenômeno sem o qual a eletricidade seria restrita e os aparelhos também seriam limitados e a existência humana teria um maior grau de dificuldade, levando as pessoas a conviverem com muitas limitações. Por isso, esse fenômeno segundo muitos estudiosos é de fundamental importância para a vida prática.

A lei de Faraday afirma que uma variação temporal do campo magnético da origem a um campo elétrico. Essa lei tem grande importância, tanto do ponto de vista

teórico como das suas aplicações. Ela é uma das equações de Maxwell, sendo fundamental para a compreensão de muitos fenômenos, entre eles a propagação de ondas eletromagnéticas. Dentro de uma perspectiva tecnológica, por outro lado, é a lei de Faraday que está por trás de toda a geração de energia elétrica em grande escala, tal como ocorre nas usinas hidroelétricas. Bechara et al. (2014).

2.3.2 Geradores e corrente alternada

Os geradores produzem energia elétrica quando um ímã é movimentado na região de campo próximo de uma bobina. Ou quando um arranjo de bobinas é mergulhado numa região de influencia magnética, desde que exista uma variação de fluxo magnético. “Quando uma das extremidades de um ímã é empurrada rapidamente, repetidas vezes, para dentro e para fora de uma bobina, o sentido da voltagem induzida se alterna”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 459).

O sentido da corrente no gerador vai se alternando conforme o ímã se afasta e se aproxima da bobina. O que faz surgir essa corrente alternada é a força mecânica empregada para empurrar ou afastar o ímã da bobina e, essa energia mecânica gasta é convertida em energia elétrica.

Ele consiste em uma bobina posicionada dentro de um campo magnético externo e girada por um agente externo, que representa o trabalho na entrada. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 191).

2.3.3 Transformadores

Os transformadores são estruturas formadas com duas bobinas com enrolamentos de quantidades e diâmetros de fios diferentes. Onde o campo gerado em uma bobina induz uma corrente elétrica na outra, e essa corrente transformada pode assumir um valor menor ou maior dependendo de quantas voltas e também da espessura dos fios nas bobinas, primária e secundária do transformador.

A energia elétrica pode ser levada por fios compridos, e agora veremos como ela pode ser levada através do espaço vazio. A energia pode ser transferida de um aparelho para outro com o arranjo simples. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 475). Observe que uma das bobinas está ligada a uma bateria, e a outra a um galvanômetro. É costume nos referirmos à bobina conectada à fonte de potência como o primário (entrada), e ao outro circuito como o secundário (saída). (PAUL-HEWITT, 2019, p. 475).

“Um transformador [...] consiste em um par de bobinas enroladas em uma estrutura de ferro. Quando uma tensão AC é aplicada em uma das bobinas, a *primária*, as linhas do campo magnético que passam pela segunda bobina, a *secundária*, induzem uma FEM em um resistor de carga *RL*”. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 192).

2.3.4 Autoindução

A autoindução é a interação entre as espiras de uma mesma bobina e também entre uma segunda espira. O campo magnético de uma espira interage com as outras espiras, tanto do mesmo enrolamento como em um segundo enrolamento, ou seja, a autoindução acontece em todas as espiras presentes no sistema de bobinas.

“As espiras de uma bobina conduzindo corrente interagem não apenas com as espiras de outra bobina, mas também com as espiras da mesma bobina a que pertencem. Cada espira interage com o campo magnético que circunda a corrente em cada uma das outras espiras da mesma bobina”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 478).

“De acordo com a Lei de Lenz, um campo elétrico induzido nos fios deve, portanto, ter sentido oposto à corrente, e a FEM oposta resulta em um aumento *gradual* da corrente. Esse efeito é chamado de *autoindução* porque o fluxo magnético variável no circuito vem do circuito em si. A FEM estabelecida nesse caso é chamada **FEM autoinduzida**”. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 196).

2.3.5 Transmissão de energia

Os transformadores aqui desempenham um papel importante na transmissão de energia, pois transformam a energia gerada nas usinas, em alta voltagem para viajar em extensas linhas de transmissão ao longo de todo o país. A energia só chega na sua casa devido a atuação novamente do transformador, mas agora diminuindo a tensão da corrente.

Sobre a transmissão de energia, Paul-Hewitt (2019, p. 37), diz que “a energia é gerada em 25.000 V ou menos, depois é elevada para 750.000 V a fim de ser transmitida por longas distâncias, e, então, é abaixada em estágios, nas subestações e nos pontos de distribuição, para valores de voltagem adequados a aplicações industriais (frequentemente para 440 V ou mais) e residenciais (240 e 120 V)”.

Grande parte da sua experiência diária envolve o trabalho com dispositivos que operam em energia recebida por meio de transmissão de energia elétrica fornecida pela companhia de energia elétrica. Até mesmo o seu próprio corpo é uma máquina

eletroquímica que usa eletricidade extensivamente. Nervos transportam impulsos de sinais elétricos, e as forças elétricas estão envolvidas no fluxo de materiais através das membranas celulares. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 3).

2.3.6 Campo de indução

O campo magnético variável produz um campo elétrico induzido, que por sua vez, gera um campo magnético. Um vai alimentando o outro e se propagando no ar gerando ondas eletromagnéticas. Aqui não mais estamos falando exclusivamente de geração de energia e construção de objetos eletromagnéticos, mas também da velocidade da luz. Que é a propagação de campos elétricos e magnéticos.

“A indução eletromagnética tem sido, até aqui, discutida em termos da produção de voltagens e correntes. De fato, os *campos* mais básicos estão na raiz tanto das voltagens quanto das correntes”. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 479).

Como o fluxo normal das cargas em um circuito se dá devido a um campo elétrico nos fios proveniente de uma fonte, como uma bateria, podemos pensar que o campo magnético variável está criando um campo elétrico induzido. Esse campo elétrico aplica uma força sobre as cargas, fazendo com que se movam. Com essa abordagem, portanto, vemos que um campo elétrico é criado no condutor como resultado do campo magnético variável. De fato, a lei da indução eletromagnética pode ser interpretada da seguinte forma: um campo elétrico é sempre gerado por um campo magnético variável, mesmo na ausência de cargas. O campo elétrico induzido, entretanto, possui propriedades diferentes das do campo eletrostático produzido por cargas em repouso. (Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. 2014, p. 3).

3. RELATO DA CONSTRUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

No dia 7 de julho de 2019 iniciou-se a construção do **pêndulo eletrostático**. Na manhã desse dia juntou-se todo material necessário para construí o experimento, e em seguida começou-se a moldar as peças e no dia seguinte encaixar as partes e assim terminou-se a parte estrutural do experimento. O fio grosso de cobre foi encontrado no enrolamento de um transformador em um amplificador de som e a base de madeira é um pequeno retângulo de compensado disponível em serrarias que trabalham com esse tipo de material. A linha (fio de algodão) consegue-se um pedaço na casa de costuras ou com sapateiros e o papel de alumínio possui um preço acessível (2,50).

No dia 14 de julho de 2019 a confecção foi do **eletroímã** com obtenção do cobre para construção da experiência tirada da carcaça de um ventilador velho, sem uso. O parafuso foi obtido do desmonte de um motor de indução que não funciona mais. As moedas ou pregos que serão atraídos pelo eletroímã devem ser preferencialmente pequenos para melhor efeito de agrupamentos.

No dia 21 de julho de 2019 trabalhou-se na construção do Motor elétrico. O cobre utilizado para fazer a bobina é de diâmetro menor que do pêndulo eletrostático e igual tamanho do diâmetro do fio usado para fazer o eletroímã. Pegou-se o compensado que restou da base do pêndulo eletrostático para fixar o motor elétrico. No comercio, a bilha que servira para alimentar o motor elétrico é barata custa R\$ 3,00 reais e os suportes são compostos de qualquer metal que possa ser maleável e transformados em ganchos para segurar o eixo da bobina.

No dia 28 de julho de 2019 preparou-se o Gerador elétrico usando praticamente os mesmos materiais da construção do motor elétrico. Tiraram-se as fotos de todos os materiais utilizados e depois juntamos as peças e construiu-se o experimento

No dia 04 de agosto de 2019 a construção foi do Anel de Thomson. Pensou-se em utilizar o material que sobrou para mostrar a variedade de aparelhos e materiais que podem ser feitos com o fenômeno do eletromagnetismo. Não se conseguiu o efeito esperado no primeiro teste e descobriu que foi a conexão que estava errada.

3.1 Materiais utilizados

- ❖ Fio de cobre (custo zero)
- ❖ Cano PVC (custo zero) ou caneta
- ❖ Papel toalha (2,50) folha de papel comum
- ❖ Peça de madeira (custo zero)
- ❖ Parafuso (1,00 real)
- ❖ Pregos
- ❖ Peça de linha de algodão
- ❖ Peça de ferro
- ❖ 5 moedas de 5 centavos
- ❖ Papel alumínio ou isopor
- ❖ 2 grampos
- ❖ 1 copo plástico
- ❖ 2 argolas
- ❖ Ímãs
- ❖ Latas de alumínio
- ❖ Uma fonte de 80 V
- ❖ Cola
- ❖ Uma vareta de parafuso (10)

3.2 Montagem passo a passo

Pêndulo eletrostático

Para fixar a haste feita de arame na base de madeira use o parafuso



Imagem 1. Haste de metal e bloco de madeira para construção do pêndulo eletrostático. **Autoria própria.**

Depois de fixada na base de madeira meça aproximadamente 14 ou 15 cm e curve a haste até formar um ângulo de 90° (aproximadamente).



Imagem 2. Haste de ferro parafusada na base de madeira. **Autoria própria.**

Na extremidade curva da haste amarre a linha. No final da linha firme o papel alumínio (enrolado como uma esfera maciça)

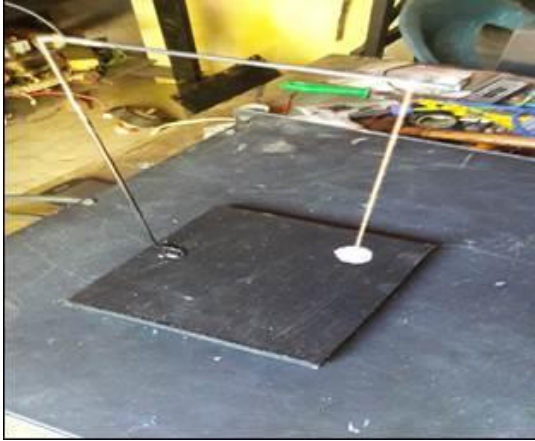


Imagem 3. Pêndulo Eletrostático. **Autoria própria**

Com o papel toalha esfregue o cano PVC em apenas um sentido. Após realizar esse processo aproximadamente 10 vezes. Lentamente aproxime o cano PVC do pêndulo eletrostático e observe o que acontece.



Imagem 4. Pêndulo Eletrostático e cano PVC. **Autoria própria.**

Eletroímã

Reserve um fio de cobre esmaltado e um parafuso ou prego, e também um fio de 2000 cm de comprimento e ainda umas pilhas ou bateria de 9 V.



Imagem 5. Cobre e prego para construção do eletroímã. **Autoria própria**

Enrole os 2000 cm de cobre no parafuso ou prego. Tendo o cuidado de deixar 10 cm aproximadamente em cada extremidade



Imagem 6. Eletroímã. Autoria própria.

Conecte os terminais da pilha ou bateria as extremidades do eletroímã



Imagem 7. Pilhas ligadas em série para alimentar o eletroímã. Autoria própria.

Motor elétrico

Enrole o cobre em um frasco de spray ou outro corpo cilíndrico qualquer.

Até formar uma bobina com 25 espiras.



Imagem 8. Enrolamento de fio de cobre para formar uma bobina. **Autoria própria.**

Utilize o pedaço de arame ou folhas de alumínio para construí dois suportes



Imagem 9. Corte de uma chapa de alumínio para construí suporte para bobina. **Autoria própria.**

A bobina deve ser colocada nos suportes de arame, sendo que uma das extremidades da bobina precisa estar raspada até a metade do fio.



Imagem 10. Raspagem de uma parte do fio. **Autoria própria.**

Conecte as pilhas ao suporte com a bobina e observe



Imagem 11. Motor elétrico. **Autoria própria.**

Gerador elétrico

Para montagem do gerador precisa-se construí as bobinas enrolando o fio de cobre para formar as espiras no copo de plástico.



Imagem 12. Fios de cobre sendo enrolados em uma lata. **Autoria própria.**

Use a haste de ferro para suporte onde se possa colocar o ímã



Imagem 13. Visão geral do gerador. **Autoria própria.**

Com a mão gira o eixo para induzir um campo elétrico na bobina



Imagem 14. Gerador acendendo um LED azul. **Autoria própria.**

Anel de Thomsom

O procedimento para montagem do experimento começa com enrolamento de 300 espiras. Procure em oficinas eixo usados de moto ou compre um parafuso de 3 cm de diâmetro aproximadamente.



Imagem 15. As hastes de ferro enrolados com cobre. **Autoria própria**

Introduza o eixo de ferro no interior do cano que foi enrolado com o cobre. Serre embalagens metálicas de esplay para fazer argolas de metal.



Imagem 16. Construção do anel a partir da embalagem de splay. **Autoria própria.**

Coloque as argolas no núcleo de ferro na parte acima das espiras e com o núcleo de ferro fixado na base de madeira ligue-o a tomada



Imagem 17. Anel de Thomson. **Autoria própria.**

3.3 Questões chaves

1. Sob a complexidade dos fenômenos elétricos, está à lei fundamental da qual praticamente todos os outros efeitos têm origem. Qual é essa lei fundamental?

R. Cargas de mesmo sinal se repelem; cargas de sinais contrários se atraem.

2. Como a carga de um elétron difere da de um próton?

R. A carga de um elétron tem mesmo módulo, mas sinal oposto à de um próton.

3. Se você arranca elétrons do tapete para sua pele ao caminhar sobre o tapete, você está sendo eletrizado negativamente ou positivamente?

R. Você possuirá mais elétrons após ter esfregado a pele dos pés ao caminhar, de modo que acaba negativamente eletrizado (e o tapete está positivamente carregado).

4. Se um próton é repelido com certo valor de força por uma partícula carregada, como essa força diminuirá se o próton for deslocado para uma posição três vezes mais distante da partícula? E cinco vezes mais distante?

R. O mesmo valor de força, de acordo com a terceira lei de Newton – mecânica básica! Lembre que uma força é a interação entre duas coisas, neste caso, entre o próton e o elétron. Eles se atraem mutuamente – e igualmente.

Eletroímã:

5. Cada ímã possui necessariamente um polo norte e um polo sul?

R. Sim, da mesma forma que uma moeda tem dois lados, uma “cara” e uma “coroa”. Alguns ímãs de truques de mágica possuem mais do que dois polos, mas mesmo assim os polos continuam aparecendo aos pares.

6. Como um ímã pode atrair um pedaço de ferro que não está magnetizado?

R. Os domínios de um pedaço de ferro não magnetizado são induzidos ao alinhamento por um campo magnético gerado por um ímã próximo. Da mesma forma que os pedaços de papel, que saltam ao serem atraídos pelo pente, pequenos pedaços de ferro saltarão em direção a um ímã colocado perto deles. Mas diferentemente do que acontecem com os pedaços de papel, eles não são repelidos após tocarem no ímã.

7. Que lei da física afirma que se um fio conduzindo corrente elétrica exerce força sobre um ímã, então um ímã deve exercer uma força sobre um fio que conduz uma corrente elétrica?

R. A terceira lei de Newton. Ela se aplica a *todas* as forças da natureza.

8. Por que os campos magnéticos de ímãs supercondutores geralmente são mais intensos do que os campos dos ímãs convencionais?

R. Um fluxo maior de elétrons produz uma intensidade de campo magnético maior.

Motor Elétrico

9. Qual é a diferença dos polos magnéticos dos ímãs comuns de geladeira e os ímãs em barra comuns?

R. Os ímãs de geladeira possuem faixas estreitas de polos norte e sul alternadas. Esses ímãs são suficientemente fortes para segurar folhas de papel contra a porta de um refrigerador, mas tem um alcance muito curto porque os polos norte e sul se cancelam a curtas distancias de uma superfície magnética.

10. Seu colega lhe diz que se você acionar manualmente, com uma manivela, o eixo de um motor CC, ele funcionará como um gerador CC. Você concorda ou discorda?

R. Concorde com o colega. Qualquer enrolamento de fio que gire em presença de um campo magnético cujas linhas de campo o cortem constitui um gerador.

11. Se você tivesse em suas mãos nada além de duas barras de ferro, – uma magnetizada e outra não – como poderia determinar qual delas é o ímã?

R. Para determinar qual das duas barras é um ímã somente a partir de suas interações uma com a outra, posicione uma das extremidades da barra 1 no ponto médio da barra 2 (formando um “T” com as duas). Se houver atração, a barra 1 é um ímã. Se não houver, a barra 2 é um ímã.

12. Por que um núcleo de ferro aumenta a indução eletromagnética em uma bobina?

R. Os domínios magnéticos que se encontram alinhados no núcleo de ferro contribuem para o campo magnético total do enrolamento e, portanto, aumentam sua indução magnética.

13. . De que maneira a orientação da força magnética e seus efeitos diferem entre o efeito motor e o efeito gerador, como mostrado na Figura 25.7?

R. Em ambos os casos, a orientação da força magnética é perpendicular a do campo magnético e a do movimento das cargas – mas com resultados diferentes. No efeito motor, a força magnética empurra o fio para cima. No efeito gerador, o fio é empurrado para baixo e o campo magnético força os elétrons na direção ao longo do fio, produzindo uma corrente.

14. Um determinado comprimento de um fio condutor é dobrado, transformando-se numa espira fechada, e um ímã é bruscamente empurrado para dentro da espira, induzindo uma voltagem e, conseqüentemente, uma corrente no fio. Um segundo pedaço do mesmo fio, duas vezes mais comprido, é dobrado para formar duas espiras completas e um ímã é empurrado bruscamente para dentro delas. Uma voltagem com o dobro do valor da anterior é induzida nessa espira dupla, mas a corrente é de mesmo valor da que flui na espira única. Por quê?

R. Uma vez que toda a resistência elétrica, neste caso, se deve meramente ao próprio fio (e não a outras cargas externas), o dobro de comprimento de fio significa o dobro da resistência.

Dessa forma, embora o dobro de fio signifique dobro da voltagem, com o dobro da resistência a corrente será a mesma.

15. A esposa de Joseph Henry sacrificou parte de seu vestido de casamento a fim de obter seda para cobrir os fios dos eletroímãs construídos por Henry. Qual a finalidade de cobrir os fios com seda?

R. Os fios de cobre não eram encapados na época de Henry. Um enrolamento feito com fios desencapados que se tocam uns nos outros constitui um curto-circuito. A seda foi usada para encapar e isolar os fios do enrolamento mais do que para que eles não se tocassem.

4. EXPERIMENTOS

4.1 Experimento I - Pêndulo eletrostático

O físico francês du Fay observou que dois objetos, quando atritados, podiam se repelir e não se atrair. As observações desse cientista podem ser traduzidas com dois pedaços de vidro e dois de plástico, um canudo de refrigerante, por exemplo, e atritando todos com papel comum. Ao aproximar os dois pedaços de vidro, eles se repelem; ao aproximar os dois pedaços de plástico, o mesmo acontece. Entretanto, ao aproximar um pedaço de vidro e um de plástico, eles se atraem. Em 1754 o físico britânico Jonh Canton (1718 –1772) criou o primeiro **pêndulo eletrostático**, muito utilizado nas áreas que envolvem eletricidade.

Relembrando o que comentou Serway (2014, p. 4), uma série de experiências simples demonstra a existência de forças eletrostáticas. Por exemplo, após passar um pente através de seu cabelo, você vai descobrir que o pente atrai pedaços de papel. A força eletrostática atrativa pode ser forte o suficiente para suspender os pedaços. O mesmo efeito ocorre esfregando outros materiais, tais como vidro ou borracha.

4.2 Experimento II – eletroímã

Em 22 de maio de 1783, nascia no Reino Unido o físico Willian Sturgeon. Ele foi o responsável por uma das invenções que alterou o curso da história: o eletroímã. A partir dele, outros dispositivos centrais da tecnologia moderna puderam surgir, como o telégrafo e o motor elétrico.

A vida antes e depois da física

Willian Sturgeon nasceu em Whittington, em Lancashire, um dos condados da Inglaterra, onde foi aprendiz de sapateiro. Ele se juntou ao exército em 1802 e se dedicou ao ensino de matemática e física.

Autodidata, em fenômenos elétricos e ciências naturais, passou muito tempo lecionando e conduzindo experimentos elétricos. Em 1824, tornou-se professor de Ciências e Filosofia no Royal Military College, em Addiscombe, Surrey. Foi no ano seguinte que Sturgeon apresentou seu primeiro eletroímã.

Como se deu a invenção?

Sturgeon curvou uma barra de ferro comum, criando o formato de uma ferradura. Depois, a revestiu com verniz e enrolou com fio de cobre desencapado. Quando provocou a passagem de corrente gerada por uma pilha voltaica pelo fio, a ferradura se tornou um imã

capaz de sustentar o peso de quase 4 quilos, o que representava muito para a época. Surgia, assim, o eletroímã.

Outros inventos e estudos

Em 1832 o físico também inventou o comutador, parte integrante dos motores elétricos mais modernos. Em 1836, ano em que fundou a revista mensal *Annals of Electricity*, Willian Sturgeon inventou o primeiro galvanômetro de bobina suspenso, um dispositivo para medir a corrente.

Ele também melhorou a bateria voltaica e trabalhou na teoria da termoeletricidade. De mais de 500 observações de pipa, estabeleceu que, em climas serenos, a atmosfera é invariavelmente carregada positivamente em relação à Terra, tornando-se mais positiva com o aumento da altitude.

Aplicações práticas

O eletroímã é, basicamente, um imã obtido por meio de corrente elétrica, portanto um imã não natural. É o que faz, por exemplo, o motor elétrico funcionar, já que sua base é composta pela repulsão entre dois ímãs, um natural e o eletroímã.

O eletroímã também é usado em campainhas, telefones, aparelhos de telégrafo, relés, alto-falantes, relógios elétricos, ventiladores, geladeiras, lavadoras, batedeiras, geradores, chaves automáticas, disjuntores. Guindastes com eletroímãs são usados para carregar e descarregar ferro, e para separar o ferro e o aço de outros materiais. O eletroímã é parte importante de uma infinidade de outros aparelhos, dispositivos e máquinas. <https://museuweg.net/blog/william-sturgeon-o-pai-do-eletroima>.

Percebe-se que um material excelente para confeccionar um dispositivo elétrico é o cobre, pois, apresentar elétrons livres na camada mais externa do átomo facilitando sua movimentação no material.

Uma bobina conduzindo uma corrente elétrica constitui um **eletroímã**. A intensidade de um eletroímã pode ser aumentada simplesmente aumentando-se a corrente que flui pelo dispositivo e o número de espirais em torno do núcleo. Eletroímãs industriais têm suas intensidades reforçadas pela introdução de um núcleo de ferro no interior da bobina. Ímãs suficientemente potentes para erguer automóveis são de uso comum em depósitos de ferro-velho. Os domínios magnéticos do ferro do núcleo são forçados a se alinham com o campo magnético da bobina, reforçando a intensidade do campo. Em eletroímãs extremamente fortes, como os que são usados para controlar feixes de partículas carregadas em aceleradores de alta energia, não se usa o ferro como núcleo porque, além de um

determinado ponto, todos os seus domínios estão alinhados e nenhum reforço do campo se consegue daí em diante. (PAUL-HEWITT, 2019, p. 424)

Diz-se que um ímã está saturado, e aumentar a corrente que flui ao redor do núcleo não mais afeta sua magnetização e não produz aumento da intensidade do campo.

Os eletroímãs não precisam ter núcleos de ferro. Eletroímãs sem núcleo são usados no transporte por levitação magnética, ou “maglev”. Em um projeto já em uso comercial, a levitação é conseguida pelas espiras magnéticas que se distribuem ao longo do trilho, chamado guia de linha (guideway). As espiras repelem grandes ímãs sobre o guia inferior dos trens. Uma vez tendo sido levitado alguns centímetros, energia é fornecida às espiras dentro das paredes do guia de linha, que impulsionam o trem. Isso é conseguido alternando-se continuamente a corrente elétrica que alimenta as espiras, o que continuamente alterna as suas polaridades. Dessa maneira, um campo magnético puxa o veículo para frente, ao mesmo tempo em que outro campo magnético a empurra por trás. Os puxões e empurrões alternados produzem um empuxo para frente. Uma vez que os trens maglev flutuam sobre um colchão de ar, o atrito enfrentado pelos trens convencionais é eliminado. As velocidades do maglev, cerca de metade da de uma aeronave a jato convencional, são limitadas apenas pela resistência do ar e pelo conforto que deve ser proporcionado aos passageiros. Fique atento à difusão crescente dessa tecnologia.

4.3 Experimento III - Motor elétrico

Os motores permitiram um grande avanço na sociedade moderna. Quase tudo que existe hoje com vier mecânico estão associados aos motores. De acordo PAUL-HEWITT (2019). Em 1600 o cientista inglês William Gilbert publicou uma obra descrevendo a força de atração magnética. A primeira máquina eletrostática foi construída em 1663, pelo alemão Otto Guericke, e aperfeiçoada em 1774 pelo suíço Martin Planta.

Ainda segundo esses autores, o professor de Medicina italiano Aloiso Galvani notou, em 1786, que ao tocar com o bisturi em coxas de rãs que estavam penduradas numa grade de ferro, estas apresentavam uma contração, a qual chamou “eletricidade animal”. Outro italiano, Alessandro Volta, descobriu que entre dois metais diferentes, imersos em líquido condutor, surgia uma tensão elétrica. Em 1799 ele desenvolveu uma fonte de energia que chamou de “coluna de Volta”, que podia fornecer corrente elétrica.

Um acontecimento importante na história do eletromagnetismo e, conseqüentemente para o desenvolvimento futuro de motores e outros equipamentos eletromagnéticos acontece, nunca é demais lembrar, meio que por acaso e transforma o cenário científico e tecnológico do início do século XIX. PAUL-HEWITT (2019) O físico dinamarquês Hans Christian Oersted, em 1820, verificou por acaso que a agulha magnética de uma bússola era desviada de sua

posição norte-sul quando passava perto de um condutor no qual circulava corrente elétrica. Essa observação foi o primeiro passo em direção ao desenvolvimento do motor elétrico. Conforme esses autores os pesquisadores descobriam novos mecanismos e propriedades eletromagnéticas e o ritmo de invenções aumentou gradativamente.

O físico e matemático André-Marie Ampère, com base nesses e outros estudos e constatações, construiu o primeiro eletroímã. Esse dispositivo foi fundamental para a invenção de vários aparelhos, como o telefone, o microfone, o alto-falante, o telégrafo. Depois, o inglês Michael Faraday descobriu, em 1831, a indução eletromagnética. Em 1832 o cientista italiano S. Dal Negro construiu a primeira máquina de corrente alternada com movimento de vaivém. No ano seguinte, o inglês W. Ritchie inventou o comutador, construindo um pequeno motor elétrico em que o núcleo de ferro enrolado girava em torno de um ímã permanente. Para dar uma rotação completa, a polaridade do eletroímã era alternada a cada meia volta, através do comutador. O professor alemão Moritz Hermann von Jacobi, em 1838, desenvolveu um motor elétrico e aplicou-o a uma lancha. A aplicação prática da energia elétrica em trabalho mecânico ficou assim comprovada. Entretanto, toda a energia provinha de baterias, que eram caras e de uso restrito. A preocupação, então, voltou-se à geração de energia elétrica de baixo custo.

A era Siemens

Em 1856 o eletrotécnico Werner Siemens relatou o sucesso obtido na construção de um gerador de corrente, magnético, com induzido T duplo. Mas esse aparelho não podia gerar energia suficiente para alimentar indústrias e equipamentos domésticos. Os ímãs permanentes eram de ação restrita. Somente dez anos depois Siemens construiu um gerador sem ímã permanente, provando que a tensão necessária para o magnetismo podia ser retirada do próprio enrolamento do rotor, isso é, que a máquina podia auto excitar-se. O primeiro dínamo de Werner Siemens possuía uma potência de aproximadamente 30 watts e uma rotação de 1.200 rpm. A máquina também podia funcionar como motor, desde que se aplicasse uma corrente contínua aos seus bornes. Em 1879 a firma Siemens & Halske apresentou a primeira locomotiva elétrica, com potência de 2 kW. Mas a máquina tinha alto custo e era vulnerável em serviço, exigindo o desenvolvimento de um motor mais barato, robusto e de menor custo de manutenção.

Seguindo essa linha de construção de motores elétricos, novos engenheiros, pesquisadores e empresas entraram na corrida para desenvolver motores mais potentes, seguros e baratos. A competição gerou motores cada vez melhores e com funcionamento dentro do esperado e também de fácil manuseio e manutenção. PAUL-HEWITT (2019), falam dos avanços encontrados nesses motores desde o experimento de Oersted e constroem uma linha do tempo.

1885: o engenheiro eletricitista italiano Galileu Ferraris construiu um motor de corrente alternada de duas fases.

1887: o iugoslavo Nicola Tesla apresentou um pequeno protótipo de motor de indução bifásico com rotor em curto-circuito.

1889: o engenheiro eletricitista russo Michael von Dolivo Dobrowolsky, da firma AEG, de Berlim, persistindo na pesquisa do motor de corrente alternada, entrou com pedido de patente de um motor trifásico com rotor de gaiola. Ele era simples, silencioso, tinha menos manutenção e alta segurança em operação.

1891: Dobrowolsky iniciou a fabricação em série de motores assíncronos, nas potências de 0,4 a 7,5 kW.

Em resumo, cientistas, físicos e outros profissionais nem sempre ligados à ciência contribuíram para a descoberta do motor elétrico, que acelerou a industrialização

mundial e transformou radicalmente o modo de vida das pessoas. Essa história, de forma completa, está disponível no livro “O Motor Elétrico” que está disponível no (Site do Museu WEG. <https://museuweg.net/blog/a-historia-do-motor-eletrico>).

Se modificarmos um pouco o projeto do galvanômetro anterior, de modo que a deflexão possa realizar uma rotação completa, em vez de parcial, obteremos um motor elétrico. A principal diferença é que num motor elétrico a corrente troca de sentido cada vez que a bobina completa meia volta. Após ser forçado a completar uma meia volta, ele se mantém em movimento por um tempo até que a corrente troque de sentido; em consequência disso, ele é forçado a continuar seu movimento e completar mais uma meia volta, em vez de inverter seu sentido. Isso acontece repetidamente, de maneira a produzir uma rotação contínua, que pode ser usada para girar relógios, operar aparelhos e erguer cargas pesadas. Um ímã permanente gera um campo magnético numa região, onde uma espira de fio de forma retangular é montada de maneira a poder girar em torno do eixo indicado pela linha tracejada. A corrente na espira troca de sentido a cada meia volta, e daí resulta a rotação contínua.

Qualquer corrente que esteja circulando na espira tem um determinado sentido em seu lado superior e um sentido oposto no lado inferior. (Elas precisam ser assim, porque se as cargas fluem para dentro do fio por uma de suas extremidades, elas têm de sair dele pela outra extremidade.) Se o lado superior da espira é forçado a se movimentar para a esquerda, pelo campo magnético, então o lado inferior é forçado para a direita, como se fosse parte de um galvanômetro. Mas de maneira diferente ao que acontece no galvanômetro, a corrente num motor troca de sentido a cada meia-volta, por meio de contatos estacionários nas extremidades das hastes. As partes do fio que giram e esfregam esses contatos são chamadas de *escovas*. Dessa maneira, a corrente na espira se alterna de maneira que as forças que agem nos lados superior e inferior da espira não mudam de sentido enquanto ela gira. A rotação continuará enquanto se fornecer uma corrente ao motor. Acabamos de descrever apenas um motor de CC muito simplificado. Motores maiores, de CC ou CA, geralmente são fabricados substituindo-se o ímã permanente por um eletroímã alimentado por uma fonte elétrica de energia. É claro, são utilizadas mais espiras do que somente uma. Muitas espiras de fio são enroladas sobre a lateral de um cilindro de ferro, chamado de induzido ou rotor, que pode girar quando se faz passar uma corrente pelo fio. O surgimento dos motores elétricos deu fim a muito trabalho penoso, humano ou animal, em muitas partes do mundo. Os motores elétricos mudaram muito a maneira das pessoas viverem. (Site do Museu WEG. <https://museuweg.net/blog/a-historia-do-motor-eletrico>).

4.4 Experimento IV - Gerador elétrico

Em 1820, o Dinamarquês Hans Christian Oersted identificou, durante suas aulas, que ao circular corrente elétrica em um fio condutor, esta corrente gerava um campo magnético ao redor deste mesmo condutor, e essa constatação permitiu que outros cientistas pudessem buscar criar movimento usando eletricidade. PAUL-HEWITT (2019).

Em 1831, Michael Faraday descobriu que se a posição entre ímãs e condutor (ou superfície condutora) sofresse diferença durante o passar do tempo era gerada Energia Elétrica (Potencial Elétrico). E construiu o primeiro Gerador Elétrico Experimental.

Essa foi a demonstração do primeiro gerador que transforma a energia mecânica em energia elétrica. Até então, as únicas fontes de energia elétrica eram as pilhas e baterias.

Faraday criou seu próprio gerador com um disco de cobre que girava no campo magnético formado pelos polos de um ímã com formato semelhante a uma ferradura, onde, ao girar a manivela produzia uma corrente elétrica contínua.

Graças aos esforços destes cientistas, e dos que se seguiram, hoje temos acesso à energia elétrica em nossos lares com segurança, controle e qualidade. Podemos utilizar essa energia gerada pelos geradores nas nossas mais diversas necessidades, desde iluminação, ar condicionado até os diversos eletrodomésticos, portões eletrônicos e elevadores.

Quando uma das extremidades de um ímã é empurrada rapidamente, repetidas vezes, para dentro e para fora de uma bobina, o sentido da voltagem induzida se alterna. Quando a intensidade do campo magnético no interior da bobina está aumentando (quando o ímã entra na bobina), a voltagem nela induzida está orientada de certa maneira. Quando a intensidade do campo magnético está diminuindo (quando o ímã sai da bobina), a voltagem induzida aparece no sentido oposto. A frequência de alternância da voltagem induzida é igual à frequência de variação do campo magnético no interior de cada espira da bobina. É mais prático induzir uma voltagem movimentando uma bobina, em vez de um ímã. Isso pode ser conseguido girando a bobina dentro de um campo magnético estacionário (Figura 25.6). Este arranjo constitui um gerador. A construção de um gerador é, em princípio, idêntica à de um motor. Elas parecem a mesma coisa, apenas os papéis de entrada e saída é que estão trocados. Num motor, a energia elétrica está na entrada e a energia mecânica na saída; num gerador, é a energia mecânica que está na entrada, e a energia elétrica, na saída. Ambos os aparelhos convertem energia de uma forma para outra.

É interessante comparar a física envolvida em um motor e em um gerador elétrico e verificar como ambos operam sob o mesmo princípio: os elétrons em movimento

experimentam uma força mutuamente perpendicular tanto às suas velocidades como ao campo magnético que eles atravessam. Chamaremos a deflexão do fio (movimento resultante da corrente) de efeito motor, e o que acontece como resultado da lei da indução eletromagnética (corrente resultante do movimento) de efeito gerador. Você consegue perceber como os dois efeitos se relacionam?

Podemos ver um ciclo de indução eletromagnética na. Observe que quando a espira é girada no campo magnético, ocorre uma variação do número de linhas de campo magnético que atravessam a espira. Quando o plano da espira for perpendicular às linhas do campo, um número máximo dessas linhas estará atravessando o interior da espira. Quando a espira gira, ela efetivamente “corta” as linhas, de modo que uma quantidade menor de linhas fica dentro da espira. E quando o plano da espira fica paralelo às linhas de campo, nenhuma linha atravessa o plano da espira. A rotação contínua ora aumenta, ora diminui o número de linhas de campo envolvidas pela espira ciclicamente, com o máximo da taxa de variação do número de linhas envolvidas, ocorrendo quando esse número é nulo. Portanto, a voltagem induzida é máxima quando a espira está paralela ao campo. Como a voltagem produzida pelo gerador se alterna, a corrente gerada é do tipo CA, ou seja, uma corrente alternada. A corrente alternada em nossas residências é produzida por geradores padronizados, de modo que a corrente muda de sentido 60 vezes a cada segundo – 60 hertz.

4.5 Experimento V - Anel de Thonsom

Segundo a Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 1, Marco, 2003: Uma fascinante demonstração sobre eletromagnetismo é a “levitação magnética” de uma argola de alumínio. Conforme se observa a argola é posicionada ao redor de um longo núcleo de ferro-doce, instalado em uma bobina que é alimentada com tensão alternada¹. Essa demonstração é conhecida como “anel saltante” ou “anel de Thomson”, em homenagem ao físico norte-americano Elihu Thomson, que a inventou no século XIX.

É bem sabido que duas espiras ou anéis percorridos por corrente elétrica interagem magneticamente. Essa interação pode ser atrativa - quando o sentido das duas correntes é o mesmo -, ou repulsiva - quando o sentido das duas correntes é diferente.

5 Conclusões e perspectivas

Portanto, esse trabalho monográfico é um quite com cinco experimentos para ensinar a física do eletromagnetismo. Pretendemos também aumentar o número de experimentos para abranger de forma mais completa o conteúdo abordado, explorar mais o ensino por investigação, realizar oficinas de formação de professores para difundir a metodologia aplicada em nosso trabalho.

Apesar das barreiras impostas pela pandemia o trabalho foi satisfatório e mesmo tendo que refazer alguns projetos e adaptar a monografia o aprendizado foi importante para meu futuro acadêmico e como pessoa e possivelmente professor.

Então, os experimentos mostrados nessa apresentação são sobre eletromagnetismo e pretendemos fornecer ao professor de física do ensino médio, bem como ao estudante interessado no assunto, acesso a esse trabalho com cinco experimentos já em término de construção.

6 REFERENCIAS

QUINTAL, J. R.; SANTOS, W. M.; GASPAR, M. B. Eletromagnetismo: Experimentos Para Motivar o Aprendizado. **Colégio Pedro II - Unidade Engenho Novo – RJ. Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro,**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Física de São Carlos. Laboratório de Eletricidade e Magnetismo: Introdução à Eletrostática

SERWAY, R. A.; JUNIOR, J. W. J. Princípios de física, tradução Foco Traduções; revisão técnica Keli Seidel. -- 1. Ed. -- São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HEWITT, P. G. Física conceitual [recurso eletrônico] tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015. Editado como livro impresso em 2015. 1. Física conceitual. I. Título.

MACEDO, R. A. Uso De Materiais De Baixo Custo Para O Ensino De Eletromagnetismo No Ensino Médio. **UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. Instituto De Ciência Exatas Programa De Pós-Graduação Em Ensino De Física Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física**

SILVEIRA, F. L.; AXT, R. Explicação Qualitativa do “Anel de Thomson”. Como Ocorre a “Levitação Magnética”? **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, UFRGS** Instituto de Física Caixa Postal 15051, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUI. Departamento de Física, Estatísticas e Matemáticas Caixa Postal 560, 98700-000, Ijuí, RS, Brasil Recebido em 6 de novembro, 2002. Aceito em 21 de fevereiro, 2003.

BECHARA, M. J.; DUARTE, J. L. M.; ROBILOTTA, M. R.; VASCONCELOS, S. S Instituto de Física da Universidade de São Paulo. São Paulo, 16 de junho de 2014

PCN+ - Ensino Médio. ORIENTAÇÕES EDUCACIONAIS COMPLEMENTARES AOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. fundamentos de Física. V. 3. Eletromagnetismo/ Halliday, Resnick, Jearl Walker, tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi

(Site do Museu WEG. <https://museuweg.net/blog/a-historia-do-motor-eletrico>).