

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## O USO DO MOTOR ELÉTRICO PARA O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO

**João Alexandre da Silva Santos**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação pela Universidade Federal Rural de Pernambuco no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Sara Cristina Pinto Rodrigues

Recife – Pernambuco

2019

# **O USO DO MOTOR ELÉTRICO PARA O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO**

**João Alexandre da Silva Santos**

Orientadora: Profa. Dra. Sara Cristina Pinto Rodrigues

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação pela Universidade Federal Rural de Pernambuco no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Presidente: Profa. Dra. Sara Cristina Pinto Rodrigues (DF - UFRPE)

---

Membro interno: Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda (DF - UFRPE)

---

Membro externo: Prof. Dr. Pedro Hugo de Figueiredo (DF - UFRPE)

---

Suplente Externo: Prof. Dr. Anderson Luiz da Rocha e Barbosa (DF - UFRPE)

---

Suplente Interno: Prof. Dr. Ernande Barbosa da Costa (DF - UFRPE)

Recife – Pernambuco

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A381u Santos, João Alexandre da Silva  
O uso do motor elétrico para o ensino do eletromagnetismo / João Alexandre da Silva Santos. - 2020.  
110 f. : il.

Orientador: Sara Cristina Pinto Rodrigues.  
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, 2020.

1. Eletromagnetismo. 2. Indução eletromagnética. 3. Motor elétrico. I. Rodrigues, Sara Cristina Pinto, orient. II. Título

---

CDD 530

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este mestrado aos meus pais: Rosenildo Ferreira dos Santos e Claudia Maria da Silva Santos que sempre acreditaram no meu potencial e investiram o que puderam na minha educação. Sem esse apoio e confiança eu não teria conseguido chegar até aqui.

A minha companheira, Rayane Honorato da Costa, que esteve comigo em todos os momentos e sempre me incentivou a não desistir de meus sonhos.

A meu tio, Paulo Lucas da Silva, um ser humano incrível e que sempre enxergou em mim, uma força de vontade que até eu desconhecia.

A meus queridos irmãos de sangue: Alex Henrique da Silva Santos e Pedro Filipe da Silva Santos. Só Deus e vocês sabem das dificuldades que enfrentamos, mas sempre tivemos o apoio um do outro.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela realização de um sonho, por guiar meus caminhos e por me dar sabedoria e livramento nas minhas idas e vindas para a universidade, minha casa e meu trabalho.

A meus amigos de turma, em especial, Adelmário Silva, Alecsandro Rodrigues, Marcio Lima e Claudio Barrozo que sempre se fizeram presentes nos momentos de turbulência e nos momentos de alegria. Vocês são grandes amigos, homens verdadeiros e companheiros que levarei para sempre do lado esquerdo de meu coração.

Aos amigos Salatiel Souza e Marco Aurélio por estenderem a mão em um momento profissional que eu mais precisava. Obrigado pelo voto de confiança, pelas conversas e principalmente conselhos.

A Profa. Dra. Sara Cristina Pinto Rodrigues que aceitou o desafio de me orientar na reta final do mestrado e teve a paciência e o cuidado em cada linha que estava sendo escrita. A você professora, minha eterna gratidão, respeito e admiração pelo exemplo de profissional que és. Um ser humano fantástico e honrado, sinto – me orgulhoso em ter sido seu aluno nesta universidade.

Ao Prof. Dr. Adauto Souza que é coordenador do polo UFRPE e todo corpo docente que ministrou aula e compartilhou, comigo e toda turma, suas experiencias profissionais e de vida para nos motivar a sempre crescer e nunca permanecer na nossa zona de conforto.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa de criar o mestrado profissional para os professores de física de todo Brasil.

Ao Colégio Integral por apoio e compreensão, enquanto, cursava as aulas no mestrado e por ceder o espaço para a aplicação do produto educacional desenvolvido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

### O USO DO MOTOR ELÉTRICO PARA O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO

João Alexandre da Silva Santos

Orientadora:

Profa. Dra. Sara Cristina Pinto Rodrigues

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação pela Universidade Federal Rural de Pernambuco no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Nessa dissertação são abordados fatos históricos sobre a evolução da eletricidade e do magnetismo e como ocorreu a junção de ambas, originando o eletromagnetismo. Os conceitos físicos e a teoria experimental, envolvida e necessária para construção do motor elétrico é abordada de forma coesa, mas objetiva e didática, afim de que o leitor possa compreender e refletir cada tópico mencionado. Nesse trabalho é abordada também, a importância das atividades experimentais no ensino de física e como os experimentos podem ajudar no processo de ensino - aprendizagem. Toda construção pedagógica foi baseada em teorias de ensino e aprendizagem, como o construtivismo, o humanismo e o Behaviorismo dos pensadores Jean Piaget, Lev Vygotsky e David Ausubel. Todo procedimento experimental e as etapas do processo de aplicação, montagem, testes e pré-testes são descritas, assim como a melhora no processo de aprendizagem são discutidas nesse trabalho. O produto educacional foi aplicado no Colégio Integral que é uma instituição privada, localizado no município de Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco. O público alvo da pesquisa foi uma turma de terceiro ano, pertencente ao ensino médio. Com base nos dados coletados, houve uma melhora significativa na compreensão das teorias e fenômenos físicos, demonstrando que o experimento, faz

o aluno entender melhor o conteúdo trabalhado. A comparação com outras turmas de terceiro ano da própria escola, em anos anteriores, foi um motivo de estudo, pois os terceiros anos passados não dispuseram de nenhum aparato experimental e as aulas sobre eletromagnetismo ocorreram de modo, apenas, tradicional. Na conclusão desse trabalho são apresentadas propostas para quem decidir trilhar o caminho da física como ciência experimental. Este trabalho tem como público alvo, em relação a estudo e pesquisa, os estudantes do curso de licenciatura em física e áreas afins, bem como os professores de física de escolas públicas e privadas, que possam utilizar o roteiro proposto, bem como o produto e dispositivo desenvolvido nesta dissertação em suas aulas ou em futuras pesquisas.

**Palavras chaves:** Aprendizagem significativa, eletromagnetismo, motor elétrico.

## ABSTRACT

### USE OF THE SIMPLE ELECTRIC MOTOR FOR ELECTROMAGNETIC INDUCTION CLASSES IN MIDDLE SCHOOL

João Alexandre da Silva Santos

Supervisor:

Profa. Dra. Sara Cristina Pinto Rodrigues

Master's Dissertation presented to the Post-Graduation Program by the Federal Rural University of Pernambuco in the Professional Master's Course of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requisites required to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

In this dissertation, historical facts about the evolution of electricity and magnetism are discussed, as well as how they came together, giving rise to electromagnetism. The physical concepts and the experimental theory, involved and necessary for the construction of the electric motor, is approached in a cohesive, but objective and didactic way, so that the reader can understand and reflect each topic mentioned. In this work, the importance of experimental activities in the teaching of physics is also addressed and how experiments can help in the teaching - learning process. All pedagogical construction was based on theories of teaching and learning, such as constructivism, humanism and Behaviorism by thinkers Jean Piaget, Lev Vygotsky and David Ausubel. Every experimental procedure and the stages of the application, assembly, tests and pre-tests are described, as well as the improvement in the learning process are discussed in this work. The educational product was applied at Colégio Integral, which is a private institution, located in the municipality of Jaboatão dos Guararapes - Pernambuco. The target audience of the research was a third year class, belonging to high school. Based on the data collected, there was a significant improvement in the understanding of theories and physical phenomena, demonstrating

that the experiment, makes the student better understand the content worked on. The comparison with other third-year classes from the school itself, in previous years, was a reason for study, since the third years passed did not have any experimental apparatus and the classes on electromagnetism took place in a traditional way only. At the conclusion of this work, proposals are presented for those who decide to follow the path of physics as an experimental science. This work has as target audience, in relation to study and research, students of the degree course in physics and related areas, as well as physics teachers from public and private schools, who can use the proposed script, as well as the product and device developed in this dissertation in your classes or in future research.

**Key words:** Significant learning, electromagnetism, electric motor.

## Sumário

Capítulo 1: Introdução.....	14
Capítulo 2: Fundamentação Pedagógica.....	18
2.1. Modelos e tipos de teorias de ensino e aprendizagem.....	18
2.1.1. Behaviorismo (comportamentalismo).....	18
2.1.2. Cognitivismo.....	19
2.1.3. Cognitivismo de Piaget.....	19
2.1.4. Cognitivismo de Vygotsky.....	20
2.1.5. A teoria da aprendizagem de Ausubel.....	21
2.2. O uso de experimentos de física de acordo com o Parâmetro Curricular Nacional (PCN).....	22
Capítulo 3: Fundamentação Física.....	26
3.1. Corrente elétrica.....	26
3.2. Força magnética.....	29
3.3. Introdução ao campo magnético.....	31
3.3.1. Algumas aplicações da lei de Biot – Savart.....	34
3.3.2. Lei de Ampère.....	37
3.4. Indução eletromagnética.....	43
Capítulo 4: Metodologia e Produto educacional.....	50
4.1. Descrição e informações sobre a escola.....	51
4.2 Descrição e informação sobre o professor de física.....	52
4.3. Descrição e perfil do aluno.....	52

4.4. Produto educacional.....	52
4.5. Materiais necessários para a construção do motor elétrico.....	53
4.6. Montagem do motor elétrico simples.....	53
 Capítulo 5: Resultados.....	61
5.1. Aula expositiva tradicional.....	61
5.2. Pré-teste.....	62
5.3. Aula sobre indução eletromagnética com o uso do produto educacional....	67
5.4. Teste.....	70
5.5. Comparação do 3º ano 2019 do Colégio Integral com outros terceiros anos da mesma escola.....	72
5.6. Opinião e crítica dos alunos.....	72
5.7. A opinião dos professores da escola.....	73
5.8. Os obstáculos encontrados.....	73
 Capítulo 6: Conclusão.....	74
Referências bibliográficas.....	76
Apêndice I: Questionário.....	80
Apêndice II: Plano de aula.....	84
Apêndice III: Produto Educacional.....	89

## Lista de figuras

Figura 3.1 – Elétrons livres e o núcleo do átomo.....	26
Figura 3.2 – Condutor eletrolítico.....	27
Figura 3.3 – Condutor gasoso.....	27
Figura 3.4 – Sentido da corrente.....	28
Figura 3.5 – Fluxo de elétrons atravessando o condutor metálico.....	28
Figura 3.6 – Representação gráfica dos tipos de corrente.....	29
Figura 3.7 – Experimento de Oersted com a chave desligada.....	31
Figura 3.8 – Experimento de Oersted com a chave ligada.....	32
Figura 3.9 – Arranjo para demonstração da lei de Biot – Savart.....	32
Figura 3.10 – Regra da mão direita.....	33
Figura 3.11 – Técnica do uso da regra da mão direita.....	34
Figura 3.12 – Espira circular e a presença do campo magnético produzido por uma corrente elétrica.....	34
Figura 3.13 – Espira circular com os elementos geométricos e matemáticos para o cálculo do campo magnético.....	35
Figura 3.14 – Bobina chata.....	36
Figura 3.15 – Superfície de Ampère.....	37
Figura 3.16 – Superfície de Ampère no fio condutor e a regra da mão direita.....	39
Figura 3.17 – Linhas de campo no solenoide.....	39
Figura 3.18 – Vista transversal do solenoide.....	40
Figura 3.19 – Ímã e limalha de ferro.....	41
Figura 3.20 – Carga em movimento retilíneo no campo magnético.....	42
Figura 3.21 – Carga em movimento cortando o campo magnético.....	42

Figura 3.22 – Regra da mão direita para a força magnética.....	43
Figura 3.23 – Espira circula sob a presença de um campo magnético uniforme em três posições distintas.....	44
Figura 3.24 – Ímã no repouso e as linhas de campo.....	45
Figura 3.25 – Ímã se aproximando da espira.....	46
Figura 3.26 – Ímã se afastando da espira.....	46
Figura 3.27 – Rotação de uma espira retangular sob ação de um campo magnético uniforme.....	47
Figura 3.28 – Espira exposta a um campo magnético uniforme.....	47
Figura 3.29 – Sentido da corrente elétrica induzida na espira.....	48
Figura 4.1 – Frente da escola.....	51
Figura 4.2 – Logomarca.....	51
Figura 4.3 – Tábua para suporte.....	53
Figura 4.4 – Fio rígido.....	54
Figura 4.5 – Fio rígido desencapado com uma alça.....	54
Figura 4.6 – Pistola de cola quente e fios presos no suporte.....	55
Figura 4.7 – Fios moles.....	55
Figura 4.8 – Bobina.....	56
Figura 4.9 – Lixa e fio da bobina sem esmalte.....	56
Figura 4.10 – Bola de festa cortada em suas extremidades.....	57
Figura 4.11 – Bola de festa enrolada na pilha.....	57
Figura 4.12 – Cabo preso no fio duro.....	58
Figura 4.13 – Motor elétrico.....	58
Figura 5.1 – Turma do 3º ano do Colégio Integral.....	61
Figura 5.2 – Motor elétrico sendo ligado na pilha.....	66

Figura 5.3 – Motor elétrico simples funcionando.....	67
Figura 5.4 – Final da aula com o motor elétrico simples.....	68

### **Lista de tabelas**

Tabela 3.1 – Relação do campo gravitacional com o campo elétrico.....	30
Tabela 3.2: Variáveis da tabela 3.1 referente ao campo gravitacional.....	30
Tabela 3.3: Variáveis da tabela 3.1 referente ao campo elétrico.....	30
Tabela 4.1: Distribuição das atividades.....	59
Tabela 5.1 – Resultados do pré-teste.....	65
Tabela 5.2: Resultados da aplicação do teste.....	68

# **Capítulo 1**

## **Introdução**

O processo de ensino – aprendizagem de física no Brasil vem mudando ao longo do tempo, não apenas pelos novos professores formados a cada ano, mas também pelas novas tecnologias inseridas na sala de aula e as constantes revisões dos PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), potencializada com a BNCC (Base Nacional Curricular Comum). O uso das novas tecnologias em sala de aula maximizou e facilitou a discussão de assuntos trabalhados em sala de aula. O professor fazendo uso de um computador e software de simulação pode criar um laboratório virtual que é um ambiente controlado e a margem de acerto na realização do experimento é muito maior do que um experimento físico real, pois no software as variáveis já foram pré-estabelecidas, diferente de um experimento real que está sujeito ao erro das medidas.

Segundo Carneiro (2007):

“uma das estratégias metodológicas é a utilização do laboratório didático de física, que deve vir como instrumento mediador do professor para melhorar o entendimento do aluno, fazendo com que o aluno passe a ver através da utilização de experimentos, a Física como algo presente em seu cotidiano, como algo que instigue sua curiosidade, promovendo o interesse de investigar e tirar conclusões, deixando assim de ser uma disciplina cheia de leis, conceitos e exercícios repetitivos onde a maioria vê como algo vazio de significado, minimizando assim as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente”.

Segundo os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCN-Em), a física deve apresentar-se 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, com esse intuito faz -se necessário o uso de mecanismos didáticos para a construção do aprendizado. Um desses mecanismos é a realização de experimentos em sala de aula e não pode ser deixada de lado, pois ela é de fundamental importância para a aprendizagem do aluno. De acordo com Wisniewski (1990), os principais ganhos alcançados com a realização de experimentos didáticos a baixo custo são:

- Despertar o interesse dos alunos pelo estudo da Física;
- Gerar maior motivação entre os alunos;
- Propiciar um ensino adaptado à realidade dos alunos e da escola;
- Desenvolver uma aprendizagem mais significativa;
- Possibilitar uma melhor integração dos alunos com a escola;
- Promover o desenvolvimento completo do aluno.

Portanto as aulas experimentais devem proporcionar ao aluno oportunidades de conhecimento, através de desafios, reflexões interações e ações. Com esse intuito traçado é possível vencer a inércia do sistema educacional atual, esclarecido de modo muito oportuno por Villani (1982):

"Quando um docente prepara uma aula de Física, ele considera que os alunos não conhecem praticamente nada do assunto. Primeiramente, o professor expõe as leis e fórmulas e em seguida, ele dá exercícios e problemas nos quais as fórmulas serão aplicadas, o aluno aprende a relacionar as fórmulas com o conteúdo, mesmo não assimilando muito bem o seu significado, a maioria resolve os exercícios e consegue ser aprovada no final do curso, mas ficam as perguntas: Será que eles aprenderam o que foi ensinado? Será que aquilo que foi aprendido tem algum sentido profundo para os estudantes?".

Alguns trabalhos de pesquisa em ensino destacam a importância da realização de atividades experimentais em sala de aula, como um forte aliado do professor de Física. Segundo Marinele (2006), no laboratório de Física os alunos podem ter a oportunidade de interagir entre si e com os professores, discutir diferentes pontos de vista de modo que todos os questionamentos venham a ser valorizados na atividade didática. O aprendizado torna-se mais amplo e completo se o aluno põe em prática o que aprendeu na aula experimental, trazendo consigo sua concepção e senso comum; podendo mudar até de forma drástica sua visão de mundo, pois a definição de certos fenômenos passa a ser interpretada de maneira diferente, investigativa e crítica. As aulas de física com experimento podem comprovar uma lei e ilustrar fatos que antes eram apenas abstratos.

De acordo com Borges (2002, p. 296):

"O objetivo da atividade prática pode ser o de testar uma lei científica, ilustrar ideias e conceitos aprendidos nas 'aulas teóricas', descobrir ou formular uma lei acerca de

um fenômeno específico, 'ver na prática' o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica."

Alguns pesquisadores e estudiosos da área de ensino destacam algumas dificuldades que podem comprometer seriamente a eficácia do uso de experimentos didáticos no Ensino de Física, como, por exemplo, no trabalho de Araújo (2003):

- Professores que não tem formação específica em física e não receberam capacitação ou treinamento no uso do laboratório didático;
- Condições de trabalho desfavoráveis;
- Falta de literatura específica;
- Falta de estímulo do professor.
- Falta de tempo para preparar as aulas;

No que se refere a essa dissertação, a proposta é o uso do motor elétrico para o ensino de eletromagnetismo e a comparação das aulas expositivas com as aulas experimentais. Para ser possível esse teste e essa análise, as aulas foram ministradas em duas escolas privadas e dois terceiros anos distintos, sendo que, em uma escola foi ministrado o conteúdo programático com o auxílio e suporte de um experimento e em outra não. As escolas, em questão, são o Colégio Integral situado em Jaboatão dos Guararapes e o Colégio Ideia situado no Recife. A turma contemplada com a aula experimental, a apostila contendo toda abordagem teórica e o roteiro do experimento foi o terceiro ano do Colégio Integral, mas em ambas as escolas foi aplicado o mesmo questionário contemplando os conceitos pré-estabelecidos sobre a indução eletromagnética. Os conteúdos que foram abordados no funcionamento e montagem do motor elétrico simples foram: campo magnético produzido por ímãs e correntes elétricas, campos magnéticos atrativos e repulsivos, corrente continua, associação de geradores em série (pilhas), circuito elétrico simples, campos magnéticos em bobinas e as leis da indução eletromagnética.

Essa dissertação aponta para a importância da aula experimental real, sem o computador como protagonista e sim o arranjo das peças necessárias para realizar a atividade e o risco do experimento não dar certo, pois experimentar é tratar com as diferentes variáveis e não uma outra variável controlável. Se o estabelecimento escolar não

dispõe de um laboratório, então cabe ao professor inventar e reinventar técnicas e práticas de experimentos simples, alguns a baixo custo e outros, um pouco mais sofisticados.

O segundo capítulo dessa dissertação refere-se à fundamentação pedagógica e aborda algumas teorias sobre o processo de ensino – aprendizagem e como esse processo pode estar correlacionado com a aplicação da física. Aborda também sobre o ensino de física e das ciências afins, apresentando a física como ciência da natureza e os parâmetros curriculares nacionais para o ensino de física com suas habilidades que devem ser trabalhadas, sua experimentação e aplicação vigente, mediante a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) e a interação da física com as novas e antigas tecnologias.

O capítulo três abordaremos toda fundamentação física que será trabalhada na atividade experimental, enfatizando os conteúdos programáticos e informando os conceitos e passagens matemáticas importantes. Todas as equações matemáticas apresentadas nessa dissertação são demonstráveis.

No capítulo quatro é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento e montagem do produto educacional, referente ao motor elétrico simples. Cada etapa da montagem é descrita e como utilizar o motor elétrico nas aulas de indução eletromagnética.

No capítulo cinco é mostrado os resultados obtidos com a aplicação do produto. É feita uma análise sobre a construção do pensamento crítico e físico dos alunos. Por fim, são apresentadas as conclusões no capítulo seis.

## Capítulo 2

### Fundamentação Pedagógica

#### 2.1. Modelos e tipos de teorias de ensino e aprendizagem

As teorias sobre o ensino e aprendizagem foram propostas com o intuito de descrever comportamentos e sistematizar um modelo de como as pessoas, em especial, os alunos aprendem. É importante destacar que o ensino de física inicia, ainda nas séries fundamentais como 8º e 9º ano e por isso, algum conhecimento prévio, o aluno já deve possuir para ser possível estudar conceitos físicos e matemáticos.

A forma como aconteceu o processo de aprendizagem do aluno é que será abordada, dando ênfase a algumas teorias e correntes que surgiram como Behaviorismo, cognitivismo e a teoria de aprendizagem de Ausubel que no decorrer do tempo tentou e tenta explicar como acontece o processo de ensino e de aprendizagem.

##### 2.1.1. Behaviorismo (comportamentalismo)

É denominada como uma linha investigativa da psicologia como uma reação ao mentalismo que era muito forte na época. O behaviorismo investiga o comportamento humano, mediante a estímulos e respostas. Sendo uma área da psicologia, vários psicólogos como: John B. Watson (1878 – 1958), Clark L. Hull (1884 – 1952), B.F. Skinner (1904 – 1990) investigaram diferentes linhas do comportamento humano com base na observação e no estímulo.

Segundo Hull (1990), conforme citado por Moreira (1999, p.21):

“O behaviorismo surgiu como uma reação à psicologia de até então, a qual se ocupava em estudar o que as pessoas pensavam e sentiam: a ideia era ocupar – se do que as pessoas fazem, omitindo por desnecessária qualquer discussão sobre a consciência.”

O norte – americano, John B. Watson, é considerado o pai do Behaviorismo devido ao seu artigo publicado em 1913 com o título “Psicologia: como os behavioristas a veem”. Através de experimentos em seres humanos e animais ele supunha que todo aprendizado poderia ser dado do mesmo modo, ou seja, todo ser humano nasce com uma capacidade de

realizar estímulos e respostas que originam os reflexos. Para exemplificar, Watson usa de alguns exemplos como o ato de espirrar e o ato da pupila dilatar ou contrair. Você espirra quando seu nariz está irritado com alguma coisa e sua pupila contrai ou dilata mediante ao estímulo da luz.

Já o Behaviorismo defendido por Burrhus Frederic Skinner, traz uma linha de um comportamento operante e defende um comportamento controlado por suas consequências, ou seja, o indivíduo se comporta mediante as recompensas que ele pode obter ou mediante as punições que ele pode evitar. Surge, então, a ideia de reforço positivo e reforço negativo, isto é, o reforço positivo bonifica a ação feita pelo ser humano e o reforço negativo pune a ação feita pelo ser humano. A corrente defendida por Skinner, dominou o pensamento e a prática psicológica e escolar até o ano de 1950.

### **2.1.2. Cognitivismo**

É denominada como uma abordagem para o estudo da mente. O behaviorismo surge como resposta ao mentalismo e cognitivismo como resposta ao behaviorismo, pois passou a considerar a percepção, a resolução de problemas, a memória, a linguagem, a abstração e a compreensão como variáveis no processo de ensino e aprendizagem no desenvolvimento do ser humano.

### **2.1.3. Cognitivismo de Piaget**

O suíço, Jean Piaget (1896 – 1980) é considerado o pioneiro do construtivismo da cognição humana. Uma das suas linhas de pesquisa aborda as fases do desenvolvimento do ser humano e como cada fase influencia no seu desenvolvimento. De acordo com Piaget, são quatro períodos de desenvolvimento cognitivo: sensorial, pré-operacional, operacional concreto e operacional formal.

O estágio do desenvolvimento sensorial ou sensório – motor é compreendido do nascimento da criança até mais ou menos 24 meses. Nesse período a criança é o centro do seu mundo e tudo que está a sua volta é como uma extensão do seu próprio corpo. À medida que a criança vai crescendo ela vai deixando de ser menos egocêntrica e vai entrando no próximo estágio.

O estágio pré-operacional é compreendido entre as crianças de um ano e meio ou dois anos até os 6 ou 7 anos de idade. Nesse período a criança começa a construir e associar pensamentos a respostas a estímulos externos, porém não é capaz de construir

um caminho cognitivo. Um exemplo clássico é pedir para uma criança classificar e quantificar as coisas, quer dizer, ofereça 10 moedas de dez centavos e uma única moeda de um real. A criança nesse estágio irá preferir as 10 moedas devido a ideia de quantidade que foi criada por ela, mas ela não consegue associar que um real é composto por dez moedas de dez centavos.

O estágio operacional concreto compreende o período entre 7 e 8 anos até 11 ou 12 anos. O pensamento agora é organizado e as ideias e pensamentos possuem uma lógica e uma sequência que pode ser reversível ou negada, se assim for possível. Se uma criança nesse período for submetida ao mesmo teste das moedas ela conseguirá associar facilmente que, em termos qualitativos, não existe diferença entre as dez moedas de dez centavos e uma única moeda de um real.

O estágio operacional formal é último processo de desenvolvimento que vai dos doze anos em diante. É nesse período que o jovem iniciando a sua adolescência consegue fazer abstrações, permutações, raciocinar com hipóteses verbais e não, apenas, com objetos concretos.

#### **2.1.4. Cognitivismo de Vygotsky**

O bielo – russo Lev Vygotsky (1896 – 1934) foi um psicólogo que defendia que o desenvolvimento está associado com meio social e cultural que a criança está inserida, ou seja, o amadurecimento cognitivo não é independente como defendia Piaget. De acordo com Vygotsky, o homem não se constrói homem, na ausência de outro, quer dizer que o ser humano é um produto dos estímulos externos.

De acordo com Vygotsky, conforme citado por Moreira (1999, p.114):

“O momento de maior significado no curso de desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento convergem. Embora o uso de instrumentos, pela criança durante o período pré-verbal, seja comparável àquele dos macacos antropoides, assim que a fala e o uso dos signos são incorporados a qualquer ação, está se transforma e se organiza ao longo de linhas inteiramente novas. Realiza-se assim, o uso de instrumentos especificamente humanos, indo além do uso possível de instrumentos, mais limitado, pelos animais superiores.”

O signo é uma informação, elemento mediador exclusivamente humano. É justamente o uso dos signos e na mediação que o homem se distingue dos outros animais, isto é, o homem é capaz de dominar a natureza. Quanto mais signos o indivíduo usar mais instrumentos ele vai usar e o seu desenvolvimento cognitivo vai ampliando.

### **2.1.5. A teoria da aprendizagem de Ausubel**

O pesquisador norte – americano David Ausubel (1918 – 2008), defendia que o conhecimento prévio é a chave da aprendizagem significativa e que o processo de ensino e aprendizagem tenha sentido para quem está aprendendo. Ausubel, também considerava uma aprendizagem mecânica, nesse caso as informações eram armazenadas de modo arbitrário. A aprendizagem pode ser dividida em três tipos: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora.

A aprendizagem cognitiva é o processo de organização e armazenamento de informações mentais de quem está aprendendo, criando uma estrutura cognitiva, ou seja, Ausubel segue a mesma linha de Piaget. A aprendizagem afetiva se dá pelas experiências afetivas do indivíduo como dor, alegria ou ansiedade, portanto a aprendizagem afetiva ocorre, simultaneamente, com a cognitiva. E a aprendizagem psicomotora é associada a um grupo de estímulos musculares através de treinos e práticas.

Os tipos de aprendizagem significativa são divididos em três grupos que são:

- Representacional;
- Conceitual;
- Proposicional.

A aprendizagem significativa representacional é a mais simples, pois acontece quando o indivíduo começa a atribuir significados a símbolos. A aprendizagem conceitual é uma forma representacional, a diferença é que o indivíduo entende o conceito e consegue associar o mesmo a fatos abstratos. E a aprendizagem proposicional é a busca da formação de ideias, pois o indivíduo aprende o conceito, o seu significado e cria uma proposição que é verbalizada.

De acordo com Ausubel (1978),

“Se tivermos que reduzir toda psicologia educacional a um só princípio, diria que o fator isolado mais importante, influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso, e ensine-o de acordo.”

Nesta dissertação, será aplicado as teorias de aprendizagem de Ausubel.

## **2.2. O uso de experimentos de física de acordo com o Parâmetro Curricular Nacional (PCN)**

O uso de experimentos nas aulas de física no ensino médio vem ganhando força nos últimos anos, principalmente com a aprovação da BNCC (Base Nacional Curricular Comum) e o novo ensino médio. A BNCC não propõe uma nova forma de ministrar aula, entretanto traz estratégias de ensino – aprendizagem que o aluno pode sempre rever conceitos do passado no presente para projetar as descobertas do futuro.

A aplicação de experimentos tem como objetivo demonstrar fenômenos físicos na prática. A física é uma ciência que estuda os fenômenos da natureza e nem sempre estudar esses fenômenos é tarefas simples. A própria história da física com sua vasta literatura nos diz que são vários séculos de estudo até as leis serem verificadas e consolidadas. As leis de Newton para a mecânica clássica, a teoria do eletromagnetismo, o conceito de calor e temperatura, as leis da termodinâmica, as ondas gravitacionais, recentemente, e outras leis foram propostas e verificadas ano após ano, então como exigir que um aluno do ensino médio acompanhe em três anos, séculos de avanços científicos e de teorias que o mesmo nunca ouviu falar?

Por exemplo, como explicar ao aluno as leis da refração da luz em um prisma e o comportamento óptico do material sem o uso de um aparato que possa fazer o aluno visualizar? O uso de um *laser* e um prisma de acrílico ou outro material pode diminuir o espaço entre a teoria e o entendimento. A maioria das aulas de física são expositivas e com conteúdo estabelecidos por meio de equações matemáticas que não despertam no aluno a curiosidade de buscar informações.

Uma das estratégias propostas é o uso e a aplicação de experimentos que se destinam a determinados fenômenos. Nessa dissertação a aplicação do experimento do motor elétrico é para demonstrar aos alunos as leis da indução eletromagnética e como o melhoramento desse motor é usado nos dias atuais.

De acordo com o PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) para o ensino de física:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. (pág.84).

O PCN é dividido por áreas de ensino e a física faz parte do bloco de ciências da natureza que é composto por biologia e química, pois investigam a natureza e tratam do desenvolvimento tecnológico e fenômenos naturais. Dentro dos parâmetros curriculares nacionais estão as matrizes de referência com competências e habilidades por área e disciplina a serem desenvolvidas pelo docente em sala de aula que visa à contextualização sociocultural das dimensões históricas e sociais na física.

De forma geral para o ensino de física são 8 competências e 30 habilidades divididas por segmento e tem como objetivo formar um cidadão capaz de compreender, intervir e participar da realidade que está ao seu redor. Para a física elétrica, magnetismo e eletromagnetismo, em especial, pois são essas leis e teorias que regem a parte teórica do motor elétrico simples, podem ser trabalhadas as seguintes competências e habilidades, listadas abaixo:

- **Competência de área 1** – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.
  - ✓ **Habilidade 3** – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
  - ✓ **Habilidade 6** – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.
- 
- **Competência de área 2** – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.
  - ✓ **Habilidade 5** – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
- 
- **Competência de área 5** – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.
  - ✓ **Habilidade 18** – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

- **Competência de área 6** – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
- ✓ **Habilidade 21** – Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.
- ✓ **Habilidade 23** – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

Dentro das competências e habilidades, os conteúdos programáticos são trabalhados em sala de aula e o uso de experimentos casam com habilidades sugeridas e as propostas do PCN. É importante destacar que os conteúdos programáticos são regidos pela BNCC (Base Nacional Curricular Comum) e que unifica todo programa escolar, podendo o estado e município acrescentar no currículo disciplinas de seu interesse, mas nunca retirar do currículo da base.

Exemplificando, no estado de Pernambuco, o governo poderá inserir no currículo a disciplina História de Pernambuco, mas nunca retirar conteúdos de disciplinas que fazem parte da base. Em 14 de dezembro de 2018, sob muita polêmica foi aprovada que as únicas disciplinas obrigatórias no ensino médio serão língua portuguesa, língua inglesa e matemática. Sendo as outras disciplinas e áreas de conhecimento ofertadas ao aluno, caso o mesmo opte por estudar aquela área específica. Sobre os conteúdos programáticos de física, o PCN alerta que,

A seleção desse conhecimento tem sido feita, tradicionalmente, em termos de conceitos considerados centrais em áreas de fenômenos de natureza física diferentes, delimitando os conteúdos de Mecânica, Termologia, Ótica e Eletromagnetismo a serem abordados. Isso resulta, quase sempre, em uma seleção tal que os índices dos livros didáticos de ensino médio se tornam, na verdade, uma versão abreviada daqueles utilizados nos cursos de física básica do ensino superior, ou uma versão um pouco mais estendida dos que vinham sendo utilizados na oitava série do ensino fundamental.

Ainda sobre o PCN e sua proposta, é valido destacar que,

Não se trata, portanto, de elaborar novas lista de tópicos de conteúdo, mas, sobretudo, de dar ao ensino de física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Apresentar uma física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas do céu, o arco-íris e também o raio laser, as imagens da televisão e as outras formas de comunicação. Uma física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma física cujo significado o aluno possa perceber no momento que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado. (PCN Ensino Médio. p. 23).

Com base nas competências e habilidades, regido pelo PCN e BNCC o ensino de física e de ciências da natureza está sendo reformulado. A tendência é que as aulas experimentais de física passem a ser uma constante. O uso de experimentos de baixo custo é uma opção para os professores que não dispõem de um espaço físico apropriado e desejam usar os experimentos em suas aulas.

A apresentação do motor elétrico simples, mostrando suas etapas de construção e montagem, uso e aplicação prática tornam de forma mais lúdica o ensino da física e suas leis envolvidas em todo processo. No próximo Capítulo iremos apresentar a base teórica física para o problema proposto.

## Capítulo 3

### Fundamentação Física

Neste capítulo abordaremos os conceitos físicos envolvidos para o entendimento do motor elétrico simples. A seguir descreveremos a corrente elétrica, campo magnético, força magnética e indução magnética.

#### 3.1. Corrente elétrica (i):

A corrente elétrica, expressa em Ampère, em um fio condutor é definida como um fluxo de partículas com cargas ( $dq$ ), expressa em Coulomb, que passam em um determinado ponto, dentro de um condutor, variando no tempo ( $dt$ ). Existem materiais condutores que são metálicos, como: ferro e cobre, eletrolíticos que são encontrados em soluções com ácidos ou sais contidos na água e condutores gasosos, como: gases ionizados.

- Condutores metálicos: os portadores de carga são os elétrons “livres”, ou seja, elétrons ligados fracamente ao núcleo do átomo, como mostra a figura 3.1. Os elétrons livres ao receberem energia podem saltar para outras camadas eletrônicas. Nos metais os elétrons da última camada podem se movimentar livremente, pois possuem ligações mais fracas

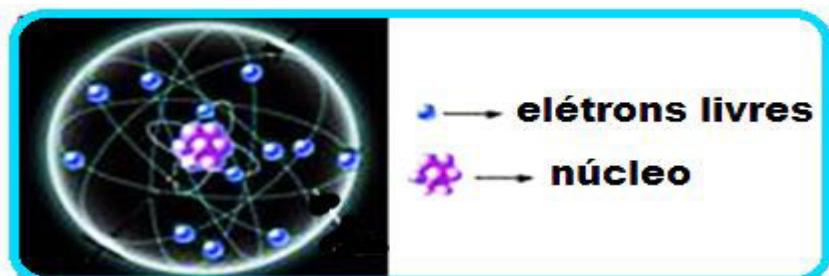


Figura 3.1: Elétrons livres e o núcleo do átomo (Física e vestibular, 2019).

- Condutores eletrolíticos: os portadores de carga são os íons negativos e positivos se deslocando em sentidos contrários, indicado na Figura 3.2.

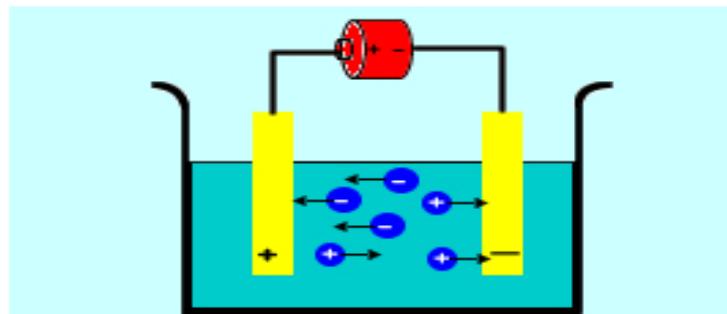


Figura 3.2: Condutor eletrolítico (Bísquolo, 2019).

- c) Condutores gasosos: os portadores de carga são os elétrons “livres”, íons negativos e positivos se deslocando em sentidos contrários. A diferença para os condutores eletrolíticos é que essas moléculas não são energizadas sozinhas, pois ao se chocarem com os elétrons livres é que se eletrizam. A Figura 3.3 ilustra o mecanismo dos condutores gasosos. Os cátions são formados por metais alcalinos e metais alcalinos terrosos, apresentam carga positiva na medida que perdem elétrons e os ânions possuem carga negativa a medida que ganham elétrons.

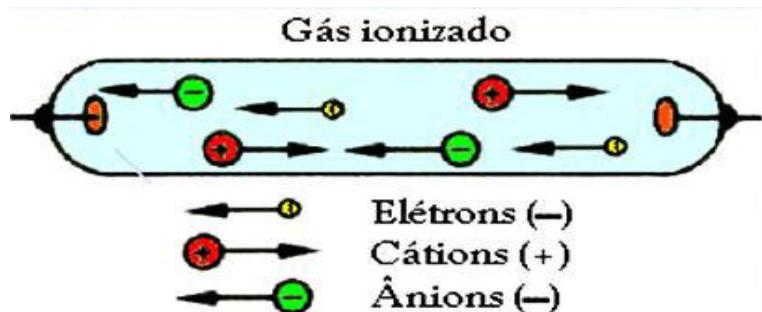


Figura 3.3: Condutor gasoso (Física e vestibular, 2019).

É importante destacar que, em geral, os gases são isolantes, entretanto, quando na presença de um campo elétrico muito forte, eles são ionizados e passam a ser condutores.

O sentido convencional da corrente elétrica, dentro de um condutor, é contrário ao sentido dos elétrons, ou seja, por convenção a corrente elétrica tem sentido oposto ao sentido dos elétrons, conforme ilustra a figura 3.4.

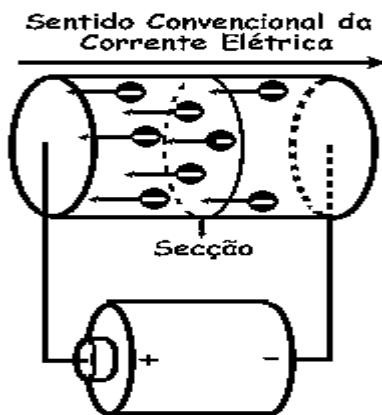


Figura 3.4: Sentido da corrente (Bískquolo, 2019)

De acordo com Griffiths (2011),

Os elétrons com carga negativa que se movimentam – na direção oposta à da corrente elétrica, como, de fato, durante um século todos assumiram que ocorresse, depois que Benjamin Franklin estabeleceu sua infeliz convecção. No contexto das experiências de Franklin com pelos de gato e hastes de vidro, a escolha foi completamente arbitrária.

Matematicamente, a intensidade da corrente elétrica é definida como uma comparação entre a quantidade de carga ( $dq$ ) e o tempo ( $dt$ ).

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (3.1)$$

A figura 3.5 mostra a seção transversal de um condutor, parte de um circuito elétrico no qual passa um fluxo de elétrons determinando uma corrente elétrica.

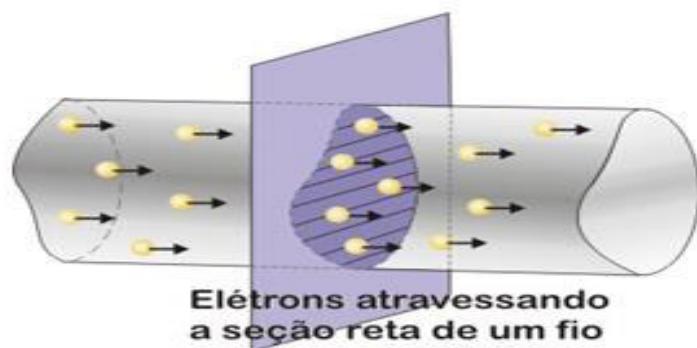


Figura 3.5: Fluxo de elétrons atravessando o condutor metálico (Costa, 2019).

Se tivermos interessados em conhecer a quantidade de carga que passa pela seção transversal da figura 3.5 para um certo tempo ( $t$ ), podemos fazer uma integração.

$$\int_0^q dq = \int_0^t idt. \quad (3.2)$$

Outra forma de determinar a corrente elétrica é em função da sua densidade ( $\vec{J}$ ) que será considerada constante e possui a mesma direção e sentido da velocidade das cargas. A corrente elétrica atravessa um elemento de área  $d\vec{A}$  (seção transversal da figura 3.5). Matematicamente,

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} = \vec{J} \cdot \int d\vec{A} = \vec{J} \cdot \vec{A}. \quad (3.3)$$

Sendo assim, o módulo da corrente elétrica pode ser escrito como a razão da corrente elétrica sobre a área.

$$J = \frac{i}{A}, \quad (3.4)$$

A corrente elétrica pode ser dividida em dois tipos: continua e alternada. A corrente continua só possui um sentido e sua intensidade nunca muda. A corrente alternada tem sentido e intensidade variando periodicamente no tempo. A Figura 3.6 representa graficamente o comportamento de uma corrente continua e uma corrente alternada.

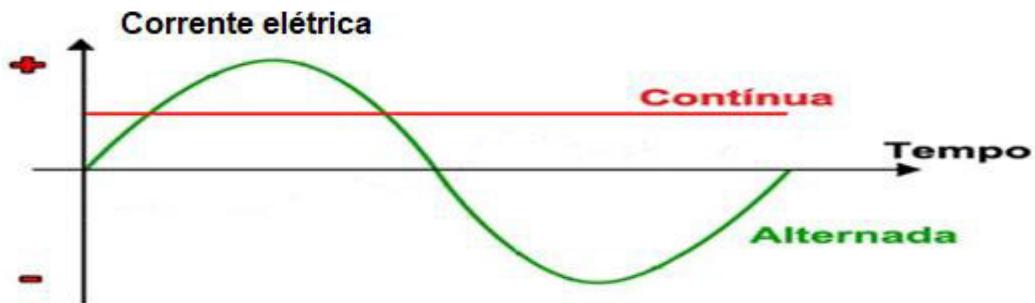


Figura 3.6: Representação gráfica dos tipos de corrente (Equipe mundo da elétrica, 2019).

### 3.2. Força elétrica

Na mecânica associamos a aceleração da gravidade ( $\vec{g}$ ) ao campo gravitacional da Terra, mas na eletricidade – estática é introduzido o conceito de campo elétrico ( $\vec{E}$ ) para descrever a interação da carga de prova com outras cargas. Em ambos os casos, o campo

está relacionado com uma força, sendo a força gravitacional no campo gravitacional e a força elétrica no campo elétrico.

Analizando as expressões matemáticas abaixo para força e energia potencial, percebe-se uma semelhança no comportamento desses campos, sendo que a massa (m) está para a mecânica assim como a carga (q) está para a eletricidade.

Tabela 3.1: Relação do campo gravitacional com o campo elétrico.

Campo gravitacional ( $\vec{g}$ )	Campo elétrico ( $\vec{E}$ )
$\vec{P} = m\vec{g}$	$\vec{F} = q\vec{E}$
$\vec{F} = G \frac{M_1 M_2}{r^2} \hat{r}$	$\vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$
$U = -G \frac{M_1 M_2}{r}$	$U = K \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$

As Tabelas 3.2 e 3.3 indicam quem são os elementos apresentados na Tabela 3.1. A natureza do campo gravitacional está associado a massa dos corpos, enquanto a natureza do campo elétrico está associada as cargas.

Tabela 3.2: Variáveis da tabela 3.1 referente ao campo gravitacional.

$\vec{P}$	Força peso
$\vec{F}_g$	Força gravitacional
M	Massa
$M_1$ e $M_2$	Massas dos corpos celestes
G	Constante da gravitação universal
R	Distância entre dois corpos
$\hat{r}$	Versor na direção radial
U	Energia potencial gravitacional

Tabela 3.3: Variáveis da tabela 3.1 referente ao campo elétrico.

$\vec{F}_e$	Força elétrica
Q	Carga elétrica
K	Constante eletrostática no vácuo
$\epsilon_0$	Permissividade no vácuo

R	Distância entre duas cargas
$\hat{r}$	Versor na direção radial
U	Energia potencial eletrostática

De acordo com Griffiths (2011),

O problema fundamental que uma teoria eletromagnética espera resolver é o seguinte: se eu segurar uma porção de cargas elétricas aqui (e talvez as chacoalhe um pouco) – o que vai acontecer com as outras cargas elétricas, que estão ali? A solução clássica toma a forma de uma teoria de campo: dizemos que o espaço em torno de uma carga elétrica é permeado por campos elétricos e magnéticos.

### 3.3. Introdução ao campo magnético ( $\vec{B}$ ):

A eletricidade e o magnetismo durante anos coexistiram, mas sem nenhuma conexão. É a partir do experimento de Oersted (1819) que o magnetismo e a eletricidade começam a dar origem ao eletromagnetismo clássico, pois correntes elétricas, podem, gerar campos magnéticos. Na época da descoberta, essa afirmação era tida como impossível. Na prática, o que Oersted descobriu foi que cargas elétricas em movimento, podem gerar campos magnéticos.

No seu experimento Hans Cristian Oersted percebeu que agulha magnética da bússola mexia com a passagem da corrente elétrica. A figura 3.7 representa o arranjo experimental com a bússola, mas com a chave desligada e a figura 3.8 representa o mesmo arranjo, porém com a chave ligada.

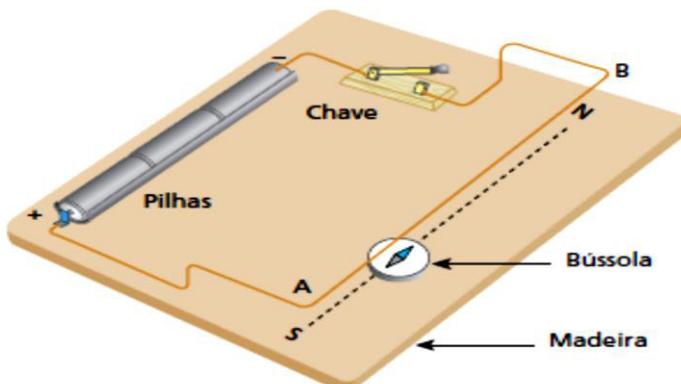


Figura 3.7: Experimento de Oersted com a chave desligada (Biscoula, 2012).

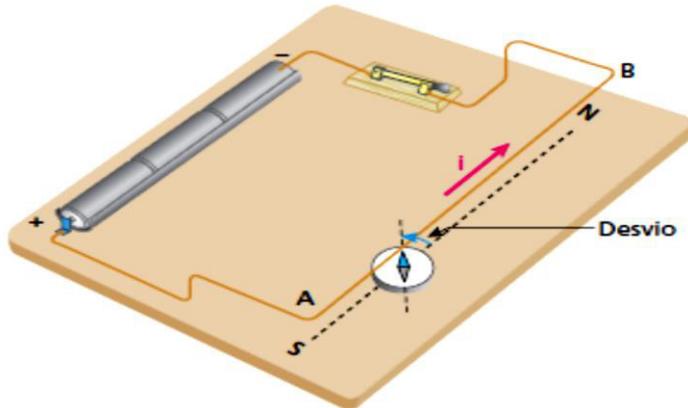


Figura 3.8: Experimento de Oersted com a chave ligada (Biscoula, 2012).

A investigação, a partir desse experimento fez surgir um novo campo de pesquisa, pois Oersted não deu explicação de como calcular o campo magnético. As leis matemáticas e explicações vieram com dois cientistas franceses, Jean – Baptist Biot e Félix Savart, as suas explicações e conclusões deram origem a lei de Biot – Savart.

O arranjo da Figura 3.9 é a representação de um plano  $\beta$  por onde passa um fio de comprimento  $l$  e uma corrente elétrica  $i$ . Num ponto  $P$  qualquer do plano é possível encontrar a intensidade do campo magnético ( $\vec{B}$ ) mediante a distância ( $r$ ) entre o ponto  $P$  e uma parte do comprimento do fio ( $d\vec{l}$ ) e o ângulo ( $\alpha$ ) é formado entre as direções de ( $d\vec{l}$ ) e  $r$ .

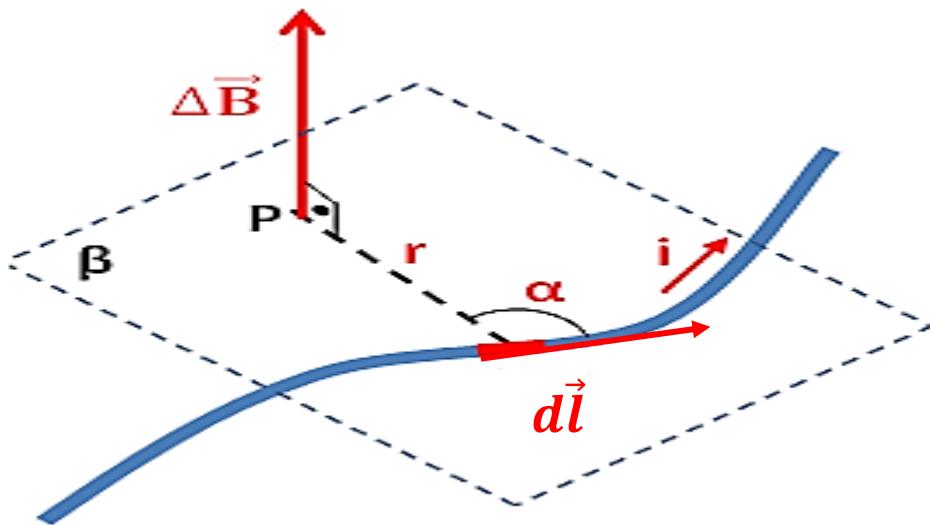


Figura 3.9: Arranjo para demonstração da lei de Biot – Savart (Fismática, 2019).

De acordo com Griffiths, o campo magnético  $\vec{B}(r)$  no ponto P pode ser determinado pela lei de Biot – Savart.

$$\vec{B}(r) = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{d\vec{l}x \hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{d\vec{l}x \vec{r}}{r^3}. \quad (3.5)$$

onde  $\mu_0$  é a permeabilidade magnética no vácuo que mede  $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$ .

As contribuições da lei de Biot – Savart para o eletromagnetismo clássico foram enormes e resolver a equação significa determinar em alguma região do espaço a intensidade do campo magnético naquele ponto. Uma das formas de se determinar a direção e o sentido da força magnética é a regra da mão direita que representa de maneira lúdica a direção e o sentido da força, campo magnético e corrente elétrica. A Figura 3.10 representa essa regra.

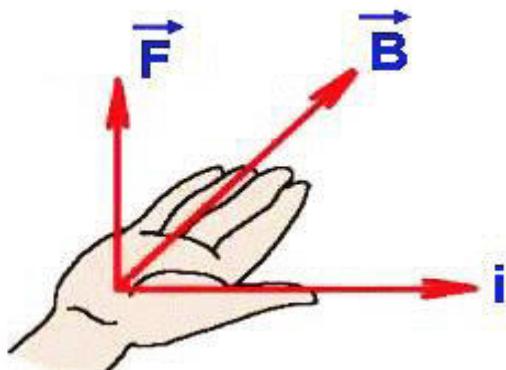


Figura 3.10:Regra da mão direita (Researchgate, 2019).

E como usar a regra da mão direita?

Após escolher onde se quer calcular o campo magnético, observa-se o sentido da corrente com o polegar e fecha os dedos da mão para saber a direção do campo magnético. A palma da mão aberta irá indicar a direção e o sentido da força magnética, conforme a Figura 3.11.

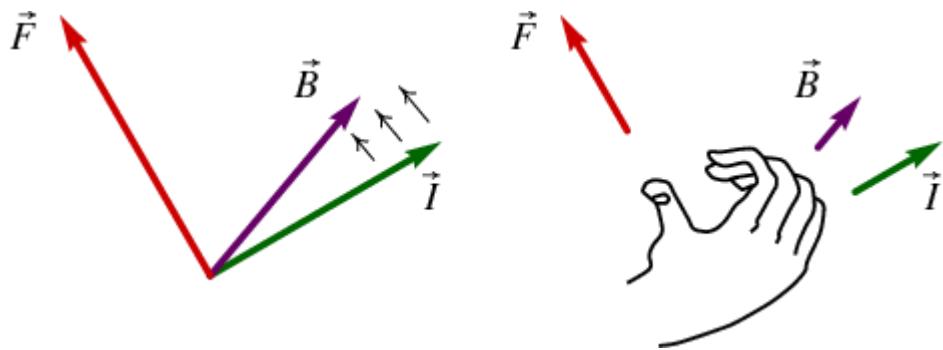


Figura 3.11: Técnica do uso da regra da mão direita (Villate, 2019).

### 3.3.1. Algumas aplicações da lei de Biot – Savart

**1. Campo magnético numa espira:** a Figura 3.12 representa uma espira circular de raio  $R$  e a presença de uma corrente elétrica  $i$ . O que queremos é encontrar a intensidade do campo magnético em um ponto acima e dentro da espira.

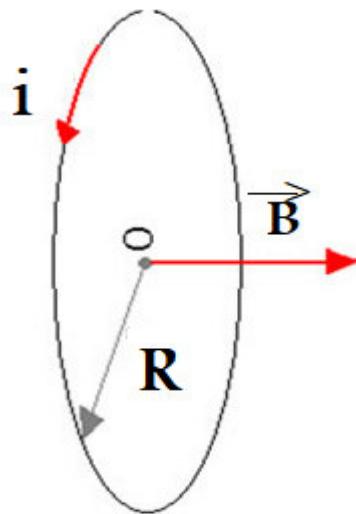


Figura 3.12: Espira circular e a presença do campo magnético produzido por uma corrente elétrica.

**a) Intensidade do campo magnético no eixo de uma espira:** aplicando a lei de Biot – Savart, a uma distância  $z$  fora do centro da espira de raio  $R$ , pelo qual passa uma corrente  $i$ , temos:

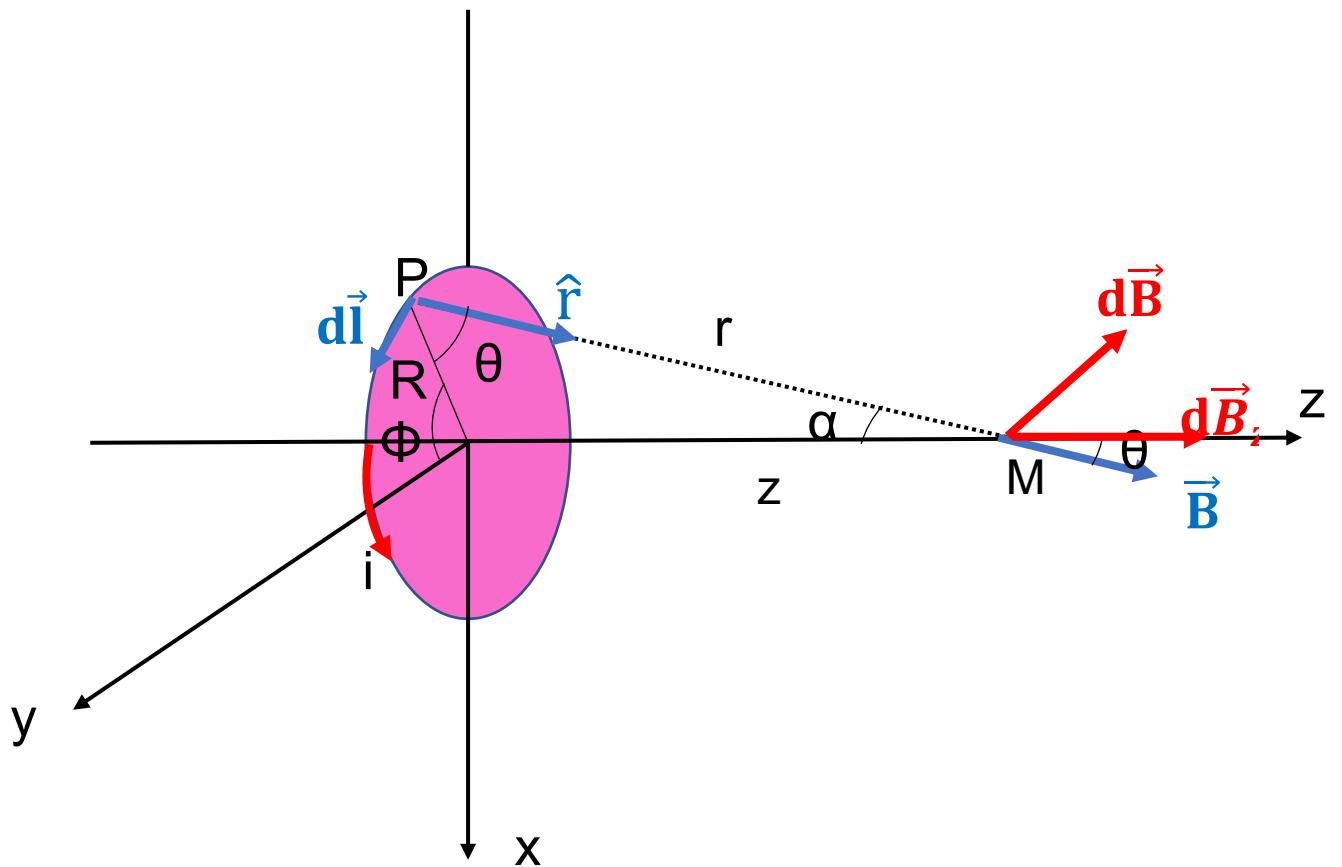


Figura 3.13: Espira circular com os elementos geométricos e matemáticos para o cálculo do campo magnético.

Condições iniciais:

- ✓ Pela simetria, as componentes paralelas do campo magnético se anulam;
- ✓ Vamos considerar a corrente  $i$  estacionária;
- ✓  $R$  é o raio da espira;
- ✓ Na direção  $z$ , a intensidade do campo magnético será:

$$d\vec{B} = [dB]\hat{z} = dB\cos\theta \hat{z};$$

$$\checkmark r^2 = z^2 + R^2;$$

$$\checkmark \cos\theta = \frac{R}{r} = \frac{R}{(z^2+R^2)^{1/2}};$$

- ✓ Pela geometria da espira:  $dl = Rd\varphi$
- ✓  $d\vec{l}$  e  $\hat{r}$  são perpendiculares;

Aplicando as condições iniciais e calculando o módulo de  $dB$ :

$dB = dB\cos\theta$ , substituindo  $dB$  do lado direito pela equação (3.5), temos:

$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{dl \cdot r}{r^3} \cos\theta$ , substituindo  $dl$  e  $\cos\theta$  na expressão;

$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{R d\varphi}{r^2} \frac{R}{r}$ , como  $R$  é constante, ele sai da integral;

$dB = \frac{\mu_0 i R^2}{4\pi} \int \frac{d\varphi}{r^3}$ , e substituindo  $r$  na expressão, aparecem duas variáveis constantes

que podem sair da integral;

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{R^2}{(z^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \int_0^{2\pi} d\varphi$$

$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{R^2}{(z^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} 2\pi$ , simplificando a fração, temos:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{R^2 \hat{z}}{(z^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (3.6)$$

**b) Intensidade do campo magnético no centro da espira:** partindo da equação 3.6, faremos  $z = 0$  e a intensidade do campo será a mesma em qualquer direção radial.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{R^2 \hat{z}}{[(R^2)]^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_0 i R^2 \hat{z}}{2 R^3}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i \hat{z}}{2R} \quad (3.7)$$

## 2. Campo magnético na bobina chata com $n$ espiras:

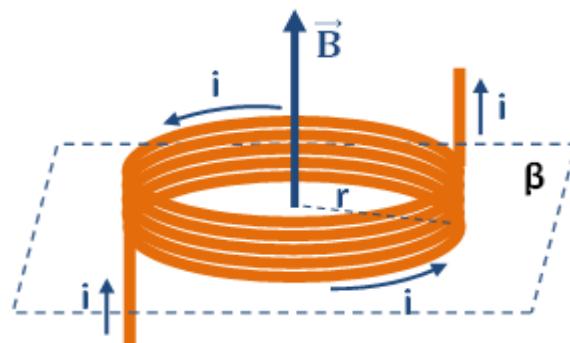


Figura 3.14: Bobina chata (Fismática, 2019).

Uma bobina chata é um conjunto de  $n$  espiras, todas iguais, de mesmo raio  $R$  e que estão justapostas. Aplicando a lei de Biot – Savart, o campo magnético dentro da bobina, no limite que o raio  $R$  seja muito maior que a espessura das camadas da espira, é dado pela expressão abaixo. O mecanismo é análogo ao desenvolvido na equação (3.6), a diferença é que multiplica o campo de uma espira por  $n$  espiras.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i n \hat{z}}{2R}. \quad (3.8)$$

### 3.3.2. Lei de Ampère

A lei de Ampère, assim como a lei de Biot – Savart, permite calcular o campo magnético a partir de uma corrente elétrica estacionária que independe do tempo. A diferença está na forma de executar, pois a lei de Ampère estabelece um circuito fechado em função da corrente elétrica envolvida, do campo magnético e da permissividade elétrica.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i_{\text{Envolvida}} \quad (3.9)$$

A corrente elétrica ( $i$ ) recebe o nome de envolvida por causa do contorno Amperiano ( $d\vec{l}$ ) que é escolhido, analogamente, a uma superfície Gaussiana. A Figura 3.15 representa um fio reto de raio  $R$  com uma corrente elétrica distribuída uniformemente no seu interior e um contorno Amperiano de raio  $r$ .

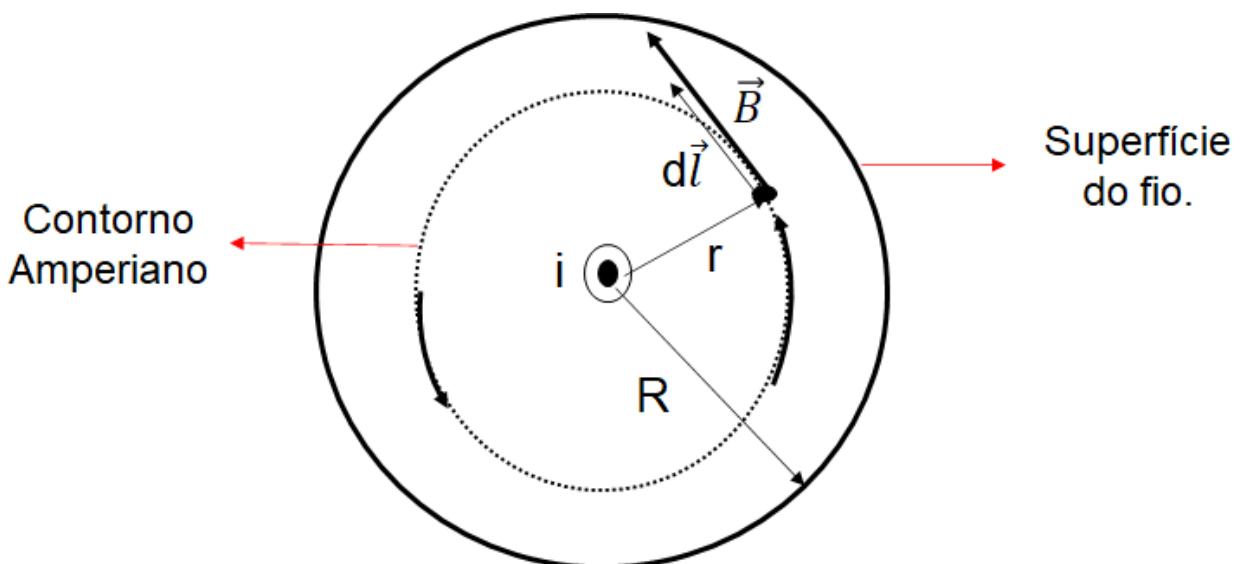


Figura 3.15: Superfície de Ampère (Instituto de Física, 2019).

Segundo Griffiths (2011),

Para correntes elétricas com simetria adequada, a lei de Ampère na forma integral oferece um meio adorável e extremamente eficiente para calcular o campo magnético.

Griffiths, fala da lei de Ampère na forma integral, pois existe a sua forma diferencial que é relacionada com a equação de rotação do campo magnético, ou seja,

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}, \quad (3.10)$$

onde  $J$  representa a densidade volumétrica de corrente elétrica. Naturalmente, existe uma relação da lei de Ampère na sua forma diferencial com a sua forma integral. Para Griffiths, podemos aplicar o Teorema de Stokes e combinar o rotacional de uma superfície com o perímetro do trecho considerado, sendo assim:

$$\int_S (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \cdot d\vec{A} = \oint_P \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int \vec{J} \cdot d\vec{A} = \mu_0 i. \quad (3.11)$$

Pelo Teorema de Stokes é possível relacionar o rotacional do campo com sua superfície de contato com um contorno Amperiano e essa transformação será muito importante para a discussão sobre a variação do fluxo do campo magnético. Evidentemente, se o produto da integral da densidade de corrente volumétrica com um elemento infinitesimal de área for a corrente total, obtemos a equação (3.9)

### Algumas aplicações da lei de Ampère

**a) Campo magnético produzido por um fio longo:** a Figura 3.16 representa a direção e o sentido de uma corrente elétrica e as linhas de campo magnético que podem ser encontradas usando a regra da mão direita.

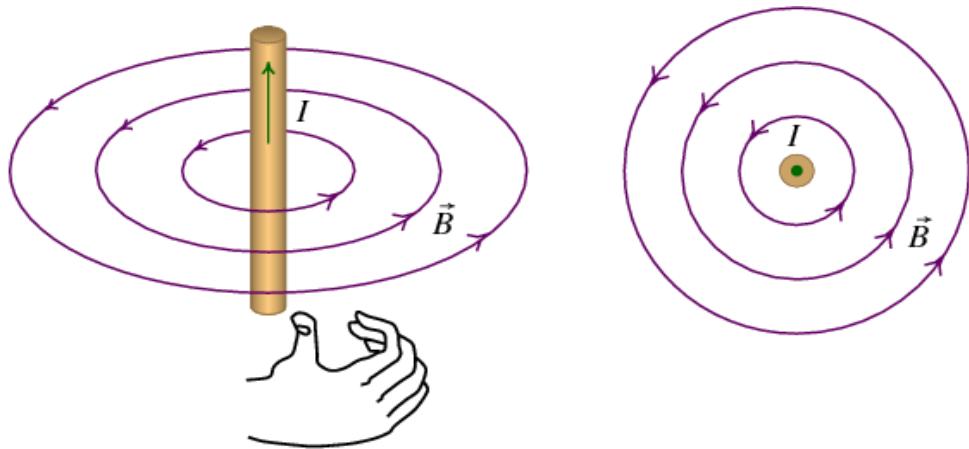


Figura 3.16: Superfície de Ampère no fio condutor e a regra da mão direita (Instituto de Física, 2019).

Aplicando a lei de Ampère na figura 3.16, podemos obter a expressão do campo magnético gerado pela corrente elétrica estacionária  $i$ , dentro do condutor.

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \oint B dl = B \oint dl = B(2\pi r) = \mu_0 i$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

$$\vec{B}(r) = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \hat{r} \quad (3.12)$$

**b) Campo magnético no solenoide (bobina):** a figura 3.17 representa o comportamento do campo magnético dentro e fora do solenoide na presença de uma corrente elétrica.

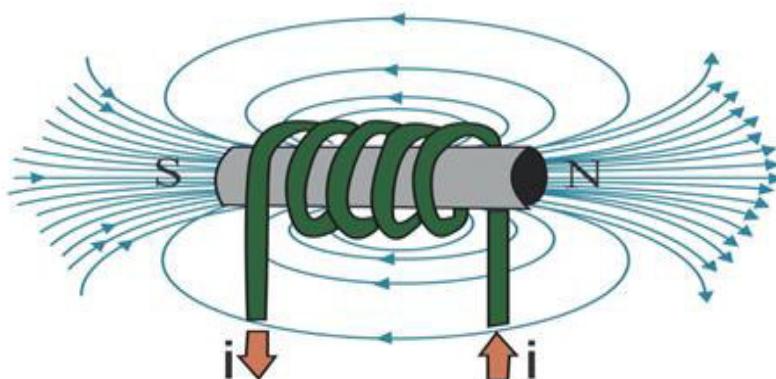


Figura 3.17: Linhas de campo no solenoide (Ponto ciência, 2019).

Devemos considerar que essa bobina, assim como a bobina chata, possui vários fios enrolados de certo comprimento, que chamaremos de  $L$ . Sendo assim, se aplicarmos a lei de Ampère num contorno Amperiano, conforme a Figura 3.18 temos:

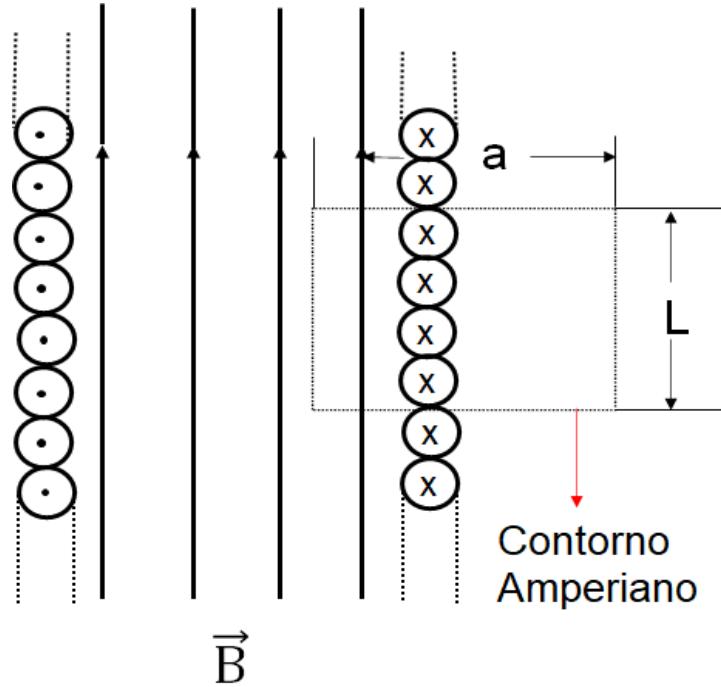


Figura 3.18: Vista transversal do solenoide.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \oint_0^L dl = \mu_0 i$$

$B \cdot L = \mu_0 i \cdot n$ , onde  $n$  representa o número de voltas do solenoide e, portanto, temos:

$$\vec{B}(r) = \mu_0 i \frac{n}{L} \hat{r}. \quad (3.13)$$

A expressão (3.13) pode ser reescrita em termos de uma densidade de espiras, ou seja,

$$\rho = \frac{n}{L}. \quad (3.14)$$

$$\vec{B}(r) = \mu_0 i \rho \hat{r}. \quad (3.15)$$

Mas, qual a definição de campo magnético? Nos exemplos mencionados, anteriormente, o campo magnético é utilizado como uma ferramenta de cálculo para se determinar, por exemplo, a força efetiva, ou seja, a força magnética. O campo magnético pode ser entendido como a concentração do magnetismo em torno de uma carga

magnética. A definição pode não ser a mais adequada, mas é útil. O uso de limalha de ferro sobre um ímã cria uma figura no espaço que chamamos de linhas de força e essas linhas formadas pela limalha representam, nesse caso, a configuração geométrica do campo magnético.

A Figura 3.19 representa a configuração das limalhas de ferro na presença de um campo magnético produzido por um ímã.



Figura 3.19: Ímã e limalha de ferro (Sala de Demonstrações de Física, 2019).

Segundo Halliday,

Se dispuséssemos de um monopolo magnético, poderíamos definir o campo magnético de forma análoga ao campo gravitacional e elétrico, entretanto como os monopolo magnéticos até hoje não foram encontrados, devemos definir o campo magnético de outro modo, ou seja, em termos da força magnética exercida sobre uma partícula de prova carregada eletricamente em movimento.

Experimentalmente, uma partícula com carga elétrica quando exposta a um campo elétrico ou um objeto de massa é solto na atmosfera, ambos são acelerados por ação de uma força, mas quando uma carga elétrica é submetida a ação de um campo magnético não é sempre que ela é acelerada. Vejamos duas condições abaixo:

**1º condição:** a carga se movendo na mesma direção do campo magnético uniforme não acelera e não sente a ação de força, pois o ângulo ( $\theta$ ) entre o vetor campo magnético ( $\vec{B}$ ) e o vetor velocidade ( $\vec{V}$ ) é nulo ou raso.

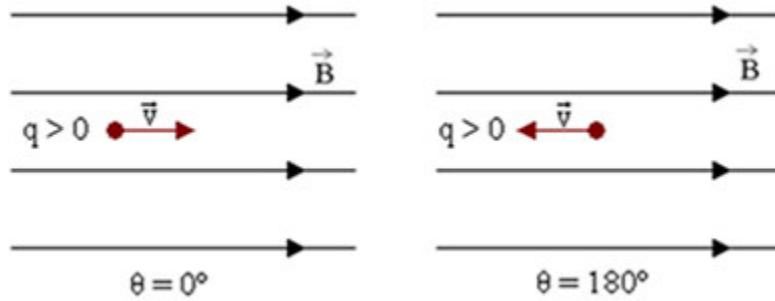


Figura 3.20: Carga em movimento retilíneo no campo magnético (Silva, 2019).

**2º condição:** a carga cortando o campo magnético ( $\vec{B}$ ) acelera e tem sua direção alterada pela presença de uma força, pois o ângulo ( $\theta$ ) não mais nulo ou raso. A intensidade da força é máxima quando o ângulo medir  $90^\circ = \pi/2$ .

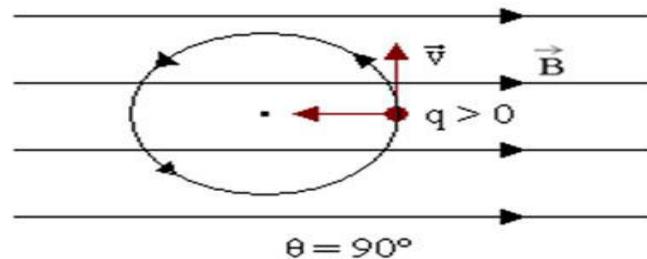


Figura 3.21: Carga em movimento cortando o campo magnético (Silva, 2019).

A partícula carregada sentirá a ação de uma força, se e somente se, cortar o campo magnético e ao contrário do que se esperava, o campo magnético não é capaz de gerar um movimento de translação na partícula carregada e sim um movimento de rotação.

Experimentalmente, as características do fenômeno da força magnética podem ser sintetizadas pela expressão:

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (3.16)$$

Assim, como é feito para o campo magnético, podemos determinar a direção e o sentido da força magnética pela regra da mão direita. A única mudança é que o polegar indicará o sentido da velocidade, conforme a figura abaixo:

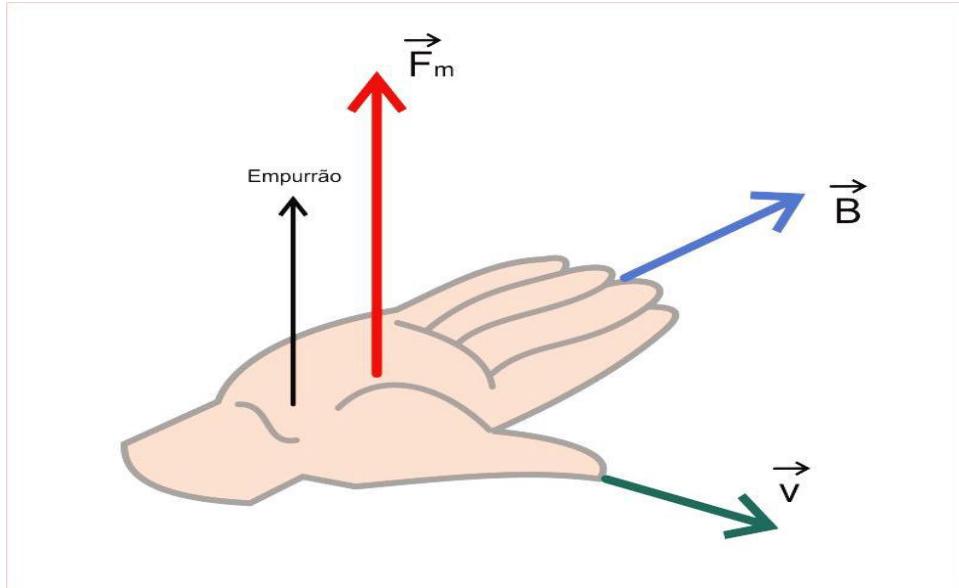


Figura 3.22: Regra da mão direita para a força magnética (Ferraro, 2019).

De forma geral e resumida, podemos fazer uma analogia entre o campo magnético e o campo elétrico é:

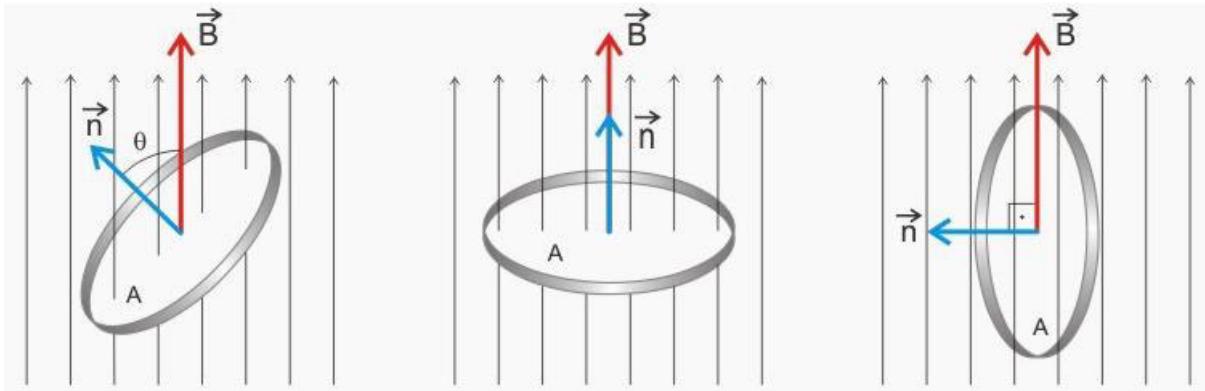
- Campo elétrico: associado a translação de uma carga elétrica;
- Campo magnético: associado a rotação de uma carga elétrica;

### 3.4. Indução eletromagnética

No início do século XIX, dois estimados cientistas e pesquisadores, Michael Faraday e Joseph Henry, questionaram se era possível, através do campo magnético ter a obtenção de corrente elétrica, pois a corrente elétrica é capaz de produzir campo magnético, mas seria possível tal feito? A resposta para essa pergunta foi positiva, porém com uma ressalva, a de que o campo magnético não pode ser constante e sim variável no tempo. Uma nova área dentro do eletromagnetismo estava surgindo e se iniciava o fenômeno da indução eletromagnética.

#### a) Fluxo de campo:

O fluxo de campo magnético ( $\Phi$ ) é definido como a quantidade de linhas de campo que atravessam uma superfície plana ( $A$ ), associada a um vetor normal ( $\vec{n}$ ) e a intensidade do fluxo depende do ângulo ( $\theta$ ) do vetor campo magnético e do vetor normal. A Figura 3.23 ilustra esses vetores atuando, simultaneamente, numa espira de área ( $A$ ).



a)  $\cos \theta < 1$

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

b)  $\cos \theta = 1$

$$\Phi = B \cdot A$$

c)  $\cos \theta = 0$

$$\Phi = 0$$

Figura 3.23: Espira circular sob a presença de um campo magnético uniforme em três posições distintas (Sabrinna, 2019).

O fluxo magnético tem maior intensidade quando a superfície é perpendicular à direção do campo magnético e nulo quando a superfície é paralela à direção do campo magnético (figura 19c). Em condições ideais podemos considerar o campo magnético uniforme e a superfície plana, então, calcular o fluxo de campo magnético torna -se bastante simples com o uso da expressão:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta. \quad (3.17)$$

Entretanto, se a superfície não for plana e o campo magnético não uniforme, a expressão do fluxo toma a forma:

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}. \quad (3.18)$$

O entendimento de fluxo de campo magnético é de extrema importância para o entendimento do fenômeno da indução eletromagnética, as leis de Lenz e de Faraday que serão apresentadas a seguir. Além disso, isto foi fundamental para que Faraday através de sua experimentação em vários arranjos elétricos criasse o conceito de linhas de campo.

Segundo H. Moyses,

Foi para encontrar a lei quantitativa da indução eletromagnética que Faraday introduziu o conceito de linhas de campo e tubos de força, definindo o que hoje corresponde ao fluxo de campo magnético, através de um circuito.

Experimentalmente, Faraday obteve sucesso em três arranjos que seguem abaixo:

### Experimento 1: variando o fluxo magnético por meio da variação do campo magnético

Se dispusermos de uma espira ligada a um amperímetro, equipamento que mede a intensidade da corrente elétrica em Amperes, e um ímã e aproximássemos esse ímã na direção da espira e em seguida afastasse o ímã, realizando esse movimento algumas vezes, o amperímetro acusaria uma corrente elétrica que não pode ser contínua e sim induzida pelas linhas de campo do ímã. A aproximação e o afastamento fazem com que o amperímetro registre diferentes correntes elétricas.

A Figura 3.24 indica as linhas de campo atravessando uma espira circular ligada a um amperímetro, mas como o ímã está no repouso, o amperímetro não acusa corrente elétrica, mas ao aproximar o ímã em direção a espira, conforme a Figura 3.25, uma corrente elétrica é induzida na espira. Ao afastar o ímã, a corrente elétrica continua com a mesma intensidade de antes, entretanto seu sentido passa a ser invertido, como ilustra a Figura 3.26.

Observando as Figuras 3.25 e 3.26, percebemos que existe uma alteração na posição do ponteiro, mas não uma variação na intensidade da corrente elétrica no ponto medido. Essa corrente elétrica que muda de sentido com o movimento do ímã é denominada corrente induzida.

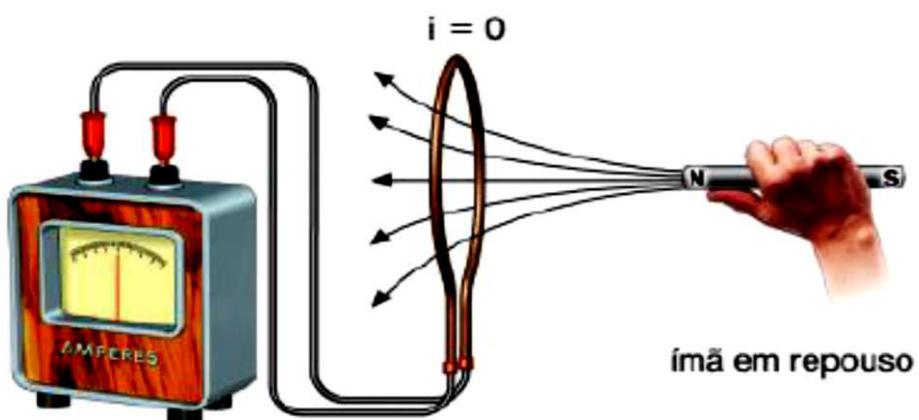


Figura 3.24: Ímã no repouso e as linhas de campo (Bonjorno, 2016).

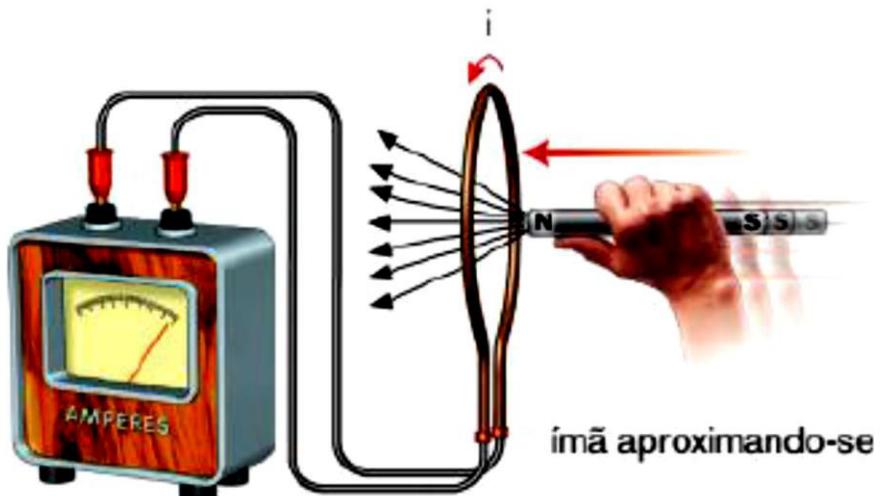


Figura 3.25: Ímã se aproximando da espira (Bonjorno, 2016).

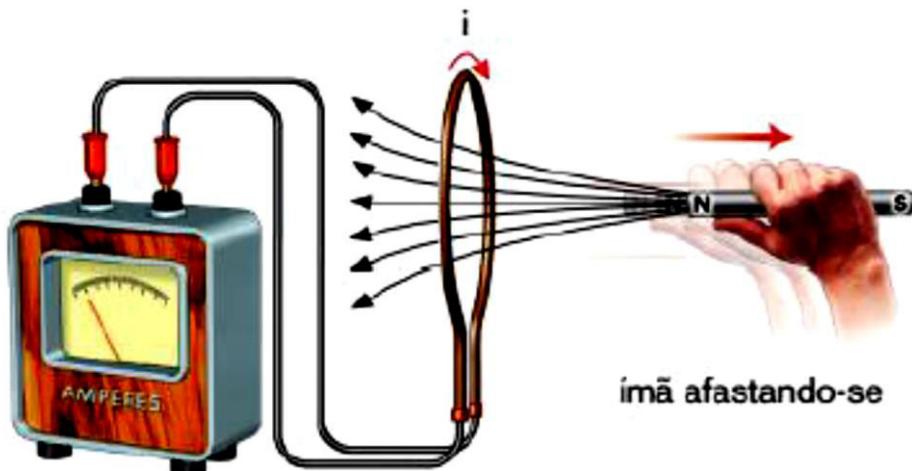


Figura 3.26: Ímã se afastando da espira (Bonjorno, 2016).

**Experimento 2: variação do fluxo magnético pela variação do ângulo formado entre o vetor normal ( $\vec{n}$ ) e o vetor campo magnético ( $\vec{B}$ )**

Se a espira estiver inserida em um campo magnético uniforme e for capaz de rotacionar, uma corrente elétrica será induzida nessa espira. Quanto mais rápido o ângulo variar, maior será a velocidade da espira e, consequentemente, maior a intensidade da corrente elétrica induzida. Os geradores elétricos são construídos nesse fundamento. A Figura 3.27 representa a ação do campo magnético e da força magnética gerando torque numa espira retangular.

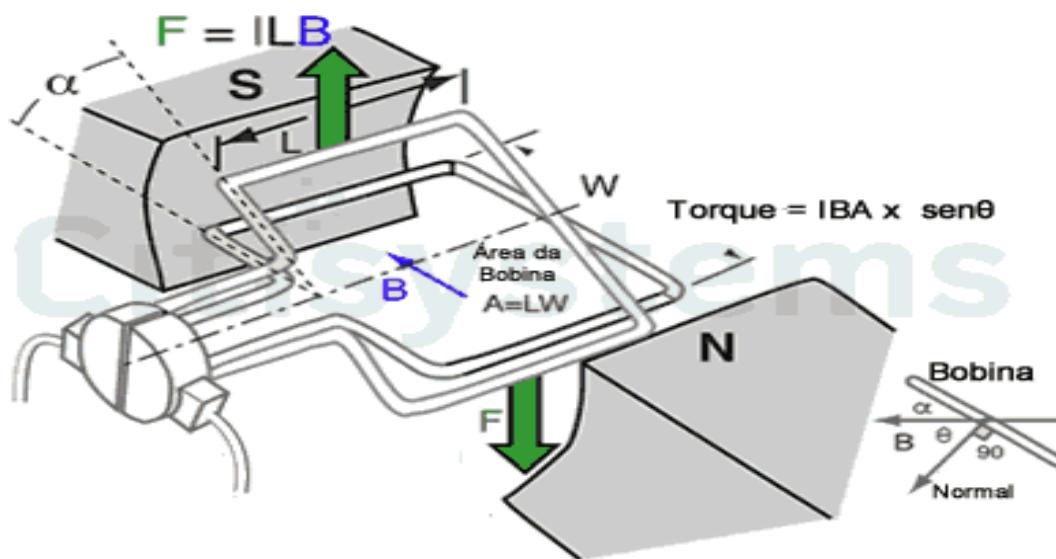


Figura 3.27: Rotação de uma espira retangular sob ação de um campo magnético uniforme (Silveira, 2019).

### Experimento 3: variação do fluxo magnético pela variação da área A do circuito

Nesse último experimento, a variação do fluxo do campo magnético é fruto da rotação temporal da espira, assim como a área varrida pela espira na presença do campo magnético. A Figura 3.28 reproduz a variação da área num campo magnético e a corrente que é induzida no amperímetro.

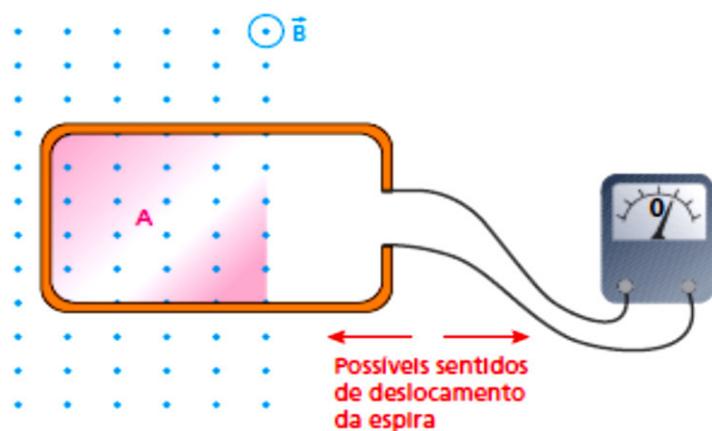


Figura 3.28: Espira exposta a um campo magnético uniforme (Biscoula, 2012).

### b) Lei de Lenz

Em todos os três experimentos mencionados anteriormente, a corrente elétrica que aparece ao variar o fluxo do campo magnético ou a área ou o ângulo não é uma corrente elétrica continua e sim uma corrente elétrica induzida e sendo assim, o seu sentido é variável à medida que o fluxo do campo magnético aumenta ou diminui.

Conforme a Figura 3.29, à medida que o polo norte do ímã se afasta com uma velocidade  $\vec{v}$ , a corrente elétrica induzida está no sentido anti-horário da espira e quando o polo norte do ímã se aproxima da espira, o sentido da corrente induzida é horário.

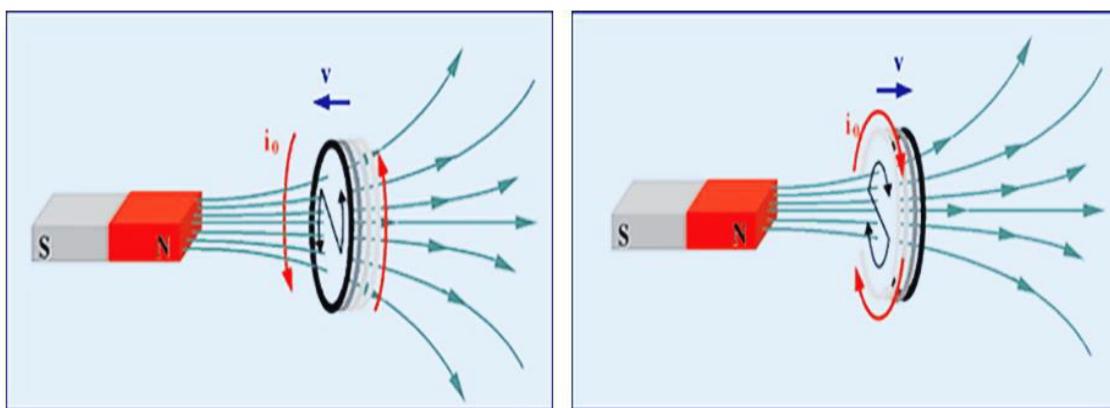


Figura 3.29: Sentido da corrente elétrica induzida na espira (Santos, 2019).

A lei de Lenz, segundo Bonjorno, pode ser definida como:

O sentido da corrente elétrica induzida em um circuito condutor fechado é aquele que dá origem a um fluxo magnético induzido que sempre se opõe a variação do fluxo que lhe deu origem.

Griffiths, por sua vez define a lei de Lenz com um único objetivo, acertar o sentido da corrente elétrica.

É sabido também que, além da corrente induzida, existe uma força eletromotriz induzida (fem) decorrente desta corrente. Sendo assim, o fenômeno da indução eletromagnética está diretamente associado ao fenômeno da conservação de energia.

### c) Lei de Faraday

A lei de Faraday é uma lei de fluxo de campo magnético que pode ser escrita na forma:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}. \quad (3.19)$$

Uma análise mais criteriosa na lei de fluxo é que cargas estacionárias não são atingidas pela força magnética e sim pela força elétrica que está associada ao campo elétrico que também é induzido. Faraday, se baseando da observação e experiência, disse que a força eletromotriz é igual a taxa do fluxo, conforme Griffiths, podemos escrever que:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}. \quad (3.20)$$

Tomando a equação (3.18), e substituindo a equação (3.19) obtemos a lei de Faraday na forma integral.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{\partial}{\partial t} \left( \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \right) = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}. \quad (3.21)$$

Aplicando o Teorema de Stokes (3.11) na equação (3.21), temos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = - \frac{\partial}{\partial t} \left( \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \right). \quad (3.22)$$

A superfície permanecendo constante no decorrer do tempo, temos:

$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = - \int_S \left( \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A} \right) \quad (3.23)$$

E, portanto,

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}. \quad (3.24)$$

No próximo capítulo iremos apresentar a metodologia utilizada as etapas da construção do motor elétrico.

## **Capítulo 4**

### **Metodologia e Produto educacional**

A construção deste produto educacional surgiu pela necessidade de exemplificar de forma mais objetiva os fenômenos associados ao eletromagnetismo, em especial, a indução eletromagnética. É comum os alunos do terceiro ano do ensino médio, queixar-se da forma que se ensina eletromagnetismo e que muitas vezes a leitura dirigida não atende suas necessidades de aprendizagem. Não estamos dizendo aqui, que com a aplicação e uso do motor elétrico nas aulas de indução eletromagnética, toda defasagem dos alunos e dúvidas, a respeito, será resolvida. Estamos sugerindo que a aplicação do produto educacional deve facilitar o entendimento sobre indução eletromagnética.

Os motores elétricos são extremamente importantes nos dias atuais devido a sua praticidade em maximizar trabalhos mecânicos. Nos eletrodomésticos como: liquidificador, ventilador e batedeiras estão presentes o motor elétrico. Com tantas aplicações diárias e práticas, o motor elétrico simples é uma sintetização prática de um motor mais sofisticado, ou seja, é um motor para uma demonstração prática. Os materiais utilizados na sua montagem são de fácil acessibilidade e por isso, esse produto e consequentemente, experimento é considerado de baixo custo.

#### **4.1. Descrição e informações sobre a escola**

A escola escolhida para a aplicação do produto educacional foi o Colégio Integral que fica localizado no bairro de Piedade, pertencente ao município de Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco, é uma instituição privada com mais de 20 anos no mercado educacional, funciona em dois turnos: manhã e tarde, sendo que as turmas do ensino médio funcionam em regime semi – integral.

A escola tem turmas de diversos seguimentos que vão desde a educação infantil (maternal) até os anos finais do ensino médio com 700 alunos, em média.

A frente da escola é mostrada abaixo, na Figura 4.1 e a logomarca na Figura 4.2.



Figura. 4.1: Frente da escola.



Figura. 4.2: Logomarca.

Quanto a sua estrutura, a escola possui: um auditório, uma biblioteca, uma quadra poliesportiva coberta, sala de ballet, sala de robótica, laboratório de informática, brinquedoteca, parquinho e um espaço para jogos lúdicos.

Quanto a recursos tecnológicos possui uma televisão de 42 polegadas que fica no auditório, projetor e computadores.

#### **4.2 Descrição e informação sobre o professor de física:**

Na escola há três professores de física, sendo todos graduados em física. São professores dinâmicos, criativos e inovadores, trazendo recursos tecnológicos, aparato experimental, sempre integrando uma interdisciplinaridade com outras áreas como: matemática, biologia, química, história e geografia.

#### **4.3. Descrição e perfil do aluno:**

Os alunos da escola têm certo poder aquisitivo, pertencendo há classe média baixa até classe média alta, então, é comum encontrar os alunos *com smartphones, tablets, notebooks* e outros matérias eletrônicos. Os alunos possuem um bom nível de leitura e compreensão de textos, sendo eles jornalísticos, literários ou científicos. Quanto a presença de atividades extracurriculares, como: excursões, olimpíadas escolares, palestras, congresso e seminários, os alunos participam de modo intenso, independente de valer nota ou não.

#### **4.4. Produto educacional:**

O produto educacional proposto é um motor elétrico simples de corrente contínua e é considerado um experimento de baixo custo devido a sua praticidade de montagem e manejo, entretanto, o uso dos materiais corretos e o cuidado na hora de fazer a sua montagem, requer atenção e habilidade motora.

Os materiais necessários para montá-lo não são difíceis de se encontrar e a fonte de energia pode ser utilizada mais de uma vez.

#### **4.5. Materiais necessários para a construção do motor elétrico:**

- Tábua de madeira de 30 cm x 30 cm;
- Um ímã grande em forma de U;
- Uma pilha de tamanho D com 1,5 V;
- Uma lixa ou palha de aço;
- Doze centímetros de fio de 6 mm;
- Noventa centímetros de fio de cobre esmaltado, número 24;
- Dez centímetros de cabo de 2,5 mm;
- Bola de festa (bexiga de borracha);
- Estilete ou faca;
- Olhal (alicate);
- Tesoura;
- Pistola de cola quente;
- Cola quente;
- Uma broca de mão ou um parafuso de tamanho médio;

#### **4.6. Montagem do motor elétrico simples:**

- a) Usando uma broca de mão ou um parafuso, fure a tábua de suporte em dois lugares, distantes 6 centímetros;



Figura 4.3: Tábua para suporte.

b) Corte os 12 cm de o fio em duas partes iguais e com o estilete, tire toda sua capa de borracha;



Figura 4.4: Fio de 6 mm.

c) Usando um olhal, faça uma alça na extremidade de cada fio;



Figura 4.5: Fio desencapado com uma alça.

d) Usando a pistola de cola quente, preencha os dois furos com cola e prenda os dois fios rígidos na tábua de madeira;



Figura 4.6: Pistola de cola quente e fios presos no suporte.

e) Corte o cabo de 2,5 mm em duas partes iguais e descasque as duas extremidades do cabo;

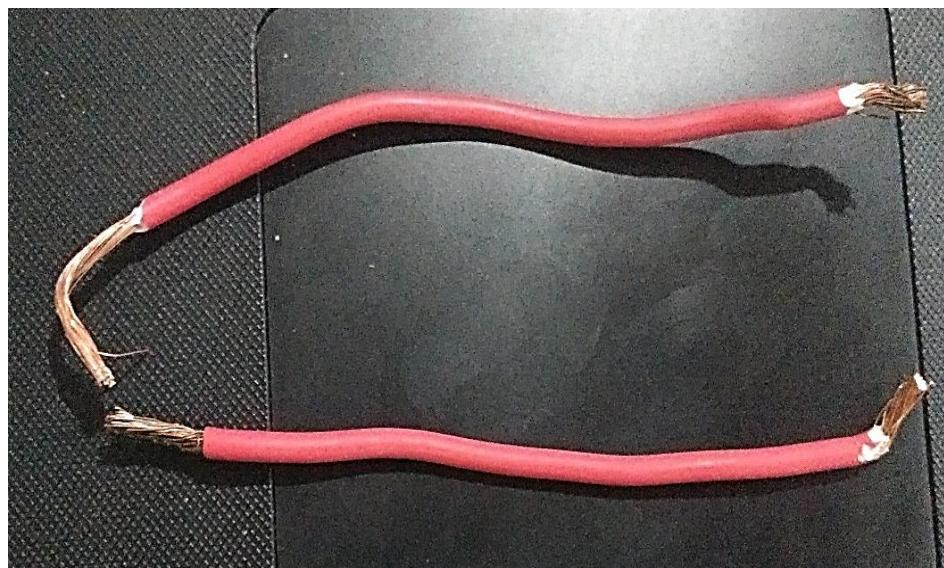


Figura 4.7: cabos de 2,5 mm.

f) Pegue o fio esmaltado e, deixando 5 cm livre do fio, enrole 10 vezes na pilha, e deixe mais 5 cm do fio livre. Corte o restante do fio com o alicate e enrole as duas partes que estão sobrando, deixando 3 cm de cada lado;



Figura 4.8: Bobina.

g) Com a lixa, retire o esmalte de um lado (apenas de um único lado), do fio da espira. Em seguida, faça o mesmo procedimento no outro fio da espira, porém retirando o esmalte dos dois lados do fio;



Figura 4.9:Lixa e fio da bobina sem esmalte.

h) Corte os dois lados da bola de festa, deixando a bexiga com 2 cm de comprimento;



Figura 4.10: Bola de festa cortada em suas extremidades.

i) Enrole a bexiga na pilha, deixando os dois polos da pilha presos;



Figura 4.11: Bola de festa enrolada na pilha.

j) Prenda os fios moles na base dos fios rígidos no suporte e coloque nas alças do fio rígido a bobina;

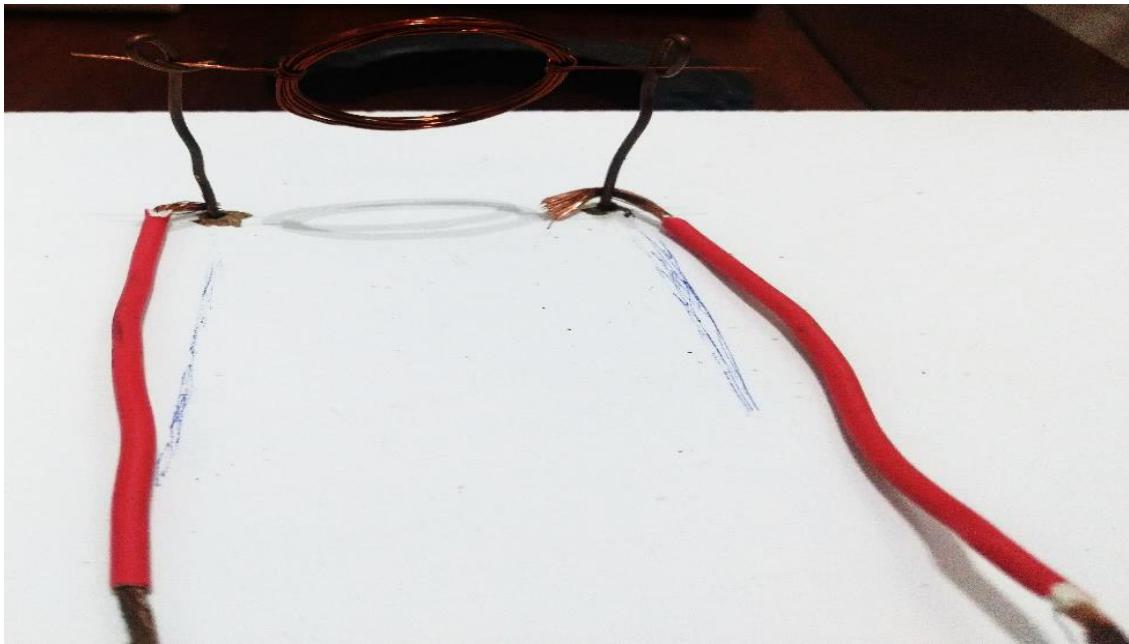


Figura 4.12: Fio mole preso no fio duro.

k) Conecte os dois polos da pilha no fio com a ajuda da bexiga, deixando bem firme e ponha o ímã embaixo da bobina. Para dar a partida no motor, impulsione a bobina para baixo ou para cima com os dedos.



Figura 4.13: Motor elétrico.

É importante destacar que o conteúdo de eletromagnetismo é visto no terceiro ano, em geral, no segundo semestre do ano letivo e por isso, as aulas sobre eletromagnetismo foram ministradas em um pós - horário com alguns alunos que se dispuseram a participar da aplicação do produto educacional. Após a aula sobre eletromagnetismo foi entregue um questionário com perguntas referentes ao assunto trabalhado e por fim, o produto educacional foi aplicado pelo professor para conectar o procedimento teórico com o procedimento prático. Após a aplicação do motor elétrico o mesmo questionário foi aplicado e as respostas confrontadas com a primeira aplicação.

A tabela 4.1 a seguir mostra a distribuição dos encontros com os alunos e as, respectivas, datas com as atividades executadas.

Tabela 4.1: Distribuição das atividades.

<b>Data</b>	<b>Atividade experimental</b>
<b>23/04</b>	Aula sobre eletromagnetismo e indução
<b>30/04</b>	Aplicação do questionário
<b>07/05</b>	Aplicação do produto educacional e questionamentos
<b>14/05</b>	Aplicação do questionário

No próximo capítulo serão abordados os dados da aplicação do motor elétrico nas aulas de indução eletromagnética com o terceiro ano.

## **Capítulo 5**

### **Resultados**

Como mencionado no final do capítulo anterior, foram realizados quatro encontros com os estudantes. No primeiro encontro foi ministrado uma aula de 50 min sobre eletricidade e eletromagnetismo. No segundo encontro foi aplicado aos estudantes um pré-teste que foi um questionário (Apêndice I) com sete questões objetivas, referente ao conteúdo trabalhado no primeiro encontro. No terceiro encontro, foi ministrada a mesma aula do encontro 1, entretanto com a aplicação do produto educacional e no quarto e último encontro, foi aplicado o mesmo questionário do encontro 2, porém com o acréscimo de três perguntas discursivas.

#### **5.1. Aula expositiva tradicional**

O primeiro encontro com os alunos aconteceu no turno da tarde e vinte alunos estiveram presentes na aula sobre eletricidade e magnetismo. Nessa aula foi apresentado, de maneira teórica e sem nenhum recurso tecnológico, os fenômenos sobre a origem da eletricidade e o magnetismo e como ocorreu a junção de ambos campos para compor o eletromagnetismo. Nesse encontro foram aplicadas as teorias de aprendizagem de Ausubel, pois foi o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos de eletricidade e magnetismo que possibilitou uma melhor interação entre professor e alunos.

Após uma explanação, tiramos uma foto para registrar o momento, conforme a figura abaixo.



Figura 5.1: Turma do 3º ano do Colégio Integral.

## 5.2. Pré-teste

O pré-teste funcionou como uma sondagem, onde foi possível saber até onde de eletricidade e magnetismo os alunos entendiam, conheciam ou absorveram do encontro anterior.

Cinco alunos que estiveram no 1º encontro não participaram da aplicação do pré-teste, pois alegaram compromissos no dia, sendo assim, quinze alunos resolveram 7 questões objetivas com cinco ou quatro alternativas.

As perguntas do pré-teste e o percentual das alternativas marcadas pelos estudantes, seguem abaixo, assim como a alternativa correta em vermelho.

**1º questão:**

A definição de gerador elétrico é de um dispositivo capaz de transformar qualquer tipo de energia, em energia elétrica. Sendo assim, qual das afirmativas abaixo é um gerador?

- a) uma bomba d'água
- b) um chuveiro elétrico
- c) uma bateria de carro**
- d) uma lâmpada incandescente
- e) um liquidificador

**Respostas:**

- 80% dos alunos marcaram letra (c) como a correta;
- 13,3% marcaram letra (b);
- 6,67% marcou letra (d)

**2º questão:**

Na procura de lâmpadas que ofereçam um bom custo – benefício, um estudante encontrou uma lâmpada que tinha impresso na embalagem a informação: 220 V – 50 W. A respeito dessa informação na embalagem, ela informa, simultaneamente a:

- a) corrente elétrica e tensão
- b) tensão e potência**
- c) potência e luminosidade
- d) luminosidade e potência
- e) tensão e luminosidade

**Respostas:**

- 6,7% dos alunos marcaram letra (a) como a correta;
- 93,3% marcaram letra (b);

**3º questão:**

O movimento ordenado de um fluxo de cargas dentro de um condutor origina uma corrente elétrica. A corrente elétrica é capaz de criar numa região do espaço, um:

**a) campo magnético**

- b) campo gravitacional
- c) campo elétrico
- d) um campo elétrico e um campo magnético
- e) um campo gravitacional e um campo magnético

**Respostas:**

- 73,3% marcaram letra (d) como correta;
- 13,3% marcaram letra (c) como certa;
- 13,3% marcaram letra (a).

**4º questão:**

Todo ímã possui uma bipolaridade, ou seja, ele apresenta dois polos: norte e sul. Se você dispuser de dois ímãs e colocar dois frente a frente, o que pode acontecer?

- a) os ímãs irão se atrair
- b) os ímãs irão se repelir
- c) os ímãs podem se atrair ou se repelir**
- d) nada acontece
- e) eles flutuarão

**Respostas:**

- 100% marcaram letra (c)

**5º questão:**

Um ímã não atrai:

- a) um prego
- b) uma arruela

- c) uma panela de ferro
- d) uma caneca de alumínio**
- e) um parafuso

**Respostas:**

- 6,7% marcou letra (a);
- 93,3% marcou letra (d).

**6º questão:**

(Uerj/2015) O princípio físico do funcionamento de alternadores e transformadores, comprovável de modo experimental, refere-se à produção de corrente elétrica por meio da variação de um campo magnético aplicado a um circuito elétrico. Esse princípio se fundamenta na denominada Lei de:

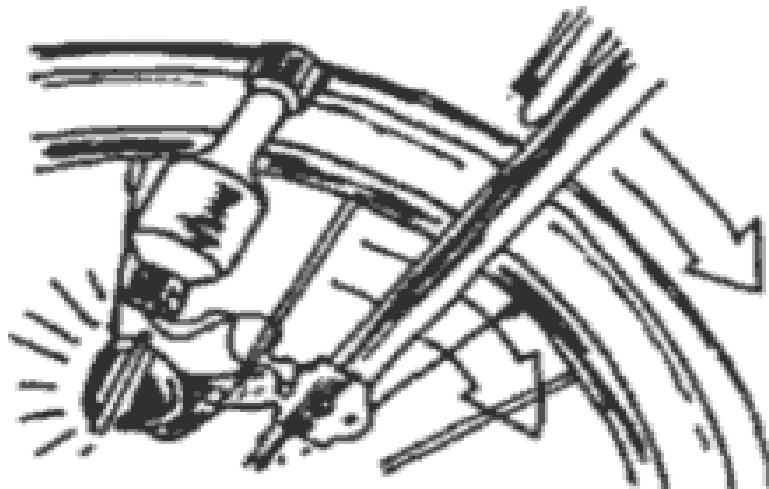
- a) Newton
- b) Ampère
- c) Faraday**
- d) Coulomb

**Respostas:**

- 6,7% marcou letra (b);
- 93,3% marcou letra (d).

**7º questão:**

(Enem 2ª aplicação) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um imã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a:

- a) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- b) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- c) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- d) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- e) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.**

**Respostas:**

- 53,3% marcaram a letra (c);
- 26,7% marcaram letra (b)
- 20% marcaram letra (a)

A tabela 5.1 relaciona o número de questões, acertos, porcentagem e assunto relacionado de cada questão.

Tabela 5.1: Resultados do pré-teste.

Questão	Nº de acertos	% de acertos	Conteúdo da questão
1	12	80	Geradores elétricos

2	14	93,3	Leis de Ohm
3	2	13,3	Introdução ao eletromagnetismo
4	15	100	Magnetismo
5	14	93,3	Magnetismo
6	0	0	Indução eletromagnética
7	0	0	Indução eletromagnética

### 5.3. Aula sobre indução eletromagnética com o uso do produto educacional

O terceiro encontro com os alunos foi de grande expectativa para todos os envolvidos, pois seria a aula ministrada no 1º encontro com a aplicação do produto educacional. Os quinze alunos presentes no segundo encontro estavam presentes e puderam acompanhar todas as etapas da montagem do aparato experimental.

Primeiramente, foi apresentado o material necessário para se montar o motor elétrico simples e, cada aluno teve a liberdade de pegar no material para melhor compreensão. Os alunos puderam usar os ímãs, colocando matérias para serem atraídos e testar o princípio da ação e repulsão.

Em seguida, o motor elétrico começou a ganhar forma e quando montado, foi ligado aos polos da pilha e a bobina começou a girar. Deixamos o motor funcionando, enquanto começou a aula sobre eletricidade, magnetismo e como surgiu o eletromagnetismo, a exemplo do primeiro encontro.

A figura 5.2 mostra o momento em que o motor elétrico seria ligado.

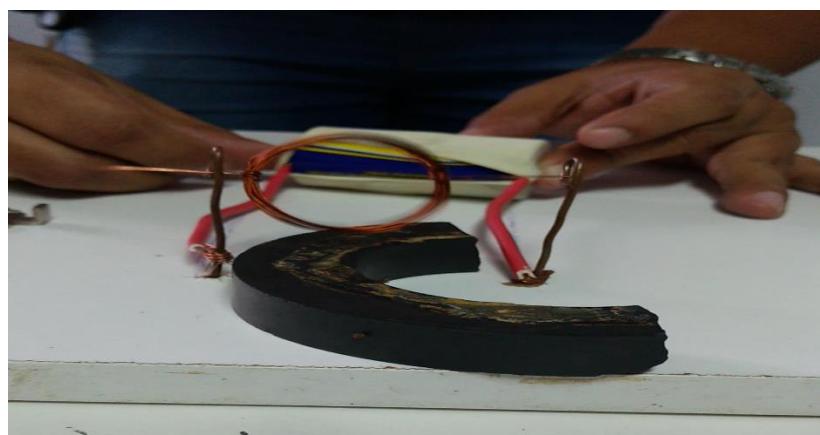


Figura 5.2: Motor elétrico sendo ligado na pilha.

As leis da indução estavam sendo aplicadas em tempo real, assim como o conceito de campo magnético, circuitos elétricos, força e corrente elétrica. A figura 5.3 mostra o momento em que o motor elétrico está em pleno funcionamento.

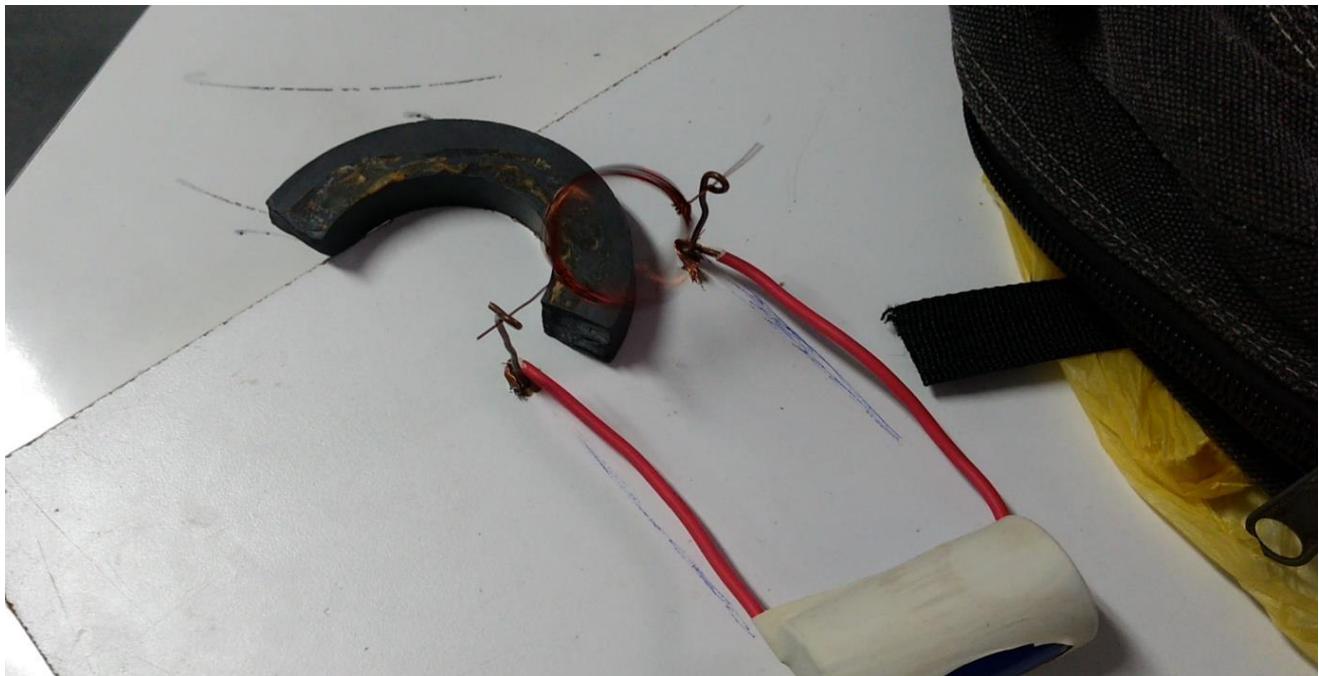


Figura 5.3: Motor elétrico simples funcionado.

Após a conclusão da apresentação do motor elétrico e do princípio físico necessário para explicar o processo de funcionamento, alguns alunos puderam interagir no aparato experimental e uma das primeiras atividades propostas por um dos estudantes foi de inverter o polo do ímã. Prontamente, fizemos a inversão e o que aconteceu foi que a bobina girou para outro lado.

É importante destacar que a quantidade de perguntas e questionamentos, no que se refere o funcionamento e aplicação do motor elétrico, foi muito grande e uma das perguntas que surgiu tratava do uso de energia infinita e se, de fato, era possível tamanho feito. Outra pergunta importante foi, em relação a fonte de energia, usamos uma pilha e o aluno queria testar o motor em uma tomada (claramente não deixei). Discutimos sob a luz da teoria e no final, outros modelos de motores elétricos foram apresentados aos alunos, através do canal: Manual do Mundo, acessado pela plataforma *You Tube*.

No final da aula, registramos o momento com uma fotografia, infelizmente nessa oportunidade, alguns estudantes já estavam ausentes.



Figura 5.4: Final da aula com o motor elétrico simples.

#### 5.4. O teste

O último encontro com os alunos foi a aplicação do teste com as mesmas perguntas do pré-teste, mas com uma diferença: o acréscimo de três perguntas dissertativas que podem ser vistas no Apêndice I. O rendimento no teste, em relação ao pré-teste foi muito melhor, conforme mostrado abaixo na tabela 5.2 e o percentual de cada alternativa marcada.

Tabela 5.2: Resultados da aplicação do teste.

Questão	Nº de acertos	% de acertos	Conteúdo da questão
1	12	80	Geradores elétricos
2	15	100	Leis de Ohm
3	14	93,3	Introdução ao eletromagnetismo
4	15	100	Magnetismo
5	14	93,3	Magnetismo

6	15	100	Indução eletromagnética
7	15	100	Indução eletromagnética

Em relação as perguntas e respostas das questões dissertativas, filtramos algumas respostas, como pode ser visto abaixo. O intuito era averiguar o que cada estudante absorveu e aprendeu sobre o fenômeno da indução eletromagnética e suas aplicações cotidianas.

**8º questão:**

Você certamente já ouviu sobre o processo de eletrização por indução, mas já ouviu falar sobre indução eletromagnética? Em caso positivo, explique de forma simples.

**Aluno A:** Sim. O processo de indução é quando aparece energia elétrica, a partir do campo magnético.

**Aluno B:** A indução ocorre quando existe variação de fluxo de campo magnético.

**Aluno C:** A indução eletromagnética e a indução eletrostática são parecidas, a diferença que uma induz carga contrária e outra corrente elétrica.

**Aluno D:** A indução eletromagnética é explicada pelas leis de Faraday e Lenz.

Como eletrização por indução é um dos primeiros conteúdos trabalhados no 3º ano do ensino médio e indução eletromagnética, o último, o objetivo dessa pergunta era fazer o aluno pensar na interação dos fenômenos elétricos eletrostáticos e eletromagnético.

**9º questão:**

Na sua opinião, onde podemos encontrar motores elétricos?

**Aluno A:** Em toda parte.

**Aluno B:** Em vários locais, principalmente em eletrodomésticos.

**Aluno C:** Em vários lugares.

**Aluno D:** Nos eletrodomésticos.

Após a aplicação do produto educacional e questionamentos a respeito do seu funcionamento, esperava-se que os alunos identificassem motores elétricos nos mais diversificados lugares, como eletrodomésticos e veículos.

**10º questão:**

Caso conheça, cite dois exemplos de motores elétricos?

**Aluno A:** Carros e geladeiras

**Aluno B:** Geladeira e freezer

**Aluno C:** Carros e eletrodomésticos

**Aluno D:** Forno micro-ondas e geladeira.

Essa pergunta foi complementar a anterior, pois se o estudante identificasse onde pode encontrar um motor elétrico, então apresentar como ele está inserido é mais fácil de descrever.

**5.5. Comparações do 3º ano 2019 do Colégio Integral com outros terceiros anos da mesma escola.**

Em anos anteriores, como 2018 e 2017, as aulas de eletromagnetismo foram ministradas de modo tradicional. A forma de avaliação com prova e verificação de aprendizagem com exercícios do livro e da apostila, não demonstrou um bom desempenho dos alunos. Um dos fatos que mais chamou minha atenção, foi de que, se negligenciasse os conteúdos finais de eletromagnetismo, pois a assimilação não era das tarefas mais fáceis e que o conteúdo fosse concluído, após as leis de Kirchhoff e associação de capacitores no circuito com resistores.

Os alunos do terceiro ano de 2019 que participaram das aulas com o produto educacional, tiveram uma boa assimilação das teorias envolvidas. O resultado da aplicação

mostrado na tabela 5.2 é um bom indicativo. Outro bom indicativo, foi a ansiedade de se estudar as leis de indução no próximo semestre, fato que em anos anteriores, não ocorreu.

### **5.6. Opinião e crítica dos alunos**

A crítica sobre a aula experimental com o motor elétrico foi muito positiva, pois até os alunos que não participaram da aplicação do produto, pediram para ver o motor funcionando e ficaram curiosos em conhecer as teorias físicas envolvidas. Alguns alunos cobraram mais aulas interativas com experimentos porque aproximava mais a física do seu dia – a – dia.

Os alunos que estavam presentes desde o pré-teste até a conclusão da aplicação do produto educacional com o questionário, relataram que foi uma das melhores experiências que já viram e que nunca esperavam que com um material tão simples, fosse possível construir um motor.

### **5.7. A opinião dos professores da escola**

Durante o período de maturação das aulas até a aplicação do produto educacional, os professores da escola parabenizaram a iniciativa de levar experimentos para a sala de aula e de dar liberdade para os alunos manusearem o aparato experimental.

Os professores de física da escola ficaram contentes com o uso do experimento e se sentiram motivados, cada um na sua disciplina, construir e levar experimentos também. Importante destacar que um dos professores da escola, chamou a atenção de fazer o experimento e dar sentido a ele, ou seja, não fazer por fazer o experimento.

### **5.8. Os obstáculos encontrados**

Durante a montagem do aparato experimental não foi possível fazer o motor elétrico funcionar na primeira tentativa e uma das causas foram: a pilha descarregada, a conexão

dos fios com a pilha, o engate da bobina no suporte e a bobina envergando com o seu próprio.

A falta de informação e conteúdo dos alunos sobre os assuntos abordados foi outro problema, isso porque o todo conteúdo abordado só é trabalhado no segundo semestre escolar.

Outro obstáculo é a falta de um laboratório de ciências para melhor produção e desenvolvimento das atividades experimentais de química, biologia e física.

No próximo capítulo, apresentaremos as conclusões.

## **Capítulo 6**

### **Conclusões**

O produto educacional desenvolvido é classificado como um aparato experimental de baixo custo e mesmo assim, foi aplicado em uma escola privada com alunos de bom poder aquisitivo. Sendo assim, o produto educacional aplicado na escola privada, pode ser aplicado em escolas públicas sem nenhum problema ou obstáculo no que diz respeito a investimento financeiro. A aula experimental proporcionou aos alunos uma oportunidade de conhecimento, através da interação com o professor e com o aparato experimental.

Essa dissertação também trouxe algumas teorias de ensino – aprendizagem com o intuito de descrever o comportamento dos alunos e como é possível melhorar o mecanismo da aprendizagem significativa. De uma forma coesa, pontos chaves que consagraram pensadores como Piaget, Vygotsky e Ausubel foram colocados, afim de que o leitor possa entender como a aprendizagem significativa é importante e não pode, nunca, ser deixada em segundo plano.

Este trabalho também expôs as dificuldades de se trabalhar com experimentos nas aulas de física, devido à falta de estrutura das escolas que não oferecem espaços apropriados para execução e a obrigatoriedade de conduzir o programa pedagógico com o conteúdo programático, fazendo que as aulas de física sejam, na grande maioria, tradicionais. A solução que o governo brasileiro encontrou foi a criação dos parâmetros curriculares e a base nacional comum que na teoria, o professor terá mais liberdade para desenvolver as habilidades com os estudantes.

Como resultados obtidos neste trabalho, podemos destacar os seguintes pontos:

- ✓ A realização de atividades experimentais em sala de aula é uma ferramenta que pode contribuir para um aprendizado mais significativo, pois é no momento da aplicação do produto educacional que existe uma aproximação maior entre o estudante, o fenômeno físico e o professor que está mediando o aparato experimental. É no desenvolvimento das aulas experimentais que o estudante vai

descobrindo que a física não é restrita a casos isolados e essa construção faz com que ele se interesse mais em buscar mais informações;

- ✓ Os Planos Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN's) e a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) sugerem para o ensino de física uma física aplicada na sociedade e não uma física livrista que é restrita ao livro didático;
- ✓ A construção de experimentos com material de baixo custo pode ser uma alternativa para ambientes que não disponibilizam de laboratório e o professor acaba realizando os experimentos na própria sala de aula ou em um ambiente que dê condições necessárias.

É importante destacar que as aulas experimentais devem possuir um roteiro e um plano de aula (Apêndice II) com uma sequência didática, afim de minimizar os imprevistos que poderão ocorrer durante a aplicação. Como mencionado no capítulo cinco, mesmo com todo roteiro e o plano de aula, alguns imprevistos ocorreram, mas não tirou o mérito do experimento. Foi dito aos alunos presentes que experimentar é isso: pensar, planejar e executar sabendo que alguma coisa pode não ocorrer como esperamos.

Contudo, foi uma experiência profissional muito significativa para os alunos envolvidos e, principalmente, para mim. Transformar uma ideia em um produto educacional que contribuiu para uma melhor formação dos meus alunos.

## Referências bibliográficas

ARAUJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Rev. Bras. Ensino Fís. v.25, n.2, p.176-194 2003.

AUSEBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view.** 2<sup>a</sup> ed. Nova York, Holt Rinehart and Winston, 1978.

BÍSQUOLO, Paulo Augusto. 2019. Disponível:

<<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/corrente-eletrica-o-movimento-ordenado-de-eletrons-em-condutores.htm>>. Acesso em: 11 de março de 2019.

BISCOULA, Gualter José; DOCA, Ricardo Helou. et al. **Tópicos de Física: Eletricidade, Física Moderna e Análise Dimensional.** Vol.3. São Paulo. Editora Saraiva. Edição 2012.

BONJORNO, José Roberto; RAMOS, Clinton Marcio. et al. **Física Manual do Mestre: Eletromagnetismo e Física Moderna.** Editora FTD. 3<sup>º</sup> edição. 2016.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

CARNEIRO, Neyla L. **A Prática Docente nas Escolas Públicas, Considerando o Uso do Laboratório Didático de Física.** 2007.75 f. Monografia – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

COSTA, Amilcar. 2019. Um monte de física. Disponível:

<<https://sites.google.com/site/montedefisica/disciplinas/eletrodinamica/corrente-eletrica>>. Acesso em: 11 de março de 2019.

EQUIPE MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-corrente-eletrica>>. Acesso em: 30 de março de 2019.

FERRARO, Nicolau Gilberto.2019. Os fundamentos da física. Disponível:  
<<http://osfundamentosdafilosofica.blogspot.com>>. Acesso em: 18 de março de 2019.

FÍSICA E VESTIBULAR. Disponível:  
<<http://fisicaevestibular.com.br/novo/electricidade/eletrodinamica/corrente-eletrica-eletrodinamica/>>. Acesso em: 11 de março de 2019.

FISMÁTICA SISTEMA DIDÁTICO. 2019. Disponível em:  
<[http://fismatica.com.br/Fisica/Site/Eletromagnetismo/Eletromagnetismo/Magnetismo\\_Lei\\_de\\_Biot\\_Savart\\_e\\_Lei\\_de\\_Ampere.html](http://fismatica.com.br/Fisica/Site/Eletromagnetismo/Eletromagnetismo/Magnetismo_Lei_de_Biot_Savart_e_Lei_de_Ampere.html)>. Acesso em: 12 de maio de 2019.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2011

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: Eletromagnetismo**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009 vol. 3.

INSTITUTO DE FÍSICA DA USP. Departamento de física e matemática. Disponível:  
<[http://www.fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292\\_2012/Cap7.pdf](http://www.fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap7.pdf)>. Acesso em: 15 de março de 2019.

MANUAL DO MUNDO. Motor V8 eletromagnético. (12m39s). 2017. Disponível em:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=SwvucPdO6ik>>. Acesso em: 07 de maio de 2019.

MARINELI, F.; PACCA, J.L. de A. **Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório de física**. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 28, n. 4, p. 497-505, 2006.

MOREIRA, M.A. (1999). Aprendizagem significativa. Brasília: Editora da UnB.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: Eletromagnetismo**. São Paulo: E. Blücher, 2002;

PONTO CIÊNCIA. 2019. Disponível <<http://pontociencia.org.br>>. Acesso em: 17 de março de 2019.

RESEARCHGATE. 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Regra-da-mao-direita\\_fig10\\_315133555](https://www.researchgate.net/figure/Regra-da-mao-direita_fig10_315133555)>. Acesso em: 14 de março de 2019.

SABRINNA. 2019. Física – Cem Arizinho. Disponível: <<http://fisicacemarizinhogpi.blogspot.com>>. Acesso em: 18 de março de 2019.

SALA DE DEMONSTRAÇÕES DE FÍSICA. Departamento de física da UFMG. Disponível: <<http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/152/5H10.30-Imas-e-limalhas-de-ferro>>. Acesso em: 17 de março de 2019.

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. 2019. “A lei de Lenz”; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/a-lei-lenz.htm>>. Acesso: 31 de março de 2019.

SILVA, Domiciano Corrêa Marques. 2019. Mundo educação. Disponível: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/campo-uma-espira-circular.htm>>. Acesso em: 14 de março de 2019.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. 2019. Disponível: <<https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>> Acesso em: 31 de março de 2019.

**VILLANI, A. Considerações sobre a pesquisa em Ensino de Ciência: II. Seu significado, seus problemas e suas perspectivas.** Revista de Ensino de Física, São Paulo, v. 4, p. 125-150, dez. 1982.

VILLATE, Jaime E. Faculdade de engenharia do Porto, Portugal. Disponível em: <[https://def.fe.up.pt/electricidade/campo\\_magntico.html](https://def.fe.up.pt/electricidade/campo_magntico.html)>. Acesso em: 14 de março de 2019.

WISNEWSKI, Gerônimo. **Utilização de Materiais de Baixo Custo no Ensino de Química Conjugados aos Recursos Locais Disponíveis.** Florianópolis, SC: Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, 1990.

## Apêndice I

**Estimado estudante:**

**Esse questionário faz parte de uma pesquisa sobre ensino e aprendizagem de física. Desde já, gostaria de agradecer sua participação e disposição nessa pesquisa.**

**Professor: Alexandre Santos (Mestrando MNPEF – UFRPE)**

**Estudante:** \_\_\_\_\_

### Perguntas

1. A definição de gerador elétrico é de um dispositivo capaz de transformar qualquer tipo de energia, em energia elétrica. Sendo assim, qual das afirmativas abaixo é um gerador?

- a) uma bomba d'água
- b) um chuveiro elétrico
- c) uma bateria de carro
- d) uma lâmpada incandescente
- e) um liquidificador

2. Na procura de lâmpadas que ofereçam um bom custo – benefício, um estudante encontrou uma lâmpada que tinha impresso na embalagem a informação: 220 V – 50 W. A respeito dessa informação na embalagem, ela informa, simultaneamente a:

- a) corrente elétrica e tensão
- b) tensão e potência
- c) potência e luminosidade
- d) luminosidade e potência
- e) tensão e luminosidade

3. O movimento ordenado de um portador de carga (elétron ou próton) dentro de um condutor origina uma corrente elétrica. A corrente elétrica é capaz de criar numa região do espaço, um:

- a) campo magnético

- b) campo gravitacional
- c) campo elétrico
- d) um campo elétrico e um campo magnético
- e) um campo gravitacional e um campo magnético

4. Todo ímã possui uma bipolaridade, ou seja, ele apresenta dois polos: norte e sul. Se você dispuser de dois ímãs e colocar dois frente a frente, o que pode acontecer?

- a) os ímãs irão se atrair
- b) os ímãs irão se repelir
- c) os ímãs podem se atrair ou se repelir
- d) nada acontece
- e) eles flutuarão

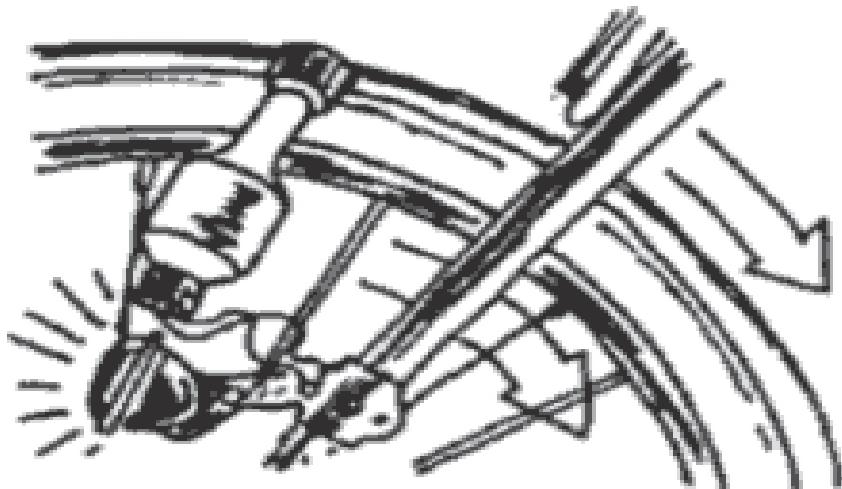
5. Um ímã não atrai:

- a) um prego
- b) uma arruela de ferro
- c) uma panela de ferro
- d) uma caneca de alumínio
- e) um parafuso

6. (Uerj/2015) O princípio físico do funcionamento de alternadores e transformadores, comprovável de modo experimental, refere-se à produção de corrente elétrica por meio da variação de um campo magnético aplicado a um circuito elétrico. Esse princípio se fundamenta na denominada Lei de:

- a) Newton
- b) Ampère
- c) Faraday
- d) Coulomb

7. (Enem 2<sup>a</sup> aplicação) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um imã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a:

- a) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- b) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- c) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- d) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- e) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

8. Você certamente já ouviu sobre o processo de eletrização por indução, mas já ouviu falar sobre indução eletromagnética? Em caso positivo, explique de forma simples.

---

---

---

---

9. Na sua opinião, onde podemos encontrar motores elétricos?

---

---

---

---

10. Caso conheça, cite dois exemplos de motores elétricos?

---

---

---

---

## **Apêndice II**

### **PLANO DE AULA: O USO DO MOTOR ELÉTRICO PARA O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO**

**PROFESSOR: ALEXANDRE SANTOS**

**RECIFE - PERNAMBUCO**

**2019**

## **1. INTRODUÇÃO:**

Os motores elétricos são extremamente importantes nos dias atuais devido a sua praticidade em maximizar trabalhos mecânicos. Nos eletrodomésticos como: liquidificador, ventilador e batedeiras estão presentes o motor elétrico. Nos automóveis, o motor de partida tem função principal, fazer o motor do veículo funcionar. Com tantas aplicações diárias e práticas, o motor elétrico simples é uma sintetização prática de um motor mais sofisticado. Os materiais utilizados na sua montagem são de fácil acessibilidade e por isso, esse produto e consequentemente, experimento é considerado de baixo custo.

## **2. JUSTIFICATIVA**

É comum os alunos do terceiro ano do ensino médio, queixar-se da forma que se ensina eletromagnetismo e que muitas vezes a leitura dirigida não atende suas necessidades de aprendizagem. Não estamos dizendo aqui, que com a aplicação e uso do motor elétrico nas aulas de indução eletromagnética, toda defasagem dos alunos e dúvidas, a respeito, será resolvida. Estamos dizendo que a aplicação do produto educacional facilitará o entendimento sobre indução eletromagnética.

## **3. OBJETIVOS:**

### **3.1. GERAL:**

Desenvolver um aprendizado de forma a propiciar aos alunos o desenvolvimento de uma compreensão do mundo que lhes dê condições de continuamente colher e processar informações. Avaliar situações, tomar decisões, ter atuação positiva e crítica em seu meio social.

### **3.2: ESPECÍFICO:**

**H2** – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

**H3** – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

**H4** – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

**H19** – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

**H20** – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

**H21** – Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.

### **3.3. CONTEÚDOS PROGRAMÁTICO:**

- a) Corrente elétrica;
- b) Magnetismo;
- c) Força magnética;
- d) Campo magnético;
- e) Indução eletromagnética.

### **4. RECURSOS DIDÁTICOS:**

- I. Quadro;
- II. Apagador;
- III. Piloto;
- IV. Questionário;
- V. Experimento.

### **5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO:**

#### **5.1. AULA EXPOSITIVA**

Aula expositiva de 50 minutos com uso de quadro branco e piloto. Será exposta as teorias da eletricidade e do magnetismo, de forma sucinta, e como a junção de ambas

originou o eletromagnetismo clássico até chegar no fenômeno e nas leis da indução eletromagnética.

### **5.2. PRÉ – TESTE:**

Será um questionário com sete questões objetivas, onde o estudante deverá encontrar a alternativa correta, mediante ao assunto específico da pergunta. O tempo de aplicação será de 50 minutos, podendo o aluno entregar o questionário antes do tempo determinado.

### **5.3. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E QUESTIONAMENTOS:**

Será levado o aparato experimental para ser montado na aula. Todo aparato é formado por matérias de baixo custo e os alunos poderão manusear cada material, inclusive, tendo a liberdade de montar o experimento. Será feita uma filmagem do motor elétrico funcionando para registro da aplicação e, após o uso da aplicação será aberto um debate para questionamentos sobre os princípios físicos.

### **5.4. APLICAÇÃO DO TESTE:**

Após a aplicação do produto educacional, os alunos serão submetidos ao teste final. Será o mesmo questionário do pré-teste, mas com um acréscimo de três questões discursivas. O objetivo é confrontar as respostas da primeira aplicação com o da segunda e filtrar o que foi absorvido das aulas nas questões discursivas.

## **6.BIBLIOGRAFIA**

[Bonjorno, Clinton, Eduardo Prado, Casemiro, 2016] José Roberto Bonjorno, Clinton Marcico Ramos, Eduardo de Pinho Prado, Valter Bonjorno. Física Manual do Mestre. Editora FTD. 3º edição. 2016.

[Biscoula, Doca, Newton, 2012] Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscoula, Newton Villas Bôas. Tópicos de Física. Volume 3. São Paulo. Editora Saraiva. Edição 2012.

[Júnior, Ferraro, Soares,2014]. Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares Os fundamentos da física. Volume 3. São Paulo: Moderna, 2014.

[Libânio,1994] José Carlos Libânio. Didática. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério 2º Grau. Série Formação do professor).

[MARTINS,2009] Jorge dos Santos Martins. Situações práticas de ensino e aprendizagem significativa. Campinas: Autores associados, 2009.

### APÊNDICE III:



## O USO DO MOTOR ELÉTRICO PARA O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO

**João Alexandre da Silva Santos**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação pela Universidade Federal Rural de Pernambuco no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Sara Cristina Pinto Rodrigues

Recife – Pernambuco

2019

## Sumário

1. Apresentação.....	4
2. Introdução.....	5
2.1. Fluxo de campo.....	5
2.2. Lei de Lenz.....	9
3.3. Lei de Faraday.....	10
3. Metodologia.....	11
3.1. Materiais necessários para a construção do motor elétrico.....	11
3.2. Montagem do motor elétrico simples.....	12
4. Aplicação.....	18
5. Conclusão.....	18
6. Referências bibliográficas.....	18
Apêndice I: Questionário.....	20

## **Lista de figuras**

Figura 2.1 - Espira circula sob a presença de um campo magnético uniforme em três posições distintas.....	5
Figura 2.2 – Ímã no repouso e as linhas de campo.....	7
Figura 2.3 – Ímã se aproximando da espira.....	7
Figura 2.4 – Ímã se afastando da espira.....	8
Figura 2.5 – Rotação de uma espira retangular sob ação de um campo magnético uniforme.....	8
Figura 2.6 – Espira exposta a um campo magnético uniforme.....	9
Figura 2.7 – Sentido da corrente elétrica induzida na espira.....	10
Figura 3.1 – Tábua para suporte.....	12
Figura 3.2 – Fio de 6 mm.....	13
Figura 3.3 – Fio desencapado com uma alça.....	13
Figura 3.4 – Pistola de cola quente e fios presos no suporte.....	14
Figura 3.5 – Cabos de 2,5 mm.....	14
Figura 3.6 – Bobina.....	15
Figura 3.7 – Lixa e fio da bobina sem esmalte.....	15
Figura 3.8 – Bola de festa cortada em suas extremidades.....	16
Figura 3.9 – Bola de festa enrolada na pilha.....	16
Figura 3.10 – Cabos preso no fio .....	17
Figura 3.11 – Motor elétrico.....	17

## 1. APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é o motor elétrico simples de corrente contínua, apresentado ao programa de pós-graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, vinculado ao Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física.

O produto foi pensado para maximizar o processo de ensino – aprendizagem nas aulas de eletromagnetismo e indução. O aparato experimental é formado por materiais de baixo custo e foi desenvolvido para auxiliar professores de física da rede pública e privada com o objetivo de auxiliar as aulas sobre eletromagnetismo e indução eletromagnética.

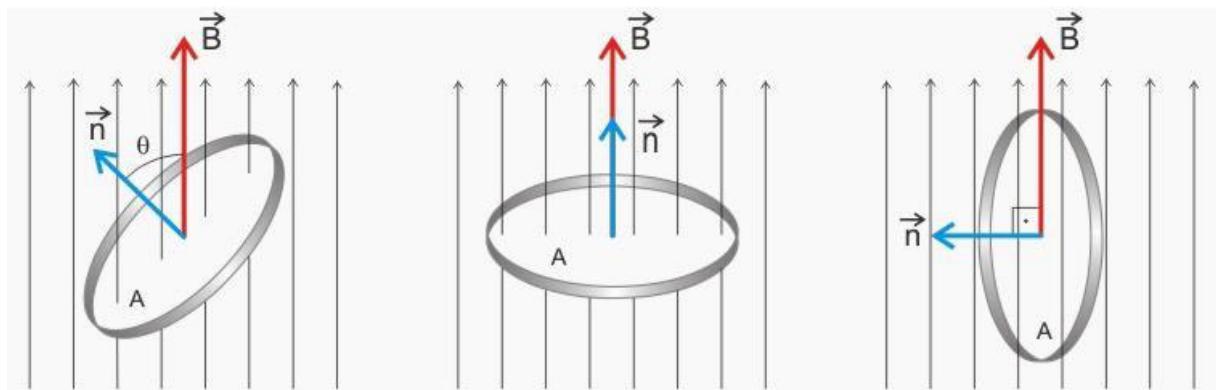
O produto acompanha um plano de aula com as orientações necessárias para uso e aplicação nas aulas, mas que pode ser adaptado a realidade de cada instituição. A metodologia, os materiais necessários e como devemos o montar o motor elétrico será mostrado adiante.

## 2. INTRODUÇÃO

No início do século XIX, dois estimados cientistas e pesquisadores, Michael Faraday e Joseph Henry, questionaram se era possível, através do campo magnético ter a obtenção de corrente elétrica, pois a corrente elétrica é capaz de produzir campo magnético, mas seria possível tal feito? A resposta para essa pergunta foi positiva, porém com uma ressalva, a de que o campo magnético não pode ser constante e sim variável no tempo. Uma nova área dentro do eletromagnetismo estava surgindo e se iniciava o fenômeno da indução eletromagnética.

### 2.1. Fluxo de campo:

O fluxo de campo magnético ( $\Phi$ ) é definido como a quantidade de linhas de campo que atravessam uma superfície plana ( $A$ ), associada a um vetor normal ( $\vec{n}$ ) e a intensidade do fluxo depende do ângulo ( $\theta$ ) do vetor campo magnético e do vetor normal. A Figura 2.1 ilustra esses vetores atuando, simultaneamente, numa espira de área ( $A$ ).



a)  $\cos \theta < 1$

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

b)  $\cos \theta = 1$

$$\Phi = B \cdot A$$

c)  $\cos \theta = 0$

$$\Phi = 0$$

Figura 2.1: Espira circula sob a presença de um campo magnético uniforme em três posições distintas (Sabrinna, 2019).

O fluxo magnético tem maior intensidade quando a superfície é perpendicular à direção do campo magnético e nulo quando a superfície é paralela à direção do campo magnético (Figura 2c). Em condições ideais podemos considerar o campo

magnético uniforme e a superfície plana, então, calcular o fluxo de campo magnético torna -se bastante simples com o uso da expressão:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta. \quad (2.1)$$

Entretanto, se a superfície não for plana e o campo magnético não uniforme, a expressão do fluxo toma a forma:

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}. \quad (2.2)$$

O entendimento de fluxo de campo magnético é de extrema importância para o entendimento do fenômeno da indução eletromagnética, as leis de Lenz e de Faraday que serão apresentadas mais para frente. Além disso, isto foi fundamental para que Faraday através de sua experimentação em vários arranjos elétricos criasse o conceito de linhas de campo.

Segundo H. Moyses,

Foi para encontrar a lei quantitativa da indução eletromagnética que Faraday introduziu o conceito de linhas de campo e tubos de força, definindo o que hoje corresponde ao fluxo de campo magnético, através de um circuito.

Experimentalmente, Faraday obteve sucesso em três arranjos que seguem abaixo:

### **Experimento 1: variando o fluxo magnético por meio da variação do campo magnético**

Se dispusermos de uma espira ligada a um amperímetro e um ímã e aproximássemos esse ímã na direção da espira e em seguida afastasse o ímã, realizando esse movimento algumas vezes, o amperímetro acusaria uma corrente elétrica que não pode ser contínua e sim induzida pelas linhas de campo do ímã. A aproximação e o afastamento fazem com que o amperímetro registre diferentes correntes elétricas.

A Figura 2.2 indica as linhas de campo atravessando uma espira circular ligada a um amperímetro, mas como o ímã está no repouso, o amperímetro não acusa corrente elétrica, mas ao aproximar o ímã em direção a espira, conforme a Figura 2.3, uma corrente elétrica é induzida na espira. Ao afastar o ímã, a corrente elétrica

continua com a mesma intensidade de antes, entretanto seu sentido passa a ser invertido, como ilustra a Figura 2.4.

Observando as Figuras 2.3 e 2.4, percebemos que existe uma alteração na posição do ponteiro, mas não uma variação na intensidade da corrente elétrica no ponto medido. Essa corrente elétrica que muda de sentido com o movimento do ímã é denominada corrente induzida.

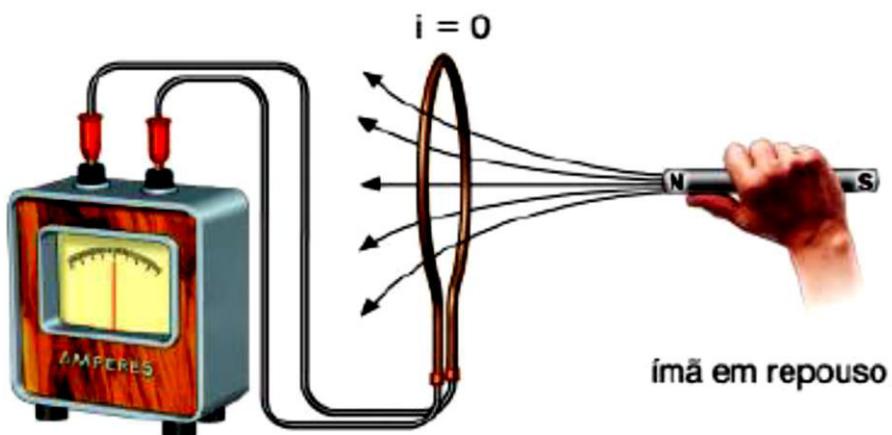


Figura 2.2: Ímã no repouso e as linhas de campo (Bonjorno, 2016).

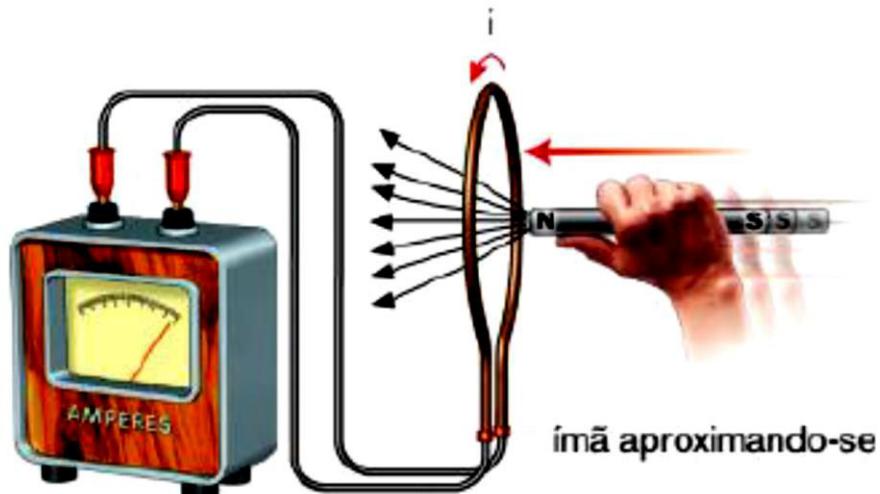


Figura 2.3: Ímã se aproximando da espira (Bonjorno, 2016).

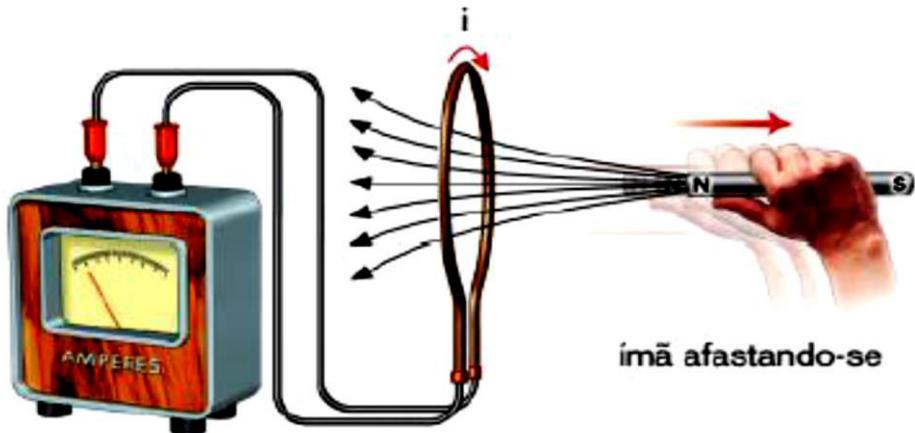


Figura 2.4: Ímã se afastando da espira (Bonjorno, 2016).

**Experimento 2: variação do fluxo magnético pela variação do ângulo formado entre o vetor normal ( $\vec{n}$ ) e o vetor campo magnético ( $\vec{B}$ )**

Se a espira estiver inserida em um campo magnético uniforme e for capaz de rotacionar, uma corrente elétrica será induzida nessa espira. Quanto mais rápido o ângulo variar, maior será a velocidade da espira e, consequentemente, maior a intensidade da corrente elétrica induzida. Os geradores elétricos são construídos nesse fundamento. A Figura 2.5 representa a ação do campo magnético e da força magnética gerando torque numa espira retangular.

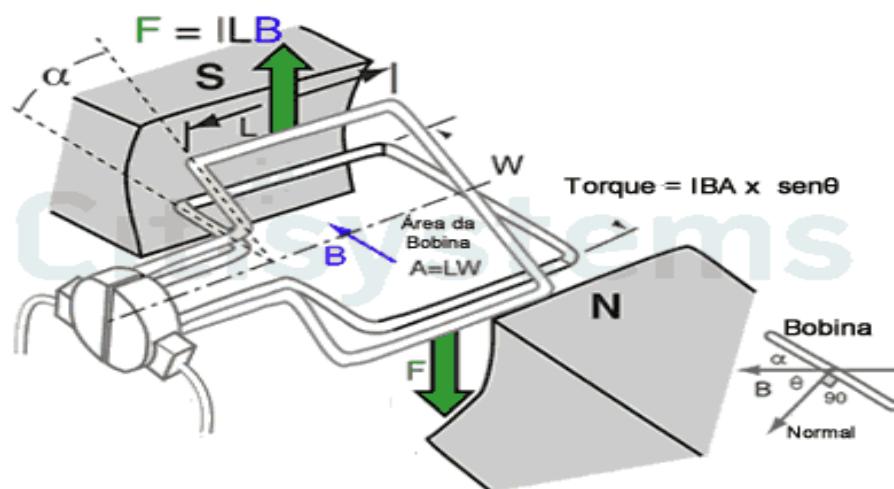


Figura 2.5: Rotação de uma espira retangular sob ação de um campo magnético uniforme (Silveira, 2019).

### Experimento 3: variação do fluxo magnético pela variação da área A do circuito

Nesse último experimento, a variação do fluxo do campo magnético é fruto da rotação temporal da espira, assim como a área varrida pela espira na presença do campo magnético. A Figura 2.6 reproduz a variação da área num campo magnético e a corrente que é induzida no amperímetro.

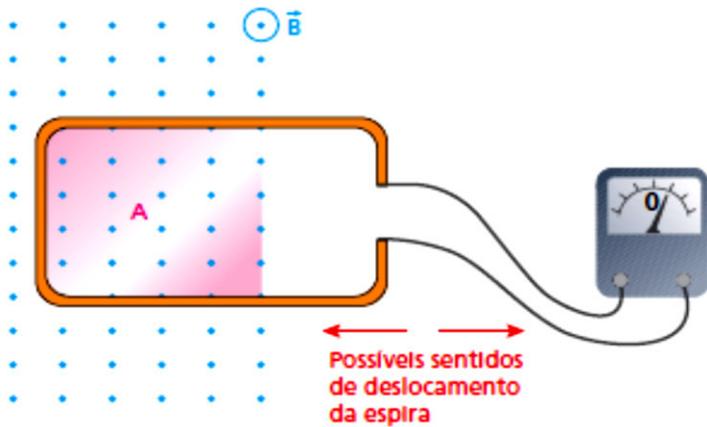


Figura 2.6: Espira exposta a um campo magnético uniforme (Biscoula, 2012).

#### b) Lei de Lenz

Em todos os três experimentos mencionados anteriormente, a corrente elétrica que aparece ao variar o fluxo do campo magnético ou a área ou o ângulo não é uma corrente elétrica continua e sim uma corrente elétrica induzida e sendo assim, o seu sentido é variável à medida que o fluxo do campo magnético aumenta ou diminui.

Conforme a Figura 2.7, à medida que o polo norte do ímã se afasta com uma velocidade  $\vec{V}$ , a corrente elétrica induzida está no sentido anti-horário da espira e quando o polo norte do ímã se aproxima da espira, o sentido da corrente induzida é horário.

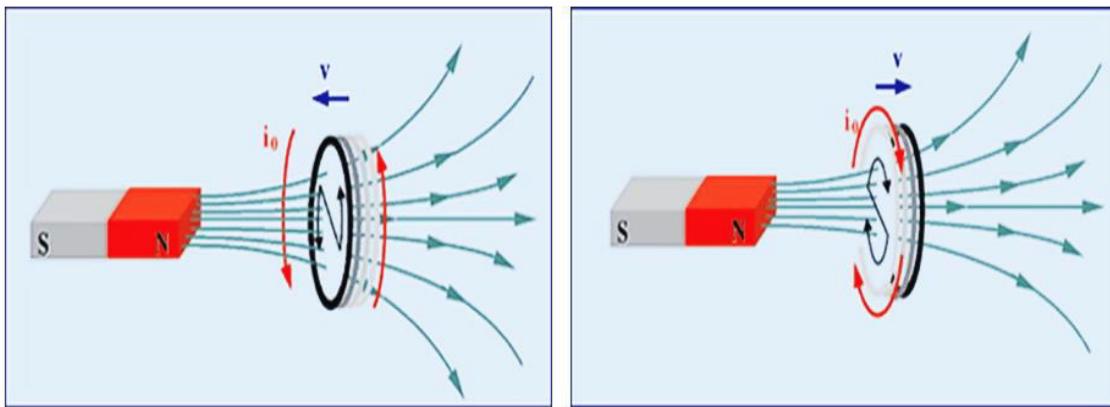


Figura 2.7: Sentido da corrente elétrica induzida na espira (Santos, 2019).

A lei de Lenz, segundo Bonjorno, pode ser definida como:

O sentido da corrente elétrica induzida em um circuito condutor fechado é aquele que dá origem a um fluxo magnético induzido que sempre se opõe a variação do fluxo que lhe deu origem.

Griffiths, por sua vez define a lei de Lenz com um único objetivo, acertar o sentido da corrente elétrica.

É sabido também que, além da corrente induzida, existe uma força eletromotriz induzida (fem) decorrente desta corrente. Sendo assim, o fenômeno da indução eletromagnética está diretamente associado ao fenômeno da conservação de energia.

### c) Lei de Faraday

A lei de Faraday é uma lei de fluxo de campo magnético que pode ser escrita na forma:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}. \quad (2.3)$$

Uma análise mais criteriosa na lei de fluxo é que cargas estacionárias não são atingidas pela força magnética e sim pela força elétrica que está associada ao campo elétrico que também é induzido. Faraday, se baseando da observação e experiência, disse que a força eletromotriz é igual a taxa do fluxo, conforme Griffiths, podemos escrever que:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (2.4)$$

Tomando a equação (3.18), e substituindo a equação (3.19) obtemos a lei de Faraday na forma integral.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\partial}{\partial t} \left( \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \right) = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (2.5)$$

Aplicando o Teorema de Stokes (3.11) na equação (3.21), temos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = -\frac{\partial}{\partial t} \left( \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \right) \quad (2.6)$$

A superfície permanecendo constante no decorrer do tempo, temos:

$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = -\left( \int_S \left( \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A} \right) \right) \quad (2.7)$$

E, portanto,

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.8)$$

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Materiais necessários para a construção do motor elétrico:

- Tábua de madeira de 30 cm x 30 cm;
- Um ímã grande em forma de U;
- Uma pilha de tamanho D com 1,5 V;
- Uma lixa ou palha de aço;
- Doze centímetros de fio de 6mm;
- Noventa centímetros de fio de cobre esmaltado, número 24;
- Dez centímetros de cabos de 2,5 mm;
- Bola de festa (bexiga de borracha);
- Estilete ou faca;

- Olhal (alicate);
- Tesoura;
- Pistola de cola quente;
- Cola quente;
- Uma broca de mão ou um parafuso de tamanho médio;

### **3.2. Montagem do motor elétrico simples:**

- a) Usando uma broca de mão ou um parafuso, fure a tábua de suporte em dois lugares, distantes 6 centímetros;



Figura 3.1: Tábua para suporte.

- b) Corte os 12 cm de o fio rígido em duas partes iguais e com o estilete, tire toda sua capa de borracha;



Figura 3.2: Fio de 6 mm.

c) Usando um alicate, faça uma alça na extremidade de cada fio;



Figura 3.3: Fio rígido desencapado com uma alça.

d) Usando a pistola de cola quente, encha os dois furos com cola e prenda os dois fios rígidos na tabua de madeira;



Figura 3.4: Pistola de cola quente e fios presos no suporte.

e) Corte o fio mole em duas partes iguais e descasque as duas extremidades do fio;

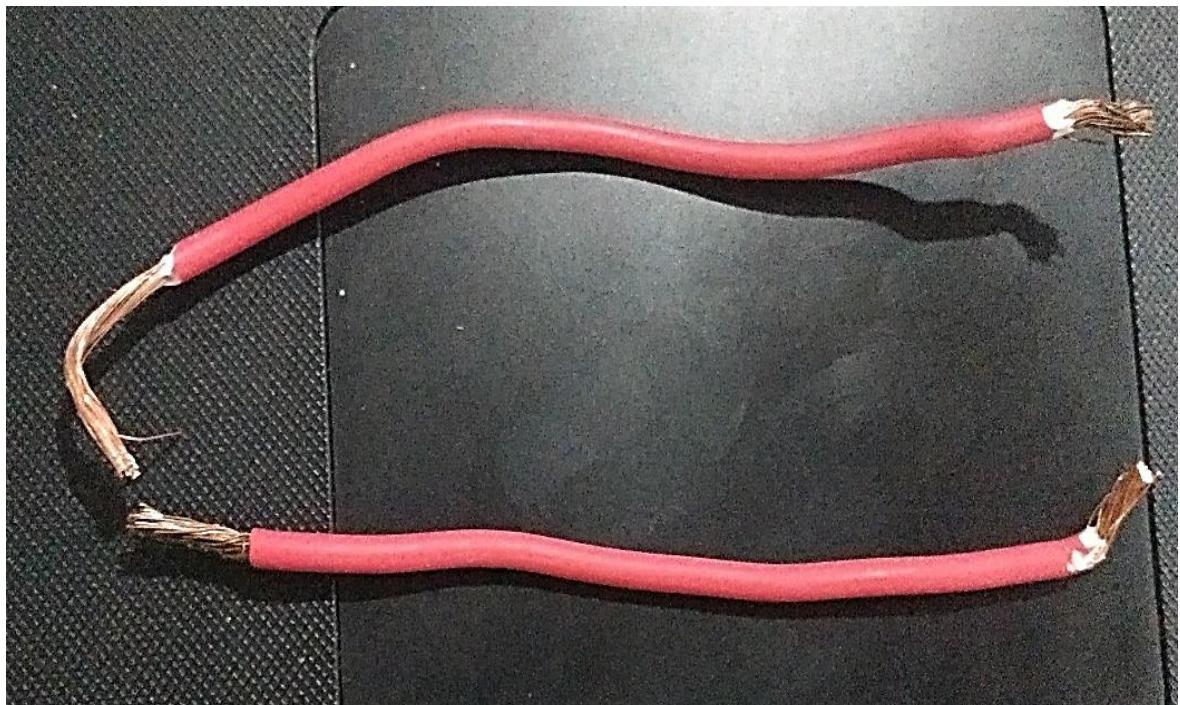


Figura 3.5: Cabo de 2,5mm.

f) Pegue o fio esmaltado e, deixando 5 cm livre do fio, enrole 10 vezes na pilha, e deixe mais 5 cm do fio livre. Corte o restante do fio com o alicate e enrole as duas partes que estão sobrando, deixando 3 cm de cada lado;



Figura 3.6: Bobina.

g) Com a lixa, retire o esmalte de um lado (apenas de um único lado), do fio da espira. Em seguida, faça o mesmo procedimento no outro fio da espira, porém retirando o esmalte dos dois lados do fio;



Figura 3.7:Lixa e fio da bobina sem esmalte.

h) Corte os dois lados da bola de festa, deixando a bexiga com 2 cm de comprimento;



Figura 3.8: Bola de festa cortada em suas extremidades.

i) Enrole a bexiga na pilha, deixando os dois polos da pilha presos;



Figura 3.9: Bola de festa enrolada na pilha.

j) Prenda os cabos na base dos fios rígidos no suporte e coloque nas alças do fio rígido a bobina;

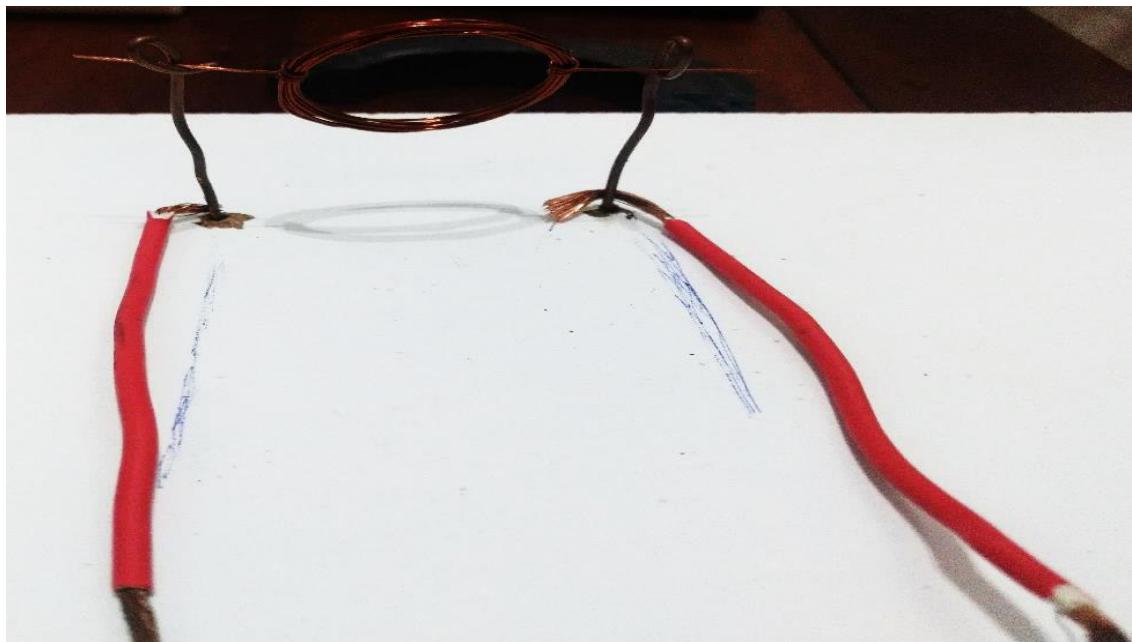


Figura 3.10: Cabos preso no fio.

k) Conecte os dois polos da pilha no fio com a ajuda da bexiga, deixando bem firme e ponha o ímã embaixo da bobina. Para dar a partida no motor, impulsione a bobina para baixo ou para cima com os dedos.



Figura 3.11: Motor elétrico.

## **4. APLICAÇÃO**

Como sugestão, o professor pode usar o pré-teste (apêndice I) como sondagem, para só depois usar o produto educacional para maximizar a aula e o processo de ensino e aprendizagem e usar o teste final que é o pré-teste com três perguntas dissertativas.

## **5. CONCLUSÃO**

O produto educacional desenvolvido é classificado como um aparato experimental de baixo custo e mesmo assim, foi aplicado em uma escola privada com alunos de bom poder aquisitivo. Sendo assim, o produto educacional aplicado na escola privada, pode ser aplicado em escolas públicas sem nenhum problema ou obstáculo no que diz respeita a investimento financeiro. A aula experimental proporcionou aos alunos uma oportunidade de conhecimento, através da interação com o professor e com o aparato experimental.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BISCOULA, Gualter José; DOCA, Ricardo Helou. et al. **Tópicos de Física: Eletricidade, Física Moderna e Análise Dimensional**. Vol.3. São Paulo. Editora Saraiva. Edição 2012.

BONJORNO, José Roberto; RAMOS, Clinton Marcico. et al. **Física Manual do Mestre: Eletromagnetismo e Física Moderna**. Editora FTD. 3º edição. 2016.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2011

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: Eletromagnetismo**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009 vol. 3.

MANUAL DO MUNDO. Motor V8 eletromagnético. (12m39s). 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=SvvucPdO6ik>>. Acesso em: 07 de maio de 2019.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: Eletromagnetismo**. São Paulo: E. Blücher, 2002;

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. 2019. “A lei de Lenz”; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/a-lei-lenz.htm>>. Acesso: 31 de março de 2019.

SABRINNA. 2019. Física – Cem Arizinho. Disponível: <<http://fisicacemarizinhogpi.blogspot.com>>. Acesso em: 18 de março de 2019.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. 2019. Disponível: <<https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>> Acesso em: 31 de março de 2019.

## Apêndice I

**Estimado estudante:**

**Esse questionário faz parte de uma pesquisa sobre ensino e aprendizagem de física. Desde já, gostaria de agradecer sua participação e disposição nessa pesquisa.**

**Professor: Alexandre Santos (Mestrando MNPEF – UFRPE)**

**Estudante:** \_\_\_\_\_

### Perguntas

1. A definição de gerador elétrico é de um dispositivo capaz de transformar qualquer tipo de energia, em energia elétrica. Sendo assim, qual das afirmativas abaixo é um gerador?

- a) uma bomba d'água
- b) um chuveiro elétrico
- c) uma bateria de carro
- d) uma lâmpada incandescente
- e) um liquidificador

2. Na procura de lâmpadas que ofereçam um bom custo – benefício, um estudante encontrou uma lâmpada que tinha impresso na embalagem a informação: 220 V – 50 W. A respeito dessa informação na embalagem, ela informa, simultaneamente a:

- a) corrente elétrica e tensão
- b) tensão e potência
- c) potência e luminosidade
- d) luminosidade e potência
- e) tensão e luminosidade

3. O movimento ordenado de um portador de carga (elétron ou próton) dentro de um condutor origina uma corrente elétrica. A corrente elétrica é capaz de criar numa região do espaço, um:

- a) campo magnético
- b) campo gravitacional
- c) campo elétrico
- d) um campo elétrico e um campo magnético
- e) um campo gravitacional e um campo magnético

4. Todo ímã possui uma bipolaridade, ou seja, ele apresenta dois polos: norte e sul. Se você dispuser de dois ímãs e colocar dois frente a frente, o que pode acontecer?

- a) os ímãs irão se atrair
- b) os ímãs irão se repelir
- c) os ímãs podem se atrair ou se repelir
- d) nada acontece
- e) eles flutuarão

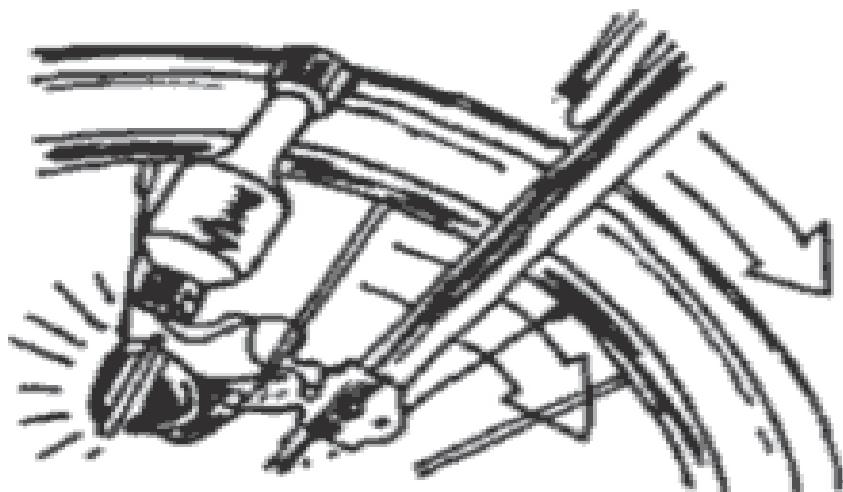
5. Um ímã não atrai:

- a) um prego
- b) uma arruela de ferro
- c) uma panela de ferro
- d) uma caneca de alumínio
- e) um parafuso

6. (Uerj/2015) O princípio físico do funcionamento de alternadores e transformadores, comprovável de modo experimental, refere-se à produção de corrente elétrica por meio da variação de um campo magnético aplicado a um circuito elétrico. Esse princípio se fundamenta na denominada Lei de:

- a) Newton
- b) Ampère
- c) Faraday
- d) Coulomb

7. (Enem 2<sup>a</sup> aplicação) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um imã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a:

- a) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- b) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- c) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- d) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- e) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

8. Você certamente já ouviu sobre o processo de eletrização por indução, mas já ouviu falar sobre indução eletromagnética? Em caso positivo, explique de forma simples.

---

---

---

9. Na sua opinião, onde podemos encontrar motores elétricos?

---

---

---

---

10. Caso conheça, cite dois exemplos de motores elétricos?

---

---

---

---