

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 47

AJAX WELLINGTON PARENTE ROSAS

**TÓPICOS DO ELETROMAGNETISMO ABORDADOS COM UMA SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA EXPERIMENTAL PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO  
ENSINO MÉDIO**

São Luís - MA

2020

**AJAX WELLINGTON PARENTE ROSAS**

**TÓPICOS DO ELETROMAGNETISMO ABORDADOS COM UMA SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA EXPERIMENTAL PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO  
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) polo 47/UFMA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processo de ensino e aprendizagem e tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Eder Nascimento Silva

São Luís - MA

2020

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Rosas, Ajax Wellington Parente.

Tópicos do Eletromagnetismo Abordados com uma Sequência Didática Experimental para uma Aprendizagem Significativa no Ensino Médio / Ajax Wellington Parente Rosas. - 2020. 149 f.

Orientador(a): Eder Nascimento Silva.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, 2020.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Experimentos de Baixo Custo. 3. Sequência Didática. 4. Tópicos do Eletromagnetismo. I. Silva, Eder Nascimento. II. Título.

**AJAX WELLINGTON PARENTE ROSAS**

**TÓPICOS DO ELETROMAGNETISMO ABORDADOS COM UMA SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA EXPERIMENTAL PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO  
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) polo 47/UFMA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Eder Nascimento Silva (Orientador)  
Doutor em Física  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira  
Doutor em Física  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Cláudio Rejane da Silva Dantas  
Doutor em Física  
Universidade Regional do Cariri - CE

*À Deus, a minha esposa e filhas, aos meus familiares e amigos pelo apoio e paciência durante a realização deste trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família por acreditar e incentivar em todos os momentos.

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA) por proporcionar mais uma meta alcançada.

À coordenação do curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, em especial ao professor Dr. Edson Firmino, pelas críticas e cobranças que nos fez, e pelas oportunidades que nos confiou.

Ao Professor Dr. Eder Nascimento Silva pelo incentivo e orientação.

À Professora Dra. Karla Cristina da Silva Sousa por sua contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física por todos os conhecimentos compartilhados.

A todos os colegas do curso pela amizade e auxílio nas tarefas desenvolvidas por toda essa caminhada, em especial, a Pedro Alves Fontes Neto e Antônio Carlos Ribeiro.

A todos os discentes da turma 301 de 2018, do turno vespertino do Centro de Ensino Nerval Lebre Santiago, por suas contribuições nesse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código 001, por manter o programa do MNPEF e pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste Trabalho.

## RESUMO

Este trabalho propõe a implementação de uma Sequência Didática (SD) que aplicada em sala de aula com o uso de materiais de fácil acesso e baixo custo agrega ao ensino dos professores uma aprendizagem significativa aos alunos. Com o objetivo de proporcionar uma mudança na realidade do ambiente escolar, este estudo buscou transformar fenômenos físicos em conteúdos interessantes saindo do âmbito conceitual para a praticidade do experimental, permitindo assim, a construção do conhecimento de forma significativa que insere o aluno no contexto da discussão de forma efetiva. Em uma pesquisa qualitativa e quantitativa, em um estudo de caso, em um ambiente de uma escola pública estadual na cidade de São Luís/MA, aplicou-se uma sequência didática de dez encontros, utilizando atividades diversificadas que envolveu um questionário para avaliação dos conhecimentos prévios, aulas expositivas dialogadas, mapas conceituais e atividades experimentais com materiais de baixo custo. A Sequência Didática é fundamentada na Teoria da Aprendizagem significativa, em que a aprendizagem caracterizada pela interação entre conhecimentos prévios e os novos conhecimentos alcançaram um significado maior nas estruturas cognitivas dos alunos. Na abordagem, preocupou-se em esclarecer os fenômenos magnéticos em diferentes contextos e suas relações com o nosso cotidiano. Dessa forma, após a aplicação da sequência didática aos alunos da 3ª Série do Ensino Médio, constatou-se que as atividades possibilitaram o exercício dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, para uma aprendizagem significativa relacionada ao Eletromagnetismo. Além disso, a avaliação, que é parte essencial do processo de ensino e aprendizagem, foi realizada ao longo de todo o trabalho e sempre considerando as respostas dos educandos, conforme alcançavam os objetivos pedagógicos propostos. Como resultado, expõem-se gráficos com a avaliação diagnóstica sobre o Eletromagnetismo, textos produzidos pelos alunos que refletem as avaliações formativas e fotos que demonstram a participação efetiva dos alunos na montagem e exposição dos experimentos confeccionados durante o desenvolvimento da sequência didática. Com o exposto, nos permite avaliar que este trabalho alcançou seu objetivo e contribuiu para uma participação efetivas dos discentes participantes na construção do conhecimento e os conduziu a uma aprendizagem significativa dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais sobre tópicos de Eletromagnetismo. Os resultados desta pesquisa culminaram na construção de um produto educacional direcionado a professores e alunos do ensino médio.

**Palavras-chave:** Sequência Didática. Tópicos de Eletromagnetismo. Experimentos de baixo custo. Aprendizagem Significativa.

## ABSTRACT

This work proposes the implementation of a Didactic Sequence (SD) that integrates the application in the classroom of the use of materials of easy access and of low cost to the teachers and students, in order to promote a meaningful learning. With the objective of providing a change in the reality of the school environment, this study sought to transform physical phenomena into interesting contents, leaving the conceptual scope for the practicality of the experimental, thus allowing the construction of knowledge in a meaningful way that inserts the student in the context of the discussion effectively. In a qualitative and quantitative research, in a case study, in an environment of a state public school in the city of São Luís / MA, a didactic sequence of ten meetings was applied, using diversified activities that involved a questionnaire to evaluate previous knowledge. , dialogue lectures, concept maps and experimental activities with low-cost materials. The Didactic Sequence is based on the Theory of Meaningful Learning, in which the learning characterized by the interaction between previous knowledge and the new knowledge reached a greater meaning in the students' cognitive structures. In the approach, he was concerned with clarifying magnetic phenomena in different contexts and their relationship with our daily lives. Thus, after the application of the didactic sequence to the students of the 3rd Grade of High School, it was found that the activities enabled the exercise of conceptual, procedural and attitudinal contents, for a meaningful learning related to Electromagnetism. In addition, the assessment, which is an essential part of the teaching and learning process, was carried out throughout the work and always considering the responses of the students, as they reached the proposed pedagogical objectives. As a result, graphics with the diagnostic evaluation on Electromagnetism are displayed, texts produced by the students that reflect the formative evaluations and photos that demonstrate the effective participation of the students in the assembly and exhibition of the experiments made during the development of the didactic sequence. With the above, it allows us to evaluate that this work reached its objective and contributed to an effective participation of the students participating in the construction of knowledge and led them to a significant learning of the conceptual, procedural and attitudinal contents on topics of Electromagnetism. The results of this research culminated in the construction of an educational product aimed at teachers and high school students.

**Keywords:** Didactic sequence. Topics of Electromagnetism. Low cost experiments. Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Atração e repulsão dos polos de um ímã .....	24
Figura 2 - Força magnética sobre um fio conduzindo uma corrente .....	27
Figura 3 - Força magnética em um segmento de fio .....	28
Figura 4 - Campo magnético produzido por um fio retilíneo de comprimento $2a$ .....	29
Figura 5 - Aplicação da lei de Ampère, plano da curva vista de cima .....	31
Figura 6 - Seção reta de um trecho de um solenoide percorrido por uma corrente ..	33
Figura 7 - Aplicação da lei de Ampere a uma seção de um solenoide ideal percorrido por uma corrente $i$ .....	33
Figura 8 - Indução de uma voltagem pela variação do campo magnético .....	36
Figura 9 - Eletroímã caseiro .....	61
Figura 10 - Ilustrações dos experimentos do encontro 6.....	63
Figura 11 - Ilustração do procedimento do experimento do trem magnético.....	65
Figura 12 - Protótipo do trem magnético em funcionamento.....	67
Figura 13 - Resposta à pesquisa do aluno A1.....	73
Figura 14 - Resposta à pesquisa do aluno A2.....	73
Figura 15 - Resposta à pesquisa do aluno A3.....	74
Figura 16 - Resposta à pesquisa do aluno A4.....	74
Figura 17 - Material utilizado na atividade experimental sobre campo magnético ....	80
Figura 18 - Material utilizado na atividade experimental sobre eletroímã.....	83
Figura 19 - Solenoides construídos na atividade experimental sobre eletroímã .....	84
Figura 20 - Alunos testando a funcionalidade do eletroímã .....	85
Figura 21 - Alunos testando a funcionalidade do eletroímã .....	85
Figura 22 - Alunos testando a funcionalidade do eletroímã .....	86
Figura 23 - Alunos testando a funcionalidade do eletroímã .....	86

Figura 24 - Resposta da equipe 3 sobre o funcionamento do eletroímã .....	88
Figura 25 - Resposta da equipe 4 sobre a aplicação do eletroímã .....	88
Figura 26 - Experimento do motor elétrico simples pela equipe 1.....	90
Figura 27 - Experimento do motor elétrico simples pela equipe 2.....	90
Figura 28 - Material para o experimento do homopolar.....	91
Figura 29 - Experimento do homopolar pela equipe 3.....	92
Figura 30 - Palestra do Prof. Dr. Eder Nascimento Silva .....	94
Figura 31 - Maquete do trem magnético (Equipe 1).....	95
Figura 32 - Maquete do trem magnético (Equipe 2).....	95
Figura 33 - Maquete do trem magnético (Equipe 3).....	96
Figura 34 - Mapa conceitual do aluno B1 .....	97
Figura 35 - Mapa conceitual do aluno B2 .....	98
Figura 36 - Mapa conceitual do aluno B3 .....	98
Figura 37 - Mapa conceitual do aluno B4 .....	99

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - O bom no estudo da disciplina Física .....	70
Gráfico 2 - Dificuldades no processo de aprendizado da disciplina Física .....	71
Gráfico 3 - Processo de aprendizagem interessante e motivador aos alunos.....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro geral para proposta de sequência didática utilizada.....	57
Quadro 2 - Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios .....	58
Quadro 3 - Roteiro de atividade 1 .....	59
Quadro 4 - Roteiro de Atividade 2 .....	61
Quadro 5 - Roteiro da atividade 3 .....	63
Quadro 6 - Roteiro da atividade 4 .....	65
Quadro 7 - Quadro geral para proposta de sequência didática utilizada.....	76
Quadro 8 - Análise geral da avaliação diagnóstica .....	78

## **PRIMEIRAS PALAVRAS**

Por conta do meu apreço pelas ciências e a matemática, no final de 1994, prestei vestibular para o curso de Física, para o qual fui aprovado. Ingressei no início de 1995, na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), com a proposta inicial de ter uma formação no bacharelado. O período que permaneci nessa instituição foi de tamanha importância para o meu futuro profissional. Comecei a cursar as disciplinas da licenciatura em decorrência das minhas aprovações nos processos seletivos, realizados entre 1998 e 2000, para ministrar aulas de Física na rede estadual de ensino de nível médio como professor temporário, trabalhando no Centro de Ensino Governador Edson Lobão (CEGEL). Então, decidido pela licenciatura, finalizando meu curso em 2001 com a apresentação do trabalho monográfico intitulado “Análise da Qualidade do Ensino de Física”.

Concluído a graduação, ingressei em 2002 via concurso público no quadro de docentes da Secretaria de Estado da Educação (SEDUC/MA) como professor de Física do ensino médio, trabalhando no Centro de Ensino Nerval Lebre Santiago. Nesse mesmo ano fui trabalhar como professor contratado no Centro de Ensino Renato Archer, até 2007, onde fui efetivado também, via concurso público, para minha segunda nomeação na SEDUC/MA.

Entre 2013 e 2014, dando continuidade ao meu processo de formação acadêmica, participei do programa de pós-graduação do Instituto de Ensino Superior Franciscano, onde obtive o título de Especialista em Instrumentalização para o Ensino da Matemática, Física e Química com o trabalho “Aplicações de Experimentos de Física no Ensino Médio”.

Entre 2015 e 2016, participei como formador do Centro de Ensino Nerval Lebre Santiago, da Formação Continuada de Professores e Coordenadores do Ensino Médio intitulado, “Pacto pelo Fortalecimento do Ensino Médio”, Coordenada pelo Ministério da Educação, Secretaria de Estado da Educação e Universidade Federal do Maranhão.

Com a finalidade de impulsionar as habilidades adquiridas ao longo dos anos, assim como adicionar novos conhecimentos na área de ensino de Física, fui aprovado em 2017, no processo de seleção ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA),

coordenado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), que é um programa de pós-graduação em rede, direcionado à professores de Física da educação básica.

Percebi, com os anos de magistério, as deficiências apresentadas por parte dos nossos alunos, que possuem certa dificuldade em compreender os conceitos da Física, assim como, uma baixa estima e um desinteresse pelas aulas. Para tentar amenizar esta situação, sempre busquei trazer objetos de estudos diferenciados para as nossas aulas, fundamentados em práticas experimentais da Física, relacionando-as com as atividades do nosso dia a dia. Essa preocupação fez crescer o interesse num estudo mais aprofundado pela pesquisa com atividades experimentais.

Com dedicação e empenho, finalizo essa etapa de construção do saber, com todos os conhecimentos compartilhados de fundamental importância para a conclusão dessa dissertação, que oferece uma proposta metodológica utilizando experimentos investigativos para o ensino de tópicos do Eletromagnetismo visando à aprendizagem significativa a estudantes do ensino médio.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO ENSINADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Apanhado Histórico do Magnetismo .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>Ações de um campo magnético sobre cargas elétricas .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Força Magnética Sobre uma Corrente .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4</b>	<b>O campo magnético de uma corrente elétrica .....</b>	<b>29</b>
<b>2.5</b>	<b>O campo magnético de uma corrente estacionária.....</b>	<b>30</b>
<b>2.6</b>	<b>Campo Magnético em um Solenoide .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7</b>	<b>Fluxo da Indução Eletromagnética .....</b>	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Teorias da Aprendizagem Significativa no Ensino de Física.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.3</b>	<b>A Abordagem dos Mapas Conceituais de Novak .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>As Sequências Didáticas como Metodologia no Ensino de Física .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3</b>	<b>A abordagem experimentação como ferramenta de Aprendizagem no Ensino de Física .....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>O PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>56</b>
<b>4.1</b>	<b>Primeiro Encontro .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2</b>	<b>Segundo Encontro.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3</b>	<b>Terceiro Encontro.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4</b>	<b>Quarto Encontro .....</b>	<b>60</b>
<b>4.5</b>	<b>Quinto Encontro .....</b>	<b>62</b>
<b>4.6</b>	<b>Sexto Encontro .....</b>	<b>62</b>
<b>4.7</b>	<b>Sétimo Encontro .....</b>	<b>64</b>
<b>4.8</b>	<b>Oitavo Encontro.....</b>	<b>66</b>
<b>4.9</b>	<b>Nono Encontro.....</b>	<b>66</b>
<b>4.10</b>	<b>Decimo Encontro .....</b>	<b>68</b>
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1</b>	<b>Concepções iniciais dos alunos sobre a aprendizagem de Física .....</b>	<b>69</b>

<b>5.2</b>	<b>Tipo da pesquisa .....</b>	<b>75</b>
<b>5.3</b>	<b>O espaço de intervenção e os sujeitos participantes .....</b>	<b>75</b>
<b>5.4</b>	<b>A elaboração do projeto.....</b>	<b>76</b>
5.4.1	Primeiro Encontro .....	77
5.4.2	Segundo Encontro .....	80
5.4.3	Terceiro Encontro .....	82
5.4.4	Quarto Encontro .....	83
5.4.5	Quinto Encontro.....	89
5.4.6	Sexto Encontro .....	89
5.4.7	Sétimo Encontro .....	92
5.4.8	Oitavo Encontro.....	93
5.4.9	Nono Encontro.....	93
5.4.10	Décimo Encontro .....	97
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>109</b>
	<b>APÊNDICE A – Produto Educacional.....</b>	<b>110</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino da Física no Ensino Médio não é uma tarefa considerada fácil, pois a mesma é tratada por grande parte dos nossos alunos como uma disciplina complexa, e em alguns casos, parece ser algo comum não gostar de Física. Essa dificuldade tornou-se um desafio para o professor pesquisador, que teve de buscar formas facilitadoras para proporcionar uma aprendizagem mais significativa.

Como ensinar Física e como o aluno aprende seus conceitos são algumas das principais preocupações de professores e pesquisadores que se encontram voltadas ao ensino de Física na atualidade (VILLATORRE, 2009). Na literatura podemos encontrar alguns estudos que demonstraram métodos facilitadores da aprendizagem, como: simulações computacionais (MACÊDO; DICKMAN; ANDRADE, 2012), laboratório virtual (FONSECA et al., 2013), recursos educativos digitais (QUINTAS; CARVALHO, 2016).

Apesar dos avanços nessa área, ainda existe um grande espaço de pesquisa e aprofundamento no que se refere ao ensino e aprendizagem de Física com o intuito de despertar no estudante a importância e o significado dessa disciplina na sua formação acadêmica. Pois, a educação merece uma atenção especial na formação do indivíduo como cidadão, como segue na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que diz, “com base nesse compromisso, a escola que acolhe as juventudes deve: garantir o protagonismo dos estudantes em sua aprendizagem e o desenvolvimento de suas capacidades de abstração, reflexão, interpretação, proposição e ação, essenciais à sua autonomia pessoal, profissional, intelectual e política” (BRASIL, 2017, p. 465).

Os educadores precisam buscar novos horizontes, onde seja possível a transformação de algumas de suas práticas educativas, para que possa oportunizar uma participação mais ativa de seus alunos na aquisição de novos conhecimentos, despertando o interesse e o estímulo para pesquisar, confrontar ideias e reavaliar suas concepções, dentro e fora do ambiente escolar.

Diante do cenário de dificuldade de aprendizagem da disciplina Física por parte de muitos alunos, e entendendo que contribuimos de forma positiva no desenvolvimento da aprendizagem e formação cidadã dos educandos, o objetivo geral

deste trabalho é a aplicação de uma Sequência Didática que investiga a aprendizagem significativa no ensino de tópicos de Eletromagnetismo com abordagem experimental investigativo de baixo custo para estudantes do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de São Luís.

Desenvolvida na única turma de terceiro ano da escola, o trabalho foi pautado na realização dos seguintes objetivos: Investigar os conhecimentos existentes sobre tópicos de Eletromagnetismo dos alunos; Elaborar e avaliar uma Sequência Didática em uma perspectiva investigativa e problematizadora na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa para nortear o estudo de tópicos do Eletromagnetismo por meio de experimentos de baixo custo; Desenvolver um guia didático de orientação por meio de materiais de baixo custo, integrado a uma Sequência Didática por meio da abordagem experimental investigativa e a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa para apoiar outras experiências docentes.

Esta pesquisa foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel (1980), que é um processo no qual o indivíduo relaciona uma nova informação de forma não arbitrária com aspectos relevantes presentes em sua estrutura cognitiva, ou seja, a aprendizagem só terá um sentido positivo se ela estiver ancorada em um conhecimento preexistente no aluno. Como continuidade da teoria da aprendizagem significativa, Marco Antônio Moreira (1982) e sua visão crítica sobre o estudo dos subsunçores na aquisição de novos conhecimentos. Utilizamos também a Teoria de Educação de Joseph Donald Novak (1984), em que o uso de Mapas Conceituais podem ser representações válidas da estrutura conceitual de conhecimento de um estudante.

A escolha dessa teoria de aprendizagem ocorreu com a tentativa de rompimento do ensino pautado no paradigma tradicional, o que ocasionou na busca por uma metodologia didática que ativasse o interesse e a curiosidade dos estudantes, que aliado aos seus conhecimentos prévios, desenvolva uma pré-disposição para o aprender.

O conhecimento inicial do mundo ocorre pela percepção dos fenômenos e de seus eventos associados. A partir dessa percepção, o homem tornou-se capaz de gerar algum conhecimento e uma explicação sobre o mundo que lhe cerca. No entanto, o aprofundamento desse conhecimento exigiu do ser humano o desenvolvimento das inúmeras ciências, sejam elas da natureza, sociais, exatas ou quaisquer outras, de modo que a análise e a síntese, como processos

complementares, tornaram-se indispensáveis para o conhecimento da ciência no mundo atual. Assim, para que ocorra a inserção do aluno na aprendizagem significativa é preciso o uso e aplicação de métodos pedagógicos que o incentivem e despertem seu interesse (FIALHO; ROSENAU, 2008). Nesse sentido, segundo Ausubel (2003) a aprendizagem significativa envolve, principalmente a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado. A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros.

Vale ressaltar, que no nosso cotidiano escolar, discutimos muito sobre a importância do ensino de Física em todos os níveis de escolaridade. Sabe-se que o acesso ao conhecimento científico se dá de diversas formas, e em diferentes ambientes, mas é na escola que a formação de conceitos científicos são aprofundados e explicados para os discentes, lugar apropriado onde a autonomia e autoria pode acontecer, na qual tudo depende do método a ser empregado no contexto escolar. Segundo o que afirma Demo (2009), o estudo bem feito sempre resulta em autoria, o que retira do interesse procedimentos de cópia, na qual as pesquisas são feitas sem elaboração e sem uma leitura sistemática.

O ensino não é meramente repasse de conhecimento e o aluno não é subalterno nesse processo que visa o aprender a aprender<sup>1</sup>, a desconstrução e reconstrução, pois o que se deve é priorizar a autonomia do aluno na busca do conhecimento e do aprender para que o educando passe a ser autor e construtor do seu saber. Também, não se pode esquecer que o conhecimento prévio, a interação social e o questionamento, oportunizam ao ser humano a compreensão da realidade e a superação de problemas que lhes são impostos diariamente na aquisição de conhecimento (MOREIRA, 1982). Deve-se, então, partir de uma compreensão de mundo que o aluno carrega consigo, advindo de seu cotidiano, deixar claro que no ambiente escolar suas dúvidas podem ser respondidas, de forma a contextualizar a Física com seus conhecimentos prévios. Conforme afirma Einstein e Infeld:

Os conceitos científicos frequentemente começam com os da linguagem usual para os assuntos da vida cotidiana, mas se desenvolvem de maneira

---

<sup>1</sup> O termo aprender a aprender está relacionado ao construtivismo que teve como um de seus iniciantes Jean Piaget. A ideia construtivista é a de que o aprendizado se dá quando o indivíduo interage com o conteúdo. Um dos princípios do aprender a aprender é o desenvolvimento da autonomia do aprendiz, onde este aprende a construir o conhecimento por si mesmo. Segundo esse princípio, o aprendizado, assim, ocorre de forma mais significativa do que aquele ensinado pela transmissão do conteúdo.

bem diferente. São transformados e perdem a ambiguidade a eles associada da linguagem usual, ganhando em rigor para que possam ser aplicados ao pensamento científico. (EINSTEIN; INFELD, 1988, p. 21)

Moreira (2006), Libânio (1994) e Vygotsky (2010) corroboram com esse pensamento, afirmando que o aluno não parte do zero, assim com toda aquisição de conhecimento pauta-se em conhecimento pré-estabelecido de autores na literatura, ou seja, a própria pesquisa científica não parte do zero e sim de ideias iniciais de outros autores que servem de suporte para novas pesquisas. Porém, apesar de não ter sido desenvolvido no aluno o hábito da pesquisa, o mesmo carrega consigo conhecimento empírico, ainda que seja passado por seus pais e parentes no convívio familiar. Essa perspectiva é o que defende a teoria da aprendizagem significativa como sendo uma forma de conhecimento prévio do aluno.

Uma sequência didática, fundamentada na Teoria da Aprendizagem significativa, sobre os conteúdos do Eletromagnetismo introduzidos em sala como prática experimental e como parte de um processo de aprendizagem é um método que pode motivar o aluno a entender o que se está ensinando e direcioná-lo ao desenvolvimento da formação do pensamento sobre o conteúdo trabalhado na Física. Além disso, pode contribuir para uma possível mudança de atitude do educando em sala de aula, quando a sequência didática provoca a participação ativa do sujeito na prática proposta, induz a pesquisa sobre o tema proposto e, tudo isso, colabora na busca de conhecimentos de temas da Física. Porém, tornou-se necessário que o professor pesquisador abra espaço para que o aluno seja motivado a pesquisar, a experimentar, a desenvolver a crítica e a autonomia nos conteúdos que o envolvem em seu cotidiano educacional; caso contrário, a sequência didática não contribuiria para a formação do conhecimento científico, que o ensino deve promover e, assim, o professor não cumpriria o papel de motivador, facilitador, colaborador, orientando o caminho do saber que o estudante deve andar na aquisição do conhecimento para sua formação crítica e autônoma, sabendo o que buscar, como buscar e onde buscar o conhecimento científico.

O estímulo e a observação são fundamentais no desenvolvimento de habilidades, tornando-os motivadores da aprendizagem significativa, mas é importante ressaltar, que "(...) ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção" (FREIRE, 1996, p. 26). Para que seja evidenciado o que diz o autor, o professor tem que ter apreço pelo que faz e

dedicar-se, em parte de seu tempo, pela busca de melhorias em suas práticas pedagógicas. E, para que isso aconteça o professor deve intervir em suas aulas com novos métodos e mecanismos facilitadores do aprendizado que motive o educando, o que torna-se essencialmente necessária para que o aprendiz seja capaz de entender o que lhe é explicado a ponto de poder recriar, de acordo com a sua concepção, o que lhe foi ensinado. Como afirma Freire:

Ensinar inexistente sem aprender e vice-versa e foi aprendendo socialmente que, historicamente, mulheres e homens descobriram que era possível ensinar. Foi assim, socialmente aprendendo, que ao longo dos tempos mulheres e homens perceberam que era possível – depois – trabalhar maneiras, caminhos, métodos de ensinar. Aprender precedeu ensinar ou, em outras palavras, ensinar se diluía na experiência realmente fundante de aprender. (FREIRE, 1996, p. 12-13).

Para o desenvolvimento da sequência didática, buscou-se fundamentação na contribuição da abordagem de Antoni Zabala (1998), que serviu de orientação para a construção desta proposta, cujo objetivo central foi propor uma sequência composta por um conjunto de atividades ligadas entre si, organizadas e planejadas sequencialmente para ensinar os conteúdos do Eletromagnetismo. Segundo Zabala (1998, p. 18), as sequências didáticas são: “(...) um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos”. Assim, a aplicação de uma sequência didática utilizando-se de experimentos práticos que simulem os efeitos do Eletromagnetismo é uma forma apropriada de melhorar a atuação do professor em sala de aula e inserir o aluno no contexto da discussão do envolvimento dos fenômenos que regem a Física em situações reais do cotidiano dos alunos.

O trabalho aqui apresentado se estrutura da seguinte maneira: Introdução, com um apanhado geral dos assuntos que norteiam a pesquisa e a metodologia da aplicação da sequência didática; o segundo capítulo, descreve a fundamentação teórica sobre a teoria eletromagnética.

No terceiro capítulo, apresentam-se alguns conceitos educacionais de aprendizagem significativa de Ausubel e Moreira como fundamentação teórica pedagógica que embasou este trabalho, e também, a utilidade prática dos experimentos como estratégia diferenciada no processo de ensino e aprendizagem da Física.

No capítulo quatro, descrevemos detalhadamente o produto educacional, apresentando o passo a passo para a utilização da sequência didática; o quinto capítulo aborda a metodologia utilizada, apresentando as concepções dos sujeitos da pesquisa, tipo de pesquisa e todos os procedimentos aplicados, juntamente com a análise de resultados no desenvolvimento da sequência didática aplicada junto aos educandos.

Por fim, o sexto capítulo, são apresentadas as considerações finais com seus pontos relevantes que contribuíram para uma aprendizagem significativa dos educandos identificados neste trabalho a partir da aplicação da proposta didática.

## 2 TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO ENSINADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesta seção são abordados os conteúdos básicos de Física que estão relacionados com a sequência didática apresentada neste trabalho. O produto educacional desenvolvido é direcionado para utilização de uma sequência didática em turmas do terceiro ano do Ensino Médio, que geralmente, abordam o estudo de Eletromagnetismo e de Física Moderna, em sua matriz curricular. No período compreendido da pesquisa, que ocorreu no quarto bimestre do ano de 2018, o professor trabalhou os conteúdos de Eletromagnetismo. Nesse sentido, desenvolvemos neste capítulo um breve resumo dos assuntos de Eletromagnetismo abordados na sequência didática. Iniciamos fazendo um apanhado histórico que abrange, desde a descoberta dos primeiros ímãs até os experimentos que indicavam uma junção da Eletricidade com o Magnetismo. Discutiremos, também, sobre os campos magnéticos e suas leis e finalizaremos o capítulo explicando o fenômeno da indução eletromagnética.

O Eletromagnetismo é a denominação que é dada ao conjunto de teorias que Maxwell<sup>2</sup>, apoiado em outras descobertas experimentais, desenvolveu e unificou para explicar a relação mútua existente entre os efeitos elétricos e magnéticos.

### 2.1 Apanhado Histórico do Magnetismo

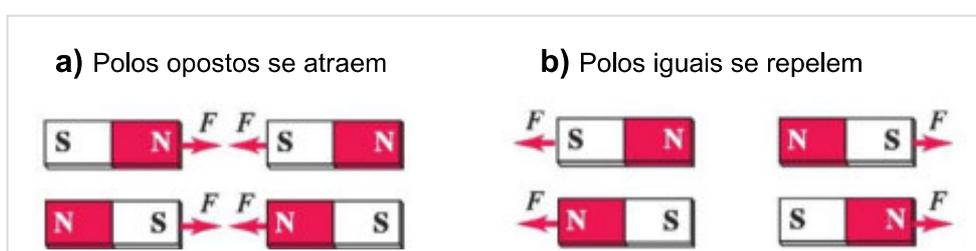
Já na Grécia antiga se conheciam as propriedades de um minério de ferro encontrado na região da Magnésia, a magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); um pedaço de magnetita é um ímã permanente, que atrai pequenos fragmentos de ferro (NUSSENZVEIG, 1997). Entre as utilidades da magnetita, temos o uso das bússolas, que foram usadas pelos chineses para navegação, em meados do século XII.

---

<sup>2</sup> James Clerk Maxwell, (1831-1879), foi um matemático e físico teórico escocês. Antes de completar 20 anos, já havia se graduado em Filosofia Natural pela Universidade de Edimburgo. Em 1850, foi para a Universidade de Cambridge, onde pós graduou-se em Matemática, e começou a se interessar pelas equações do Eletromagnetismo. Em 1873, publicou o “Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo”, que apresentava pela primeira vez as equações diferenciais parciais que hoje levam seu nome (TORRES, p. 118, 2016).

Em 1269, o engenheiro francês Pierre de Maricourt descobriu que uma agulha disposta em várias posições sobre um ímã esférico natural reorienta-se ao longo das linhas que passam através de pontos nas extremidades opostas as da esfera. Ele chamou estes pontos de polos do ímã (TIPLER, 2011). Observaram-se em experimentos seguintes que, um ímã permanente possui dois polos, que denominamos de polo norte (N) e polo sul (S) e que, dois ímãs podem se repelir ou se atrair, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Atração e repulsão dos polos de um ímã



Legenda: a) Quando os polos opostos (N e S, ou S e N) de um ímã estão muito próximos, ocorre atração entre os ímãs. b) Quando os polos iguais (N e N, ou S e S) de um ímã estão muito próximos, ocorre repulsão entre os ímãs. Fonte: Young; Freedman. 2015.

Poderíamos, então, pensar em descrever o magnetismo produzido por ímãs permanentes de forma análoga à eletrostática, introduzindo cargas magnéticas N e S por analogia com cargas elétricas positivas e negativas (NUSSENZVEIG, 1997). Mas existe uma importante diferença entre os fenômenos com as cargas elétricas e os polos magnéticos. Segundo Nussenzveig (1997), polos magnéticos não podem ser encontrados isoladamente, ou seja, um polo jamais existe sem a presença do outro. Quando se divide um ímã ao meio, cada metade se comporta como um novo ímã, possuindo os dois polos.

Em 1600, William Gilbert, publicou um importante tratado sobre magnetismo, onde observava, pela primeira vez, que a própria Terra atua como um grande ímã (NUSSENZVEIG, 1997). Ele deduziu, em seu livro “De Magnete” de 1600, que a Terra possuía polos magnéticos próximos aos polos sul e norte geográficos, ou seja, se colocássemos uma bússola nas proximidades do nosso planeta, a agulha imantada se orientaria de tal modo que, no polo sul magnético seria o polo norte geográfico.

Apesar dos esforços de William Gilbert, para encontrar ligações entre o magnetismo e a eletricidade, essas duas ciências permaneceram isoladas por mais

de dois séculos, até que por volta de 1820, um professor de ciências dinamarquês chamado Hans Christian Oersted descobriu, durante uma demonstração em sala de aula, que a corrente que flui em um condutor pode defletir a agulha de uma bússola. (HEWITT, 2015). Com essa evidência, ele contribuiu para que a relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos existia. Com isso, tivemos a junção da eletricidade com o magnetismo, resultando no começo do estudo do Eletromagnetismo.

Um bom exemplo da relação entre magnetismo e eletricidade é verificado através do conceito de força. As forças que os ímãs exercem entre si possuem comportamentos semelhantes às forças elétricas, pois elas também podem atrair ou repelir sem que necessariamente as partes se toquem, dependendo de quais extremidades dos ímãs estão mais próximas (HEWITT, 2015). Enquanto as cargas elétricas são centrais para as forças elétricas, no magnetismo não há cargas magnéticas isoladas, e sim, funcionando como um dipolo magnético<sup>3</sup>.

## 2.2 Ações de um campo magnético sobre cargas elétricas

A experiência mostra que quando temos duas cargas elétricas em repouso, aparece entre elas, uma força, de natureza elétrica, chamada força eletrostática. Mas se elas estiverem se movendo, uma carga elétrica exercerá uma força, de natureza magnética, sobre a outra carga. Assim, uma carga em movimento cria na região em torno dela um campo magnético, o qual atuará sobre a outra carga, que também está em movimento, exercendo sobre ela uma força magnética (LUZ, 2013). Esta força magnética possui uma característica direcional estranha: em qualquer ponto no espaço, tanto a direção, quanto à magnitude desta força, dependem da direção do movimento da partícula. Verifica-se que a força é perpendicular ao vetor velocidade  $\mathbf{v}$  ao campo magnético. Além disso, a força é proporcional à carga e à componente da velocidade a esta direção. Este comportamento descreve o que definimos de vetor campo magnético  $\mathbf{B}$ . Quando uma partícula de carga  $q$  e velocidade  $\mathbf{v}$  está em uma

---

<sup>3</sup> Não existe uma carga ou polo magnético isolado, ou seja, não há nenhuma maneira de dividir o dipolo magnético em polos separados, portanto, o dipolo é a menor unidade fundamental do magnetismo. Está é uma diferença entre os dipolos elétricos e magnéticos, uma vez que os dipolos elétricos podem ser separados em seus elementos constituintes (carga positiva e negativa) (FARIA, 2005, p. 13).

região com um campo magnético  $\mathbf{B}$ , uma força magnética  $\mathbf{F}$  é exercida na partícula, dada por:

$$\mathbf{F}_M = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}. \quad (1)$$

Então, a força eletromagnética total numa carga, pode ser escrita como:

$$\mathbf{F}_L = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}), \quad (2)$$

esta é a chamada força de Lorentz<sup>4</sup>.

No Sistema Internacional a unidade de intensidade do vetor campo magnético  $\mathbf{B}$  denomina-se *tesla* (T), em homenagem ao cientista croata Nikola Tesla. Uma partícula que tem uma carga de 1,0 *coulomb* e está em movimento com uma velocidade de 1,0 metro por segundo perpendicular ao campo magnético de 1,0 *tesla* experimenta uma força de 1,0 newton:

$$1T = 1 \frac{N}{C \cdot (\frac{m}{s})} = 1 \frac{N}{A \cdot m}. \quad (3)$$

Outra unidade para  $\mathbf{B}$ , derivada do sistema CGS, é o *gauss* (G), que está relacionado ao tesla da seguinte maneira:

$$1 G = 10^{-4} T. \quad (4)$$

### 2.3 Força Magnética Sobre uma Corrente

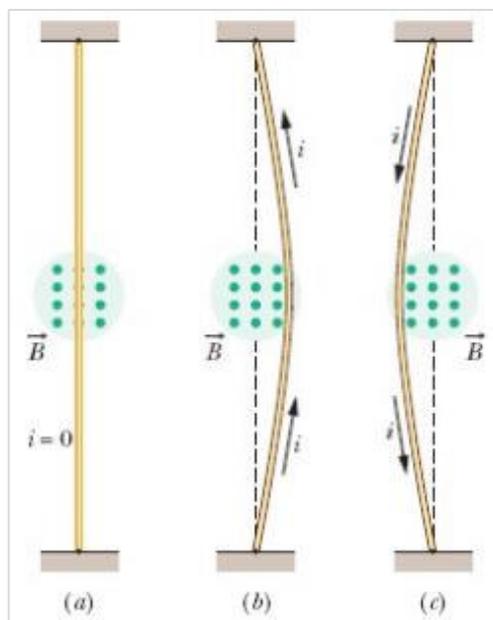
Considerando agora, um fio conduzindo uma corrente em um campo magnético, a lógica básica nos diz que as partículas carregadas deve experimentar uma força defletora quando estiver na presença de um campo magnético. Se as

---

<sup>4</sup> Hendrik Lorentz, (1853-1928), foi um físico teórico holandês que desempenhou um papel significativo no desenvolvimento da teoria do elétron. Para a consideração da força sobre um condutor conduzindo corrente em uma região de campo magnético perpendicular ao condutor como sendo a força sobre as partículas responsáveis pela corrente, denomina-se de força de Lorentz (RIBEIRO, 2008, p.22).

partículas carregadas estiverem presas no fio quando a força atuar, logo o próprio fio, é defletido devido à ação de uma força, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Força magnética sobre um fio conduzindo uma corrente



Legenda: Um fio flexível passa entre os polos de um ímã. (a) Quando não há corrente, o fio não se encurva para nenhum lado. (b) Quando há uma corrente para cima, o fio se encurva para a direita. (c) Quando há uma corrente para baixo, o fio se encurva para a esquerda. Fonte: Halliday, 2016.

Se o sentido da corrente for invertido, a força defletora atuará em sentido contrário. Se a corrente é perpendicular às linhas de campo, a força se tornará mais intensa. A corrente consiste em partículas carregadas movendo-se com velocidade  $\mathbf{v}$  ao longo do fio. Cada carga sente a força transversa, conforme a Equação (1):

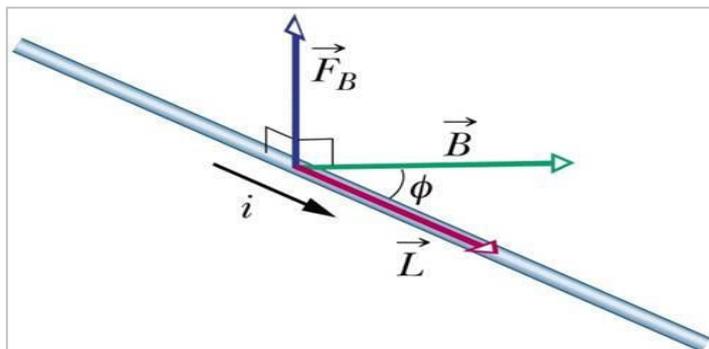
$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} .$$

A força infinitesimal é dada por

$$d\mathbf{F} = dq \mathbf{v} \times \mathbf{B} . \quad (5)$$

Considerando uma seção  $d\mathbf{l}$  do fio da Figura 3, onde um fio transportando uma corrente  $i$  faz um ângulo  $\varphi$  com o campo magnético  $\mathbf{B}$ .

Figura 3 - Força magnética em um segmento de fio



Legenda: Um fio percorrido por uma corrente  $i$  faz um ângulo  $\phi$  com um campo magnético  $\vec{B}$ . O fio tem um comprimento  $L$  e um vetor comprimento  $\vec{L}$  (na direção da corrente). Uma força magnética  $\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}$  age sobre o fio. Fonte: Halliday, 2016.

Os elétrons, nesta seção do fio, irão deslocar-se numa velocidade  $d\vec{l}/dt$ , transportando uma carga dada por

$$dq = idt. \quad (6)$$

Substituindo esse valor na Equação (5), temos

$$d\mathbf{F} = idt \left( \frac{d\mathbf{l}}{dt} \times \mathbf{B} \right) \Rightarrow d\mathbf{F} = id\mathbf{l} \times \mathbf{B}. \quad (7)$$

A força infinitesimal na seção  $d\mathbf{l}$  pode ser escrita como

$$dF = idlB\text{sen}\varphi, \quad (8)$$

na qual  $\varphi$  é o ângulo entre a direção do segmento do fio  $d\mathbf{l}$  (direção da corrente) e a direção do campo magnético  $\mathbf{B}$ .

E qual seria então, a força magnética sobre o fio inteiro. Nesse caso

$$\mathbf{F} = \int_{\text{fio}} d\mathbf{F} = \int_{\text{fio}} i d\mathbf{l} \times \mathbf{B}. \quad (9)$$

Se ocorrer o caso do campo magnético  $B$  ser uniforme e o fio ter um comprimento finito, a Equação (9) pode ser resumida a

$$\mathbf{F} = i \mathbf{L} \times \mathbf{B}. \quad (10)$$

E se imaginarmos um caminho fechado e o campo magnético  $\mathbf{B}$  uniforme, a força que age no circuito é por definição

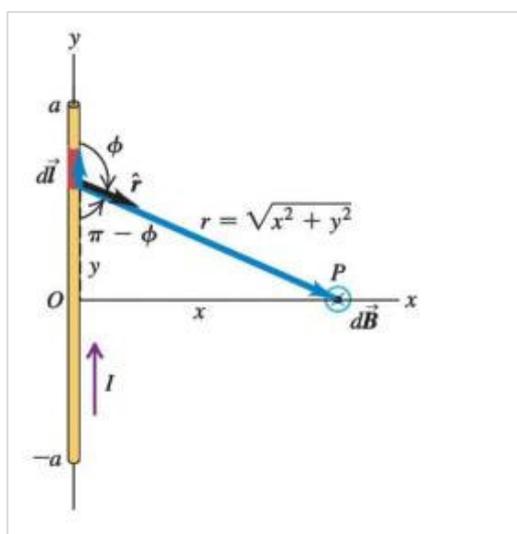
$$\mathbf{F} = \oint i d\mathbf{l} \times \mathbf{B} = 0. \quad (11)$$

É importante observar que a equação que fornece a força magnética no fio, devido a um movimento de cargas nele contidas, não depende da quantidade de cargas carregadas por cada uma das partículas.

## 2.4 O campo magnético de uma corrente elétrica

A partir da observação de Hans Christian Oersted da deflexão de uma bússola na proximidade de um fio com corrente elétrica, dois físicos franceses, Jean-Baptista Biot e Félix Savart, foram incentivados a formularem uma equação que permitia calcular a intensidade do campo magnético gerado em um ponto  $P$  a uma distância  $r$  de um elemento de comprimento  $d\mathbf{l}$  em um fio por onde se passa uma corrente elétrica  $i$ , conforme a Figura 4.

Figura 4 - Campo magnético produzido por um fio retilíneo de comprimento  $2a$



Legenda: No ponto  $P$ , o campo  $d\vec{B}$  produzido por cada elemento do condutor possui sentido para dentro da página, como o campo total  $\vec{B}$ . Fonte: Young & Freedman, 2015.

Considerando uma carga  $dq$ , que se move com uma velocidade  $\mathbf{v}$  no fio, então, escreve-se  $d\mathbf{B}$  usando a expressão

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq \mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}. \quad (12)$$

Uma carga em movimento no fio define uma corrente, que podemos escrever como

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (13)$$

Se a carga  $q$  tem velocidade  $\mathbf{v}$ , no intervalo  $dt$ , ela vai andar um elemento  $d\mathbf{l}$ , que tem a direção do fio. Escrevendo a velocidade como

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{l}}{dt}. \quad (14)$$

E substituindo (13) e (14) em (12), obtemos o campo  $d\mathbf{B}$  produzido por cargas em movimento, que é dado pela Equação 15, denominada **Lei de Biot-Savart**:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}, \quad (15)$$

na qual  $\mu_0$  é uma constante de proporcionalidade, chamada de constante magnética (permeabilidade do espaço livre), a qual, por definição, tem o valor

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{T} \cdot \text{m}/\text{A}. \quad (16)$$

O valor do campo  $d\mathbf{B}$  é proporcional ao seno do ângulo  $\theta$  formando entre as direções dos vetores  $d\mathbf{l}$  e  $\mathbf{r}$ . Assim, o campo será máximo se  $\theta = \pi/2$  (perpendicular) e nulo se  $\theta = 0$  (paralelo).

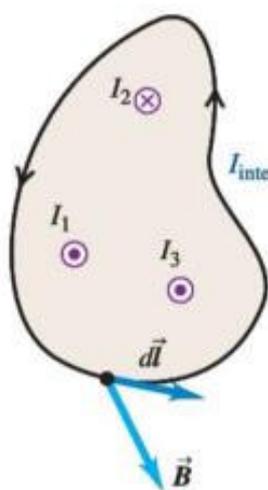
## 2.5 O campo magnético de uma corrente estacionária

Os resultados de Oersted foram apresentados em 1820 numa reunião da Academia de Ciências da França, em Paris. O jovem físico André Marie Ampère assistiu a apresentação e, imediatamente após, deu início a uma série de experiências belíssimas, entre elas, uma que propôs que as correntes elétricas fossem as fontes de todos os fenômenos magnéticos, cujo primeiro resultado, anunciado uma semana depois, dizia respeito à interação magnética entre fios transportando correntes paralelas. Ampère foi chamado por Maxwell de “o Newton da Eletricidade” (NUSSENZVEIG, 1997).

Para o cálculo do campo magnético devido a uma distribuição de corrente, utilizamos a Lei de Biot-Savart. Mas existe uma outra lei, denominada **lei de Ampère**, que permite resolver com rapidez e com um esforço consideravelmente menor, o cálculo de um campo magnético quando a distribuição de corrente elétrica apresenta um alto grau de simetria.

Então, é possível calcular o campo magnético total associado a qualquer distribuição de correntes escrevendo o campo magnético elementar  $d\mathbf{B}$  produzido por um elemento de corrente  $id\mathbf{l}$  e somando as contribuições de todos os elementos de corrente, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Aplicação da lei de Ampère, plano da curva vista de cima



Legenda: Quando calculamos a integral de linha do campo magnético em torno de uma curva fechada, o resultado equivale a  $\mu_0$  vezes o total da corrente. Fonte: Young & Freedman, 2015.

A Figura 5 mostra a seção transversal de um fio retilíneo que atravessa o plano da página perpendicularmente a ele. Cada linha de  $\mathbf{B}$  é uma curva fechada e

sua determinação pode ser feita em termos de sua circuitação, ou seja, fazendo a integral de linha desse campo num caminho fechado (HALLIDAY, 2016). Então,

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \oint_C B dl \cos \theta . \quad (17)$$

Para o caso do campo produzido por um fio, fazemos

$$dl \cos \theta = r d\varphi , \quad (18)$$

em que  $\varphi$  é o ângulo infinitesimal e  $r$  é raio local do campo  $\mathbf{B}$ . Assim,

$$\oint_C B dl \cos \theta = \oint_C B r d\varphi = \int \frac{\mu_0 i}{2\pi r} r d\varphi = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int d\varphi . \quad (19)$$

Num caminho fechado, onde  $\varphi = 2\pi$ , temos

$$\frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_{2\pi} d\varphi = \mu_0 i . \quad (20)$$

Assim,

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i . \quad (21)$$

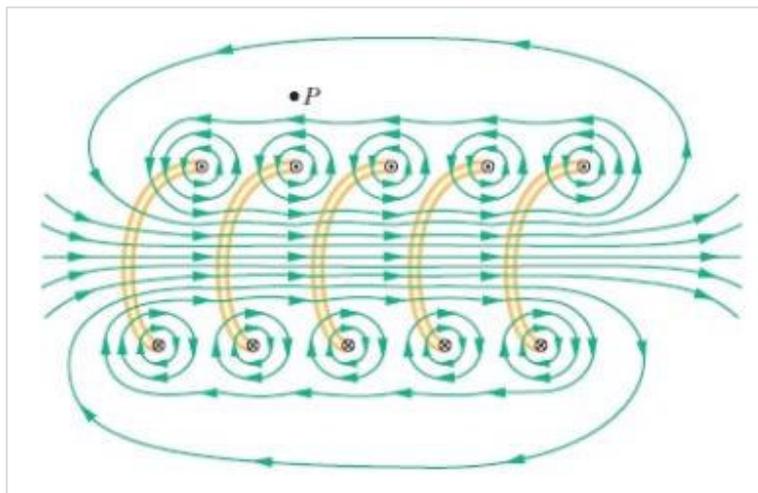
A Equação (21) é chamada de lei de Ampère. A corrente  $i$  é a corrente total envolvida pela curva fechada.

## 2.6 Campo Magnético em um Solenoide

Uma situação com um alto grau de simetria, em que o uso da lei de Ampère se mostra útil, é o cálculo do campo magnético criado pela corrente numa longa bobina de fio enrolado numa espira justa, como mostra a Figura 6. Este tipo de bobina é denominado de solenoide (HALLIDAY, 2016). Supondo que o solenoide é muito longo, em comparação com seu diâmetro, as suas linhas de campo internas vão se tornando

mais próximas do paralelo, enquanto que, as suas linhas externas vão se tornando cada vez mais raras. Podemos encontrar a intensidade do campo interno utilizando a lei de Ampère.

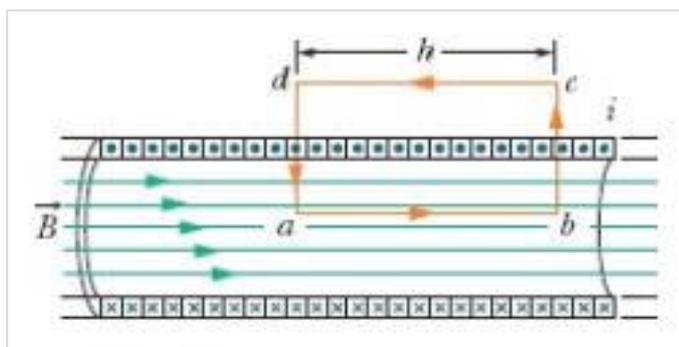
Figura 6 - Seção reta de um trecho de um solenoide percorrido por uma corrente



Legenda: São mostradas apenas as partes traseiras de cinco espiras e as linhas de campo magnético associadas. As linhas de campo magnético são circulares nas proximidades das espiras. Perto do eixo do solenoide, as linhas de campo se combinam para produzir um campo magnético paralelo ao eixo. O fato de as linhas de campo apresentarem um pequeno espaçamento indica que o campo magnético nessa região é intenso. Do lado de fora do solenoide, as linhas de campo são bem espaçadas, e o campo é muito mais fraco. Fonte: Halliday, 2016.

Num cilindro longo, as linhas de campo internas serão quase uniformes, para esse caso, usamos a lei de Ampère com a “curva amperiana retangular *abcd*” mostrada na Figura 7.

Figura 7 - Aplicação da lei de Ampere a uma seção de um solenoide ideal percorrido por uma corrente  $i$



Fonte: Halliday, 2016.

Escrevemos a integral de linha de  $\mathbf{B}$  como a soma de quatro integrais, uma para cada segmento do percurso. Considerando que o caminho contém  $N$  espiras e usando a lei de Ampère, temos

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i.$$

Então,

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_a^b \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_b^c \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_c^d \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_d^a \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}. \quad (22)$$

Destas, somente a primeira produz um valor não nulo. A segunda e a quarta são nulas, pois o campo  $\mathbf{B}$  é perpendicular às linhas de campo e a terceira percorre o lado de fora, onde o campo  $\mathbf{B}$  pode ser desprezado. A integral de linha de  $\mathbf{B}$  nesta curva é simplesmente

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_a^b \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + 0 + 0 + 0 = B h. \quad (23)$$

A corrente líquida  $i$  englobada pela curva amperiana retangular mostrada na Figura 7, não é igual a corrente  $i_S$  do solenoide, pois esse caminho corta mais de uma espira. Sendo  $n$  o número de voltas por unidade de comprimento do solenoide, ou seja,  $n = N/h$ , temos

$$i = i_S (nh). \quad (24)$$

A lei de Ampère torna-se, então

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i \Rightarrow B h = \mu_0 i_S n h. \quad (25)$$

Assim,

$$B = \mu_0 i_S n. \quad (26)$$

A Equação (26) vale com boa aproximação para solenoides reais aplicada somente a pontos internos próximos ao centro da solenoide. Segundo Halliday (2016), essa Equação é consistente com o fato experimental de que  $B$  não depende do diâmetro ou do comprimento do solenoide e de que  $B$  é uma constante sobre a seção transversal do solenoide. Um solenoide fornece uma forma prática de se obter um campo magnético uniforme conhecido para fins experimentais.

Uma bobina conduzindo uma corrente elétrica constitui um eletroímã. A intensidade de um eletroímã pode ser aumentada simplesmente aumentando-se a corrente que flui pelo dispositivo e o número de espiras em torno do núcleo. Eletroímãs industriais têm suas intensidades reforçadas pela introdução de um núcleo de ferro no interior da bobina. Ímãs suficientemente potentes para erguer automóveis são de uso comum em depósitos de ferro velho.

Os eletroímãs não precisam ter núcleos de ferro. Eletroímãs sem núcleos são usados no transporte por levitação magnética, ou trem magnético. A construção de um eletroímã foi o tema da atividade experimental que aconteceu no quarto encontro da Sequência Didática, enquanto que a construção de um trem magnético foi realizada no penúltimo encontro.

## 2.7 Fluxo da Indução Eletromagnética

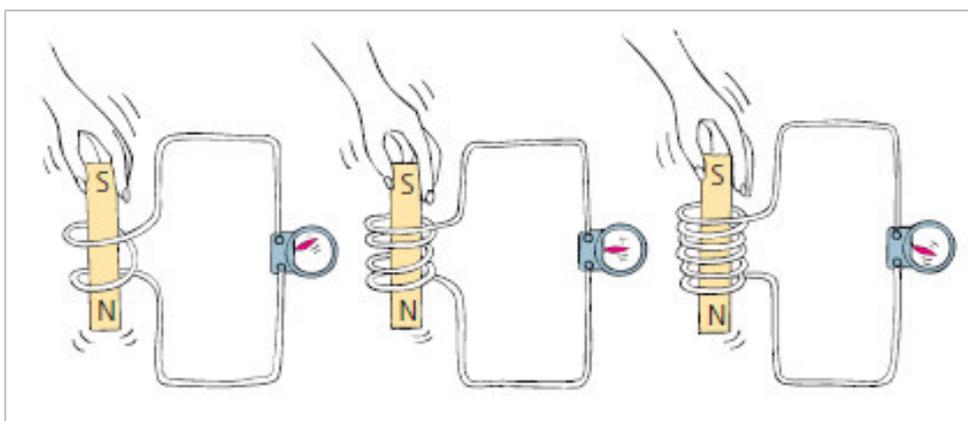
Como vimos na seção 2.1 desse capítulo, Christian Oersted mostrou, em 1820, a produção de campos magnéticos a partir de correntes elétricas. A partir daí, a comunidade científica se perguntava: “se produzimos campos magnéticos a partir de correntes elétricas”, se seria possível mostrar o contrário.

Os físicos Michael Faraday e Joseph Henry descobriram que a corrente elétrica pode ser produzida em um fio simplesmente movendo-se um ímã para dentro ou para fora das espiras de uma bobina. Não foi necessário o uso de bateria ou outra fonte de voltagem – apenas o movimento do ímã em relação à bobina (HEWITT, 2005).

O fenômeno da produção de corrente pela variação do campo magnético em espiras de fio é denominado de indução eletromagnética, e a corrente elétrica produzida é chamada de corrente elétrica induzida. Segundo Hewitt (2005), a corrente é causada, ou induzida, pelo movimento relativo entre um fio e um campo magnético. A indução da corrente ocorre se o campo magnético de um ímã se move próximo a um condutor estacionário, ou se o condutor move-se em um campo magnético estacionário.

Quanto maior for o número de espiras do fio que se movem no campo magnético, maior a corrente induzida, conforme a Figura 8. A indução eletromagnética foi a ferramenta principal para a produção experimental do trem magnético, proposto na sequência Didática.

Figura 8 - Indução de uma voltagem pela variação do campo magnético



Fonte: Hewitt, 2005.

A indução eletromagnética é resumida pela lei de Faraday, a qual estabelece que a corrente induzida em uma bobina seja proporcional ao produto do número de espiras pela área da seção transversal de cada espira e pela taxa com a qual o campo magnético varia no interior das espiras.

Para aplicar a lei de Faraday precisamos saber calcular a quantidade de linhas de campo magnético que atravessa essa espira. Para isso, definimos um fluxo magnético dado por:

$$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}. \quad (27)$$

A unidade de fluxo magnético é a de intensidade de campo magnético multiplicada pela área, ou seja, o tesla-metro quadrado, que é definida por *weber* (Wb):

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2. \quad (28)$$

A força eletromotriz induzida  $\varepsilon$  em uma espira se opõe à variação do fluxo, de modo que, matematicamente, a lei de Faraday pode ser escrita na forma:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}, \quad (29)$$

onde o sinal negativo indica a oposição a que nos referimos.

Se tivermos o fluxo magnético através de uma bobina de  $N$  espiras que sofre uma variação de tempo, uma força eletromotriz é induzida em cada espira e a força eletromotriz total é a soma dessas forças eletromotrizes. Se as espiras da bobina estão muito próximas, o mesmo fluxo magnético  $\Phi_B$  atravessa todas as espiras e a força eletromotriz total induzida na bobina é dada por:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}. \quad (30)$$

E assim, encerramos a seção sobre os tópicos de Eletromagnetismo, pois o intuito deste trabalho é apenas falar sucintamente sobre tais tópicos, deixando um aprofundamento do assunto para os livros didáticos que melhor definem tais assuntos. E como o Ensino de Física é pautado em teorias pedagógicas que direcionam a prática do professor, discutiremos na próxima seção a teoria da aprendizagem significativa na visão de Ausubel e Moreira como fundamentação teórica deste trabalho.

### **3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA**

Quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue estabelecer vínculos substanciais entre as novas aprendizagens e as que já possuímos, ocorre o que Ausubel (1980) chama de aprendizagem mecânica, ou seja, quando as novas informações são aprendidas sem que haja a interação com conceitos relevantes que existem na estrutura cognitiva do estudante (KOCHHANN; MORAES, 2012).

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-litera, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (Ausubel, 1980). A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel (1980) chamava de subsunçor ou ideia-âncora.

#### **3.1 Teorias da Aprendizagem Significativa no Ensino de Física**

Os princípios básicos dessa teoria se alicerçam em descobrir os conhecimentos prévios dos alunos, pré-disposição do aluno para aprender, significância do conteúdo a ser estudado, uso de mapas conceituais ao longo da aprendizagem e outros. É evidente que existem pontos limitadores ou dificultadores ou crenças da aprendizagem significativa, mas, existem também, os pontos facilitadores ou possibilitadores.

##### **3.1.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel**

O pesquisador norte-americano David Paul Ausubel (1918-2008), desenvolveu o conceito de aprendizagem significativa. Para ele, aprender significativamente é ampliar as ideias já existentes na estrutura cognitiva e com isso ser capaz de relacionar e desenvolver novos conceitos.

Para que se entenda mais sobre os quesitos que norteiam uma aprendizagem significativa vamos recorrer a Santos (2008, p. 33): “A aprendizagem somente ocorre se quatro condições básicas forem atendidas: a motivação, o interesse, a habilidade de compartilhar experiências e a habilidade de interagir com os diferentes contextos”. O grande desafio está aí, para ter uma aprendizagem significativa nas escolas requer o desenvolvimento de algumas habilidades que a princípio não se possui.

Por isso que é necessário criar uma identidade mais autônoma nos alunos com relação à aprendizagem significativa através da vinculação do que este já conhece com os novos conhecimentos. É necessário fazer com que os estudantes sejam capazes de realizar essa aprendizagem significativa junto com os professores, ou seja, aprendam a aprender, sendo assim, será mais garantido que ele compreenda mais a ancoragem de novos conceitos com os já existentes (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Como dito antes, uma maneira adequada de ampliar e/ou modificar as estruturas cognitivas do aluno consiste em provocar discordâncias, conflitos cognitivos para que o aluno consiga se reequilibrar e reconstruir o conhecimento (PIAGET, 1997). Sendo assim, é necessária por parte do sujeito uma participação ativa em sua atividade de reestruturação, o que supõe sua participação ativa na absorção do conhecimento. Ausubel, é um dos principais representantes do cognitivismo, também chamada de a *psicologia da cognição*, que busca descrever os passos de uma pessoa quando ela se localiza e passa a organizar o seu mundo de acordo com a sua realidade. Essa psicologia preocupa-se com o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição, e tem como objetivo identificar os padrões estruturados dessa transformação (MOREIRA, 1982).

Para Ausubel (1980), aprendizagem é a organização e integração do conteúdo na estrutura cognitiva. Essa estrutura guarda todas as ideias de um indivíduo, e a cada nova informação que surge, ela pode ser apreendida e retida para servir de ponto de ancoragem para novos conhecimentos. Significado, segundo Ausubel, é o conteúdo que se desenvolve como um produto da aprendizagem simbólica significativa após ter sido relacionado à estrutura cognitiva, e pode ser relacionado para o aprimoramento dos novos conhecimentos.

Em uma visão cognitiva de aprendizagem, Ausubel, define dois tipos básicos de aprendizado: a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa. Segundo

ele, quando um novo conhecimento é adquirido sem uma relação com os conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva, o processo se torna mecânico, baseado na memorização, sendo incorporado de forma arbitrária e sem conexão com outras vivências.

No ensino mecânico, as novas informações são adquiridas sem uma interação com um conhecimento prévio relacionado, levando o estudante a decorar fórmulas e leis, sem observar se possui uma aplicação com o seu dia a dia, sendo necessário apenas decorá-lo, esquecendo o conteúdo em poucos dias, ou até que passe o período de avaliações (PRAIA, 2000).

A Aprendizagem Mecânica ocorre com a incorporação de um conhecimento novo de forma arbitrária, ou seja, o aluno precisa aprender sem entender do que se trata ou compreender o significado do porquê. Essa aprendizagem também acontece de maneira literal, o aluno aprende exatamente como foi falado ou escrito, sem margem para uma interpretação própria (BRAATHEN, 2012).

Ausubel (1980), psiquiatra norte-americano, que dedicou vinte e cinco anos à psicologia educacional, afirmou que a aprendizagem ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos já presentes nas experiências de aprendizado anteriores e, por isso, o fator mais importante que influencia na aprendizagem consiste no que o aluno já sabe. É a partir desse ponto de apoio, que deve decorrer a aprendizagem dos novos conceitos. Ou, como resume Moreira (2006, p. 38), "(...) a aprendizagem significativa é o processo por meio do qual novas informações adquirem significado por interação (não associação) com aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva". É importante ressaltar que o novo conteúdo deve ser significativo e que o aluno manifeste disposição para aprender.

De acordo com a teoria de Ausubel (apud MASSINI; MOREIRA, 1982), quando a aprendizagem significativa não se efetiva, o aluno utiliza a aprendizagem mecânica, isto é, "decora" o conteúdo, que não sendo significativo para ele, é armazenado de maneira isolada, podendo inclusive esquecê-lo em seguida. Por outro lado, na significativa, a aprendizagem de um novo conhecimento se relaciona com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, a um conhecimento prévio, que interage de forma significativa com esta nova informação apresentada, a qual Ausubel (1980) define como conceitos subsunçores ou, simplesmente, subsunçores.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem apreende. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado (MOREIRA, 1982).

Para o desenvolvimento de conceitos subsunçores, Ausubel sugere o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem. A justificativa para o uso dos organizadores prévios vem do fato de que as ideias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz podem não ter a relevância e o conteúdo suficientes para estabelecerem ligações com as novas ideias introduzidas pelo material de instrução. Nesse caso, o organizador prévio faz o papel de mediador e também faz a alteração das ideias preexistentes, preparando-as para o estudo do material posterior (RIBEIRO, 2012).

Para Ausubel, um dos principais problemas da aprendizagem dos alunos consiste na aquisição de um corpo organizado de conhecimento e na estabilização de ideias inter-relacionadas que constituem a estrutura da disciplina. Ele sugere um método que facilite a passagem da estrutura conceitual para a estrutura cognitiva do aluno, onde os mapas conceituais surgem como um instrumento útil nesse processo de aprendizagem. Segundo Moreira (2010), os mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa, apesar de Ausubel nunca ter mencionado em sua teoria.

### 3.1.2 Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira

Os conhecimentos prévios podem ser informais ou formais. Informais são os conhecimentos que o educando adquire em sua convivência com seus pais, amigos, comunidade, entre outros ambientes. Por outro lado, os conhecimentos formais são adquiridos na escola e fazem parte dos pré-requisitos dos conteúdos a serem ensinados pelo professor em aulas futuras. Atualmente, as informações adquiridas pelos meios de comunicação e, principalmente, pela internet que possui uma grande rapidez de transmissão, permite que tais informações sejam feitas por meio das tecnologias disponíveis, como computadores, tablets e smartphones. Isso facilita ao aluno pesquisar sobre qualquer tema discutido em sala de aula de forma antecipada ou mesmo posterior a aula.

Nesse sentido, a internet torna-se uma ferramenta de pesquisa que pode contribuir fortemente para o desenvolvimento do educando na prática experimental. Ou seja, todo e qualquer conteúdo teórico sobre o Eletromagnetismo ensinado em sala pode ser revisto em vídeo aulas na internet, por exemplo. Pois, é preciso que a teoria que envolve o Eletromagnetismo esteja bem definida pelo professor e bem entendida pelo aluno porque esse é o conhecimento prévio necessário para a prática experimental a ser realizada.

Portanto, é preciso que se tenha um ambiente favorável ao desenvolvimento de práticas pedagógicas pelo professor e este ambiente deve ser de responsabilidade da escola, que não pode se abster ou continuar ancorada ao ensino tradicional<sup>5</sup>. Não se pode também esquecer, que é de incumbência da escola promover meios para inserir o aluno no mundo globalizado de maneira a formar um cidadão crítico (LDB, 1996). Isso se faz necessário para que tenhamos uma sociedade consciente, quer seja politicamente ou civilizadamente, que possa reivindicar aquilo que lhes é de direito perante os gestores, autoridades administrativas, políticas, jurídicas, civis ou qualquer outra que seja, logicamente, não devemos esquecer que todos temos também nossos deveres perante a sociedade, as leis e a comunidade.

Nesse sentido, a escola deve embasar-se no princípio de aprender a aprender e para isso deve desconstruir para construir o saber (NOVAK, 1984). A exemplo do que acontece com o conhecimento prévio do educando, que pode ser aproveitado para que o mesmo possa construir o conhecimento científico, toda via, caso este conhecimento empírico seja empecilho para a aquisição de um novo conhecimento, o mesmo deverá ser desconstruído dando lugar a nova construção do saber. Segundo o que afirma Moreira:

Para aprender de maneira significativa, é fundamental que percebamos a relação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento. Porém, na medida em que o conhecimento prévio nos impede de captar os significados do novo conhecimento, estamos diante de um caso no qual é necessária uma desaprendizagem (MOREIRA, 2005, p. 95).

Concordando com o que afirma o professor Moreira, podemos ter a situação hipotética do aluno que ao buscar o conhecimento da Física Quântica é necessário se

---

<sup>5</sup> O método tradicional de ensino trazia em sua essência o autoritarismo total na figura do professor, cuja função se define como a de vigiar e aconselhar, corrigir e ensinar a matéria, estabelecendo uma relação vertical entre professor e aluno, impossibilitando assim qualquer espaço que o aluno pudesse se “impor”, explicitar o seu modo de entender o mundo (BULGRAEN, 2010).

desfazer de muitos, se não quase todos, os pensamentos da Física Clássica, caso contrário, o pensamento prévio da Física Clássica pode ser empecilho para que o aluno entenda a abstração dos pensamentos da Mecânica Quântica. Enquanto aquela, afirma o absolutismo do espaço e do tempo, esta, desprende-se de tais afirmações, pois se assim não o fizer, não terá sentido e muito menos conseguiria ser desenvolvida. Neste ponto, ocorre a desconstrução, a desaprendizagem do conhecimento prévio, para a aquisição de novos conhecimentos dentro da Física Quântica, conhecimentos estes, que trouxeram um grande salto tecnológico para a humanidade.

Da mesma forma, não adianta a busca pelo conhecimento sem que haja significado e utilidade para o educando. É preciso mostrar o significado das coisas estudadas, contextualizando aquilo que se deseja ensinar, levando o aluno pelo caminho da autoria, da construção, da formação de cidadania crítica em que o indivíduo pode mudar a sua maneira de pensar e, assim, mudar a sua comunidade. Neste contexto, o professor Moreira (2006, p. 88-97), discute os pilares da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, como se segue:

- 1. Princípio da interação social e do questionamento:** Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas. Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica.
- 2. Princípio da não centralidade do livro de texto:** Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais. Não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos.
- 3. Princípio do aprendiz como perceptor/representador:** A questão é que o aprendiz é um perceptor/representador, i.e., ele percebe o mundo e o representa. Quer dizer, tudo que o aluno recebe ele percebe.
- 4. Princípio do conhecimento como linguagem:** Aprendê-la de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo.
- 5. Princípio da consciência semântica:** Tomar consciência de que o significado está nas pessoas, não nas palavras.
- 6. Princípio da aprendizagem pelo erro:** buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo através de sua superação.
- 7. Princípio da desaprendizagem:** Desaprendizagem tem aqui o sentido de esquecimento seletivo. Aprender a desaprender, é aprender a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e libertar-se do irrelevante, i.e., desaprendê-lo.
- 8. Princípio da incerteza do conhecimento:** Este nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana.

**9. Princípio da não utilização do quadro-de-giz:** O uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica.

A visão do professor Moreira complementa a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, mostrando uma visão contemporânea do aprendizado que dinamiza-se com as transformações da sociedade e o avanço das tecnologias e experimentações. O aluno, ponto central defendido pela teoria, está inserido na sociedade, cabe ao educador mostrar uma perspectiva de mundo para que o discente, que convive nessa sociedade, possa saber o que assimilar e o que deixar de assimilar para ter uma formação crítica e cidadã, que o leve a conquistar o verdadeiro caminho da autoria e autonomia do pensar. Como afirma o professor Moreira:

Também dentro de uma óptica contemporânea, é importante que a aprendizagem significativa seja também crítica, subversiva, antropológica. Quer dizer, na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente. Ao mesmo tempo que é preciso viver nessa sociedade, integrar-se a ela, é necessário também ser crítico dela, distanciar-se dela e de seus conhecimentos quando ela está perdendo rumo (MOREIRA, 2006, p. 11).

Sair da zona de conforto é sempre difícil para todos, mas é preciso deixar falar mais alto o amor pela arte de ensinar e de aprender. Nesse sentido, a escola deve ter uma visão mais ampla e decidir-se por atitudes concretas para que haja mudança no ensino e na aprendizagem. O professor deve ser um facilitador do aprendizado e pesquisador de mecanismos e métodos que torne sua prática pedagógica o caminho para ser seguido pelo educando. O aluno, ponto central desse aprendizado, deve dispor-se a buscar o conhecimento de forma crítica com a liberdade da autoria e autonomia do pensar e com o empenho do querer aprender, sabendo que para que isso aconteça, será preciso aprender a aprender, a desconstruir e a construir seus conhecimentos prévios ou subsunçores. Uma forma de sintetizar o conhecimento adquirido e ancorá-lo a um novo conhecimento é a utilização de mapas conceituais, desenvolvidos por Novak na década de setenta. A elaboração de mapas conceituais pelos estudantes, englobando o conteúdo estudado, foi solicitado no decimo encontro da sequência didática.

### 3.1.3 A Abordagem dos Mapas Conceituais de Novak

O mapeamento conceitual, técnica criada nos anos setenta por Joseph Novak (1984), é um método que encontra e mostra significado para os conteúdos de estudo, funcionando como uma estratégia que estimula de forma organizada os materiais de estudo.

Segundo Moreira (2006), em um sentido amplo, mapas conceituais são apenas diagramas indicando relações entre conceitos. Podemos dizer que, um mapa conceitual é uma representação gráfica de conceitos significativos. Esses gráficos indicam as relações entre os conceitos que seguem uma hierarquia, no qual o conceito geral deve ser apresentado no início para que possa servir de âncora conceitual para os conceitos específicos. O uso de setas serve para dar direção a certas relações conceituais.

Os mapas conceituais podem conter uma, duas ou mais dimensões. Diagramas unidimensionais são os mais simples, pois apresentam somente uma visão limitada, de forma linear e vertical dos conceitos abordados. Os bidimensionais, por apresentar ligações verticais e horizontais, permitem uma representação mais variada das relações entre os conceitos de um conteúdo. Evidentemente, quanto maior o número de dimensões um mapa conceitual possuir, maior será a relação entre as estruturas da disciplina, pois permitirá uma maior inclusão de outros conceitos.

Na sala de aula, o professor pode usar o recurso dos mapas conceituais para: simplificar conceitos complexos, estabelecer ligações entre os conceitos, identificar conceitos chaves, resolver problemas, reforçar a compreensão e a aprendizagem dos alunos, planejar o estudo e escrita de trabalhos (resumos e relatórios), identificar conceitos não compreendidos e auxiliar no processo de avaliação (MOREIRA, 2006).

Na construção do mapa conceitual, o estudante é orientado a partir de objetivos pretendidos e o procedimento para que sejam atingidos. Esses mapas mostrarão as diferentes formas de aprendizado de uma mesma turma. O professor estará avaliando todo o processo, sempre dando ênfase aos conceitos mais relevantes do conteúdo. Na possibilidade de auxiliar o processo de observação formativa, o professor pode solicitar explicações, escritas ou orais, de itens ausentes nos mapas apresentados.

A teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por Ausubel (1980), procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação

ao aprendizado e à estruturação do conhecimento (PRÄSS, 2012, p. 28). Isso ocorre quando ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva com conhecimentos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. De maneira simplista quanto mais sabemos mais aprendemos, porque o que mais influência na aprendizagem é o que o aluno já sabe, ou seja, sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem Significativa é influenciada por fatores internos e externos, matéria esta já citada por diversos educadores, que exemplificam os fatores afetivos e cognitivos como fatores internos, pois ancora, por subordinação, novas ideias, principalmente levando em consideração a pré-disposição do aluno em aprender significativamente, relacionando o material de maneira consistente e não arbitrária, e não de forma mecânica, forma essa ainda difundida em algumas escolas tradicionalistas, e até hoje muito utilizada como forma de aprendizagem.

Um dos principais fatores externos, segundo Ausubel, está relacionado ao papel dos professores na proposição de situações que favoreçam a aprendizagem. O conteúdo a ser ensinado deve ser potencialmente significativo. Segundo Viana (2011), o conteúdo deve possuir significado lógico ou potencial, isto é, os elementos que o compõem devem estar organizados em uma estrutura e não apenas sobreposto de forma arbitrária. Além da organização do conteúdo a ser aprendido,

É preciso que as conexões entre os temas sejam explicadas aos estudantes, de modo a facilitar a percepção da estrutura conceitual a ser aprendida. Para facilitar o estabelecimento de relações significativas entre os termos aprendidos, é importante acrescentar que a aquisição de um vocabulário específico deve acontecer de forma progressiva (VIANA, 2011, p.5).

Como a teoria ausubeliana discute os princípios didático-metodológicos de sala de aula é necessário entender a importância de se realizar uma análise conceitual do conteúdo a ser ministrado para então planejar as metodologias. Outro detalhe é o cuidado para não sobrecarregar o aluno com informações sem muita necessidade, pois isso pode dificultar sua organização cognitiva, segundo Moreira, Caballero e Rodriguez (1997). Assim, para evitar informações desnecessárias é preciso que o professor faça a análise conceitual do conteúdo.

Essa análise conceitual do conteúdo se inicia com o entendimento do que vai ser ensinado e que muitas questões do currículo precisam ser questionadas, pois é preciso pensar no aluno e em sua disponibilidade cognitiva, pois como discute Moreira, Caballero e Rodriguez (1997, p. 26) “De nada adianta o conteúdo ter boa

organização lógica, cronológica ou epistemológica, e não ser psicologicamente aprendível”.

Além disso, é preciso escolher as metodologias adequadas e alinhadas aos subsuores dos alunos, partir de uma visão geral para o específico, fazer uma lista de palavras ou principais conceitos para introduzir o conteúdo, elaborar atividades de sala e avaliações que propiciem o envolvimento no aluno com clareza de sua relevância. Moreira (1982) com base nas propostas de Postman e Weingartner, os quais se alicerçam em Ausubel, para apresentarem estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa, discute estas estratégias.

Dessa forma, Moreira (1982) discute oito estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa da qual deve compor a postura didático-metodológica do professor, sendo a interação social e o questionamento, descentralidade do livro, aprendiz perceptor/construtor, linguagem clara, consciência semântica, erro, desaprendizagem e incerteza do conhecimento.

Cachapuz (2000, p. 67) aponta que “Não é demais salientar a importância atual de uma reflexão educacional” discutindo que existem muitas dificuldades para a aprendizagem significativa, como a sobrevalorização dos saberes conceituais, organização hierárquica dos conceitos mentais, não atribuir relevância as habilidades e competências individuais e a ausência de problematização entre a aprendizagem e o desenvolvimento.

Concordando com Moreira (1982) e Cachapuz (2000), mediante as estratégias facilitadoras e as limitações da aprendizagem significativa é necessário que ocorra primeiro uma ruptura epistemológica para então ocorrer didática e metodologicamente. Segundo Bachelard (2000), as linhas de rupturas situam-se no momento em que as ideias deixam de ser unicamente teóricas, para possuírem, também, contextos experimentais, e dessa forma, contribuir para uma aprendizagem na qual, as teorias são colocadas à prova, completando o seu significado. A observação científica é sempre uma observação polêmica;

Ela confirma ou infirma uma tese anterior. Naturalmente, a partir do momento em que se passa da observação à experimentação, o caráter polêmico do conhecimento torna-se ainda mais nítido. (BACHELARD, 2000, p.16).

Portanto, a postura do professor deve ser de atualizar-se epistemológica, didática e metodologicamente. Cachapuz (2000) apresenta três questões que mostram a dificuldade do professor para alcançar essa atualização, sendo à falta de

segurança para correr o risco de transgressões teóricas, o enquadramento teórico e a índole metodológica do professor.

### **3.2 As Sequências Didáticas como Metodologia no Ensino de Física**

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, que visa o estudo de tópicos de Eletromagnetismo, foi utilizada uma sequência de ações e conteúdos que tem como finalidade, contribuir para uma melhor aprendizagem do aluno, denominada Sequência Didática.

Podemos definir uma Sequência Didática com sendo um conjunto de atividades interligadas de modo que as etapas são planejadas com a finalidade de atingir determinado objetivo didático (ZABALA, 1998). É planejado em torno de um assunto específico, onde os conceitos são ordenados de forma a aprofundar o tema, utilizando várias estratégias de ensino, podendo envolver outros componentes curriculares.

No planejamento de uma sequência didática, observa-se a semelhança com um plano de aula, entretanto, por abordar estratégias diversas de ensino e aprendizagem, a sequência tornou-se muito mais ampla que o plano, além de poder se trabalhar por vários dias.

Na organização de uma sequência didática, é definida se a proposta é trabalhar um só conteúdo ou um conjunto de conteúdos alinhados com um determinado tema gerador<sup>6</sup>. A partir dessa definição, estabelecemos as etapas, assim como as ferramentas a serem utilizadas. Pode-se citar, por exemplo, o tema estabelecido para esse estudo, que é o Eletromagnetismo, que pode ser abordado como um conteúdo só, mas foi feita a opção de se trabalhar a parte do magnetismo, desde a descoberta do ímã e suas propriedades até sua junção com a Eletricidade, aproveitando os conhecimentos prévios dos alunos.

Após a definição do conteúdo, escolheu-se o modelo de sequência didática a ser utilizada, levando-se em consideração os objetivos que o professor pretendeu alcançar. Os objetivos, independentemente da escolha do modelo, são baseados nos

---

<sup>6</sup> O tema gerador de ensino é uma proposta metodológica fundamentada na teoria dialética do conhecimento de Paulo Freire, na qual, defende que a escola pode deixar de ser campo de reprodução para ser agente de transformação da realidade. (SILVA, 2004)

seguintes princípios didáticos defendidos por Zabala (1998, p. 63-64), nos quais existem atividades:

- a) que nos permitam determinar os conhecimentos prévios que cada aluno tem em relação aos novos conteúdos de aprendizagem (...);
- b) cujos conteúdos são propostos de forma que sejam significativos e funcionais (...);
- c) que possamos inferir que são adequadas ao nível de desenvolvimento dos alunos;
- d) que represente um desafio alcançável para o aluno (...);
- e) que provoque um conflito cognitivo e promovam a atividade mental do aluno (...);
- f) que promovam uma atitude favorável, quer dizer, que sejam motivadoras (...);
- g) que estimule a auto-estima e o auto-conceito em relação às aprendizagens (...);
- h) que ajude o aluno a adquirir habilidades relacionadas com o aprender a aprender (...).

O professor pode, a partir de uma sequência didática, articular seu trabalho de modo a intervir, a qualquer momento, para melhoria no processo de ensino e aprendizagem, possibilitando, segundo Zabala (1998), um exame dos diferentes conteúdos e até alguma conclusão sobre a necessidade de insistir, modificar ou ampliar estas sequências com outras atividades. Essa postura permite, que o docente que possua alguma deficiência em determinado conhecimento, possa ter a possibilidade de adquiri-lo durante a preparação do conteúdo a ser ministrado e ofereça uma situação para que o estudante passe a ter uma postura reflexiva, se tornando peça importante do processo de aprendizagem.

Numa sequência didática, os ensinamentos dos conteúdos procedimentais levam em consideração as atividades investigativas, e necessita de uma dedicação a mais de tempo, pois a adaptação que se deve fazer das considerações gerais da aprendizagem significativa é bem mais complexa. Através dessa investigação, o aluno aprende, pois é levado a colocar a mão na massa para descobrir para que sirva e que função tem.

Uma atividade investigativa deve conter um questionamento ou uma problematização inicial, para que o diálogo que venha a surgir seja fundamental para a elaboração de um novo conhecimento. Não se deve colocar o aluno somente para manipular ou observar o fenômeno, e sim colocá-lo dentro do contexto científico, fazendo-o refletir, discutir, explicar e relatar o que está acontecendo. Isso desmistifica o paradigma de que o professor somente reproduz o conhecimento que está nas páginas do livro didático. E, para Zabala:

(...) a partir de nossas propostas de trabalho aparecem para os alunos diferentes oportunidades de aprender diversas coisas, e para os professores, uma diversidade de meios para captar os processos de construção que eles edificam, de possibilidades de neles incidir e avaliar. Que os diferentes conteúdos que os professores apresentam aos alunos exigem esforços de aprendizagem e ajudas específicas (ZABALA, 1998, p. 85).

A sequência didática permite antecipar o que será abordado em um tempo que é variável em função do que os alunos precisam aprender e o processo de aprendizagem faz com que o professor faça um monitoramento constante para acompanhar os alunos através de atividades de avaliação do começo ao fim da sequência didática.

### **3.3 A abordagem experimentação como ferramenta de Aprendizagem no Ensino de Física**

Para Gaspar, Monteiro e Castro (2005) é por meio dos experimentos que as ciências encantam e aguçam o interesse das pessoas. O uso de experimentos em sala proporciona aos alunos a comprovação da origem de diferentes possibilidades de aprendizagem na disciplina a ser ministrada, despertado assim no estudante a participação e a curiosidade na discussão da matéria. Percebe-se neste fato, por intermédio dessa metodologia, que o estudante obtém uma aprendizagem eficaz e satisfatória segundo o seu ponto de vista, ou seja, segundo o seu contexto histórico-cultural, resultando assim num aprendizado por intermédio da construção de conhecimento.

A partir da visão experimental o adolescente pode demonstrar o nível de conhecimento em que se encontra. O uso experimental poderá permitir a construção do conhecimento através das dúvidas geradas pelos alunos, obtendo como resultado a evolução da Zona de desenvolvimento proximal, onde através dela o adolescente obtém suas aquisições sobre o assunto abordado (VYGOTSKY, 1987).

O adolescente consegue compreender melhor a realidade do fenômeno físico através do experimento e recria o conceito associando-o com o seu mundo, o mundo que vê pela televisão, ruas, passeios, em que ele se constitui como sujeito. Gradativamente o ensino da Física conquista seu espaço e muda o antigo conceito de ensino, buscando valorizar o adolescente em todos os aspectos: físicos, psíquicos,

social e cultural. Assim, os experimentos podem servir de suporte para a ação didática, visando à aquisição do conhecimento.

A partir da visão experimental, em nossa opinião, o adolescente pode demonstrar o nível cognitivo em que se encontra, além de permitir a construção de conhecimentos obtendo como resultado a evolução da zona de desenvolvimento proximal, onde através dela, o adolescente obtém suas aquisições sobre o assunto abordado. É através dos experimentos que o indivíduo relaciona o fenômeno ocorrido com o mundo que vive e com a cultura em que está inserido, construindo assim sua aprendizagem.

Desta forma, a escola (em especial o professor de ciências) deve facilitar a aprendizagem utilizando-se das atividades experimentais e criar um ambiente científico alfabetizador, com o intuito de favorecer o processo de aquisição da autonomia da própria aprendizagem. O experimento coloca o estudante numa situação de reflexão, ou seja, tudo que existe no cotidiano, na natureza, e nas relações humanas são associadas ao fato ocorrido, assim ocorrem alguns processos de interação entre a aprendizagem e a sociogênese (história da cultura onde o sujeito está inserido) de cada indivíduo (OLIVEIRA, 2010).

É importante levantar a questão que na escola, o adolescente permanece muito tempo sentado em cadeiras duras, salas pouco confortáveis, observando horários e, o que é mais triste para um jovem, impossibilitado de locomover-se livremente. Nota-se a importância da diversificação no ambiente escolar, para que o estudante não tenha empatia da disciplina condicionando-se a uma perda de rendimento na aprendizagem.

Ao inserir o experimento em classe cada aluno interage com os outros alunos, onde o mesmo vai promover a ação. No ensino da Física o uso da atividade experimental permite ainda que o estudante amplie levemente a expressão corporal beneficiando a criatividade. A socialização e a aprendizagem científica, dentre outros aspectos relevantes no desenvolvimento do conhecimento científico, é outro fato importante que pode ser levado em conta na demonstração fenomenológica. Pois, pode proporcionar o conhecimento ao aluno de forma investigativa e abrir oportunidades para novas conclusões na área da Física, que é uma ciência indefinida, no sentido de não ter limites no campo de estudo, formados por teses e teorias não comprovadas inteiramente em alguns pontos.

A atividade experimental é vista como o meio que proporciona ao indivíduo o desenvolvimento científico sobre os fenômenos abordados, explorando a sua capacidade física, intelectual e moral, além de construir a visão individual de cada fato descrevendo a formação do caráter e da personalidade de cada indivíduo, buscando desenvolvê-lo na ciência e na vida social.

Ao comprovar a ação experimental, o aluno sem que perceba, assimila, reorganiza e enfrenta os enigmas, os desafios e as imposições encontradas nas atividades aplicadas (na maioria das vezes em forma de problemas) na disciplina, ocorrendo assim uma evolução no conhecimento e desenvolvendo-se na aprendizagem.

Sabe-se que a aprendizagem é uma forma de adaptação ao ambiente. Desde o nascimento o indivíduo traz consigo a capacidade de aprender, mas só ocorre com a experiência. O ensino da Física deverá proporcionar diversas formas de aprendizado, a mais importante é quanto à participação da ciência na sua vida, para que seja realizada a interação entre o saber científico e o conhecimento, onde se criem esquemas que possibilitem a associação entre a Física e o contexto do seu cotidiano; obedecendo a orientação expressa segundo os PCN'S para o ensino da Física.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário, também, que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional (BRASIL, 1998).

De acordo com o Parâmetro Curricular Nacional, a Física deve ser estudada em um parâmetro de aplicação social e cultural para que os estudantes no processo ensino aprendizagens tenham o conhecimento aproveitado na vida como convivência na sociedade. Por meio da observação do experimento, o observador pode demonstrar capacidades intelectuais, cognitivas e emocionais, tais como: a atenção, a memória, e a imaginação entre outras.

O ato experimental proporcionará uma mudança significativa na consciência científica do indivíduo onde demonstrará uma visão mais próxima da existência da

ciência no mundo; pois, é através da experimentação, em nossa opinião, que a pessoa consegue a interação e interpretação do fenômeno, o que de certa forma é uma maneira de comunicação que gera a aprendizagem.

Portanto, baseada em várias experiências docentes, e analisando os principais problemas encontrados pelos alunos do Ensino Médio, uma das causas mais apontadas está na aprendizagem da disciplina Física, que é vista como uma matéria de difícil compreensão e sem muito significado para o convívio diário. Segundo Ferreira (2013), basicamente, as aulas são ministradas na transmissão e acúmulo de muita informação, que na maioria dos casos, acabam em uma simples resolução de problema ou em uma demonstração originada de uma fórmula matemática, que são propostas pelos docentes. Como resultado dessa prática educacional, os conceitos concebidos pelos alunos não possuem o significado necessário para um questionamento do peso de seu aprendizado.

Tradicionalmente, a Física é vista pelos professores como uma disciplina difícil de ser ensinada e com isso os alunos apresentam desinteresse e dificuldades de aprendizagem dos conteúdos. A sociedade hoje se nega a aceitar um procedimento com aulas exclusivamente expositivas e exigem do professor aulas dinâmicas e criativas que despertem o interesse dos educandos (ALVES, 2005).

Dentre as várias propostas de estratégias diferenciadas para o ensino de Física, uma que vem recebendo muita atenção dos meios de publicações sobre o processo de ensino e aprendizagem, é a estratégia da experimentação estruturada num planejamento de aula. Segundo Villatorre (2009), até mesmo um experimento tradicional e quantitativo pode ser objeto de aprendizagem cognitiva, desde que, através de um planejamento seja transformada em algo importante dentro das estratégias selecionadas pelo professor.

Mas quando se fala em atividade experimental, não podemos utilizar o processo tradicional de experimento, em que ele é concebido de um equipamento pronto, e seguimos um roteiro parecido com as “receitas de bolo da vovó”, direcionando o aluno para o manuseio do aparelho numa coleta de dados.

Essa espécie de procedimento é criticada, pois passa a ideia de ciência construída pela observação dos fatos, podendo-se absorver desse processo a própria realidade. Assim, o trabalho com o experimento torna-se para o aluno uma mera execução de tarefas (VILLATORRE, 2009).

Muitos desses resultados, obtidos pela coleta de dados desses experimentos, servem somente para que leis e teorias físicas já aceitas na comunidade científica sejam comprovadas, conforme são estudados em sala de aula. Para Villatorre (2009), essa atividade isolada de um contexto de reflexão pouco contribui para a aprendizagem por parte do aluno.

Os experimentos propostos nessa sequência didática devem utilizar seus aspectos qualitativos, em que possamos provocar a reflexão do aluno sobre um determinado assunto trabalhado no experimento. A intenção é que o experimento seja colocado como um objeto de problematização, para que a aprendizagem seja significativa, onde a experimentação e a proposta sejam confrontadas e discutida de forma diversa e em diferentes contextos, de preferência entre concepções científicas e conhecimentos prévios dos discentes.

Para que o experimento possa ter o caráter discursivo, ele precisa ser cuidadosamente planejado, onde o professor deve ter uma total clareza sobre o papel da atividade experimental, escolhendo bem os recursos materiais usados e a orientação adotada para os alunos, criando um ambiente de reflexão, e de troca de conhecimentos e opiniões. Ao possuir uma opinião própria, o aluno se apropria de um discurso, levando-o ao processo da argumentação.

Para Villani (2003), a argumentação é uma atividade social, intelectual e de comunicação verbal e não verbal utilizada para justificar ou refutar uma opinião sobre um assunto de ciências. Ela é constituída de um conjunto específico de um ou mais posicionamentos dirigidos para obter a aprovação de um ponto de vista particular por um ou mais interlocutores.

De acordo com Villatorre (2009), o experimento constitui um estímulo à argumentação dos alunos, que se dá quando eles discordam, apoiam e compartilham opiniões, informações e verificações. Ele lembra também a importância da linguagem a ser compartilhada entre professor e aluno, pois é através dela que se estrutura e se mobiliza o pensamento científico.

Para o planejamento de uma aula experimental é importante o enfoque no aspecto qualitativo, mas isso não impede de que, a partir de uma experiência tradicional e quantitativa, não possa ser feita uma modificação em alguns pontos e transformá-la em uma atividade condizente, dentro das estratégias escolhidas pelo professor, contribuindo para reflexões significativas no campo argumentativo.

Segundo Villatorre (2009), para um planejamento é preciso ter em vista: quais são os objetivos do experimento, reforçando a necessidade da inserção da reflexão como um dos objetivos; como atingí-los pela sua aplicação; e como o experimento levará o aluno às pretendidas reflexões.

## 4 O PRODUTO EDUCACIONAL

Esse capítulo discorre sobre a descrição do Produto Educacional intitulado “Uma Sequência Didática para o ensino de tópicos de Eletromagnetismo”, trabalho esse, fundamentado na teoria da Aprendizagem significativa de Ausubel (1980), com abordagem na experimentação investigativa utilizando material de baixo custo.

Uma Sequência Didática é uma maneira organizada de proporcionar o ensino no ambiente escolar através de um conjunto de atividades planejadas e interligadas etapa por etapa, com o objetivo de transformar fenômenos físicos em conteúdos interessantes, permitindo a construção do conhecimento, inserindo o aluno no contexto da discussão (ZABALA, 1998). A utilização da Sequência Didática em aulas experimentais com perspectiva da aprendizagem significativa é uma boa forma de implementar maneiras diferenciadas de ensino que possibilitem uma melhor aprendizagem, sendo possível motivar os alunos na busca por perguntas e respostas sobre o fenômeno abordado. As condições para que essa aprendizagem significativa ocorra é um questionamento que Moreira (2010, p. 7) faz:

Mas se já sabemos o que é aprendizagem significativa, quais são as condições para que ocorra e como facilitá-la em sala de aula, o que falta a nós professores para que possamos promovê-la como uma atividade crítica? Na verdade, nos falta muito. A começar pela questão da predisposição para aprender. Como provocá-la? Muito mais do que motivação, o que está em jogo é a relevância do novo conhecimento para o aluno. Como levá-lo a perceber como relevante é o conhecimento que queremos que construa?

Assim, o trabalho na escola onde será aplicada esta sequência didática, deve iniciar com uma conversa com a gestão escolar juntamente com o núcleo pedagógico para solicitar autorização da aplicação da metodologia, de preferência com a assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido sobre a realização da pesquisa. Além disso, o professor deve explicar a finalidade da pesquisa que utiliza uma proposta de caráter experimental para o ensino e aprendizagem dos alunos.

Esta sequência didática foi proposta como uma estratégia de ensino diferenciado, por meio de experimentos de baixo custo e investiga alguns tópicos de Eletromagnetismo (entre eles, a Força magnética, o Campo magnético e a Indução eletromagnética), com a finalidade de diminuir as dificuldades que os alunos possam ter em relação a compreensão de alguns conceitos físicos, e pode ser aplicada em

uma turma da 3ª Série do Ensino Médio. Nesse sentido, planejou-se a execução da sequência didática em dez encontros, com duas aulas destinadas para cada momento que podem ocorrer no período normal das aulas, seguindo as diretrizes definidas no plano anual da disciplina Física. Além disso, os encontros podem ser realizados na própria sala de aula, caso a escola não possua laboratório experimental.

Os conhecimentos prévios formais necessários para o aluno são os conteúdos da Eletrodinâmica, isto é, o educando já deve ter estudado os conceitos que envolvem desde corrente elétrica até circuitos elétricos. A organização dos encontros está dividida de acordo com o Quadro 1:

Quadro 1 - Quadro geral para proposta de sequência didática utilizada

1º ENCONTRO	Aplicação de questionário para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Eletromagnetismo.
2º ENCONTRO	Realização de atividade experimental investigativa utilizando bússolas e ímãs.
3º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Ímãs e suas propriedades; Campo magnético; Campo magnético terrestre.
4º ENCONTRO	Realização de atividade experimental na construção de eletroímãs.
5º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Características do campo magnético gerado por corrente elétrica.
6º ENCONTRO	Realização de uma atividade experimental na construção de um motor elétrico simples.
7º ENCONTRO	Condução de uma aula expositiva sobre: Força elétrica e Efeito motor.
8º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Indução magnética. Orientação sobre a construção do experimento “Trem magnético”.
9º ENCONTRO	Construção e teste do experimento “Trem magnético”. Orientação sobre a montagem de mapas conceituais contemplando os conteúdos físicos trabalhados na sequência didática.
10º ENCONTRO	Exposição e apresentação da atividade experimental “Trem magnético”.

#### 4.1 Primeiro Encontro

No primeiro encontro, o professor inicia os trabalhos explicando aos alunos toda a estrutura da sequência didática, que parte de um questionário diagnóstico até

as aulas experimentais com perspectivas de uma aprendizagem significativa como forma de implementar maneiras diferenciadas de ensino do Eletromagnetismo.

No primeiro encontro, se explica toda a sistemática da sequência didática que parte de um questionário diagnóstico até as aulas experimentais com perspectivas de uma aprendizagem significativa sobre os conteúdos de tópicos de Eletromagnetismo. Em seguida, aplica-se um questionário diagnóstico cujo objetivo é fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos educandos sobre o Eletromagnetismo. O questionário diagnóstico pode ser aplicado individualmente, em duplas, em trio ou em equipes de quatro componentes. No Quadro 2, encontram-se as questões da avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios a serem respondidas pelos educandos.

Quadro 2 - Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios

1ª)	O que é um ímã? ..... .....
2ª)	Quais materiais são atraídos por um ímã? ..... .....
3ª)	Quais materiais não são atraídos por um ímã? ..... .....
4ª)	O que é uma bússola? ..... .....
5ª)	Para que serve uma bússola? ..... .....
6ª)	Por que a agulha de uma bússola aponta sempre para a região do polo norte Geográfico da Terra? ..... .....
7ª)	O que é um campo magnético? ..... .....

Esse diagnóstico tem como objetivo levantar os conhecimentos prévios dos alunos, e com isso direcioná-los ao nível dos novos conhecimentos e a metodologia experimental que serão explorados nas atividades seguintes. Assim, os discentes podem perceber os aspectos relevantes do ensino e aprendizagem dentro de uma estrutura cognitiva individual. Após o diagnóstico, podem-se trabalhar os conteúdos iniciais do Eletromagnetismo, que trata dos fenômenos magnéticos. E, a partir do

segundo encontro os alunos já possuirão conhecimento suficiente para as primeiras atividades experimentais propostas.

## 4.2 Segundo Encontro

Seguindo com a programação da SD, realiza-se uma atividade experimental de caráter investigativo intitulado de “Introdução ao Magnetismo”. Para essa atividade, o professor deve solicitar a formação de equipes que receberão um *kit* com os materiais a serem utilizados na atividade. O roteiro a ser seguido é exposto no Quadro 3, como segue.

Quadro 3 - Roteiro de atividade 1

<b>Introdução ao Magnetismo</b>	
<b>Objetivo:</b> Construir a ideia de Campo magnético e interação entre campos	
<b>Materiais:</b> Bússolas, ímãs, pregos de ferro, moedas de aço, cliques de aço, lacres de alumínio e fios de cobre.	
<b>Procedimentos e Questionário</b>	
Coloque a bússola sobre a mesa e movimente-a.	
1 <sup>a)</sup>	O que a agulha da bússola apontava?
Utilizando duas bússolas, coloque uma fixa sobre a mesa e movimente a outra em torno da primeira, mantendo-as sempre bem próximas.	
2 <sup>a)</sup>	Uma bússola exerce alguma influência sobre a outra? Como você explica o que foi observado?
Coloque agora um dos ímãs fixo sobre a mesa e movimente a bússola em volta do mesmo.	
3 <sup>a)</sup>	Qual o comportamento da agulha da bússola? Qual a explicação para isso?
4 <sup>a)</sup>	Você notou diferença no comportamento da agulha nas proximidades dos dois lados do ímã? Que diferença foi essa?
5 <sup>a)</sup>	Se há diferença de comportamento entre os lados, dê um nome para cada um deles e identifique-os?
Com os dois ímãs sobre a mesa, aproxime os extremos dos dois ímãs, faça todas as combinações possíveis.	
6 <sup>a)</sup>	Qual a conclusão que você pode tirar do comportamento observado?
Com um kit formado por um ímã, 3 cliques de aço, uma moeda de 10 centavos de real, 3 lacres de latinha de refrigerante de alumínio, 2 pedaços de fio de cobre e 2 pregos de ferro, aproxime o ímã de cada um dos objetos.	

7ª)	Quais objetos foram atraídos pelo ímã?
8ª)	Qual a conclusão que você pode tirar desse comportamento observado?

O objetivo dessa atividade é construir uma ideia de como ocorre a interação dentro de um campo magnético utilizando a prática investigativa. Esse tipo de atividade favorece o processo de ensino e aprendizagem, pois aproxima o cotidiano do aluno à investigação científica. E, pode aguçar o interesse dos alunos aos conteúdos do Eletromagnetismo proposto porque a execução dos experimentos conduz os mesmos a uma reflexão mais aprofundada do fenômeno magnetismo (SEREIA, 2010).

Ao final dos experimentos, o professor deve comunicar que no próximo encontro os conteúdos referentes a essa atividade serão abordados de forma teórica e dialogada, e que podem ser pesquisados no livro didático adotado, livros da biblioteca da escola ou em sites da internet.

### 4.3 Terceiro Encontro

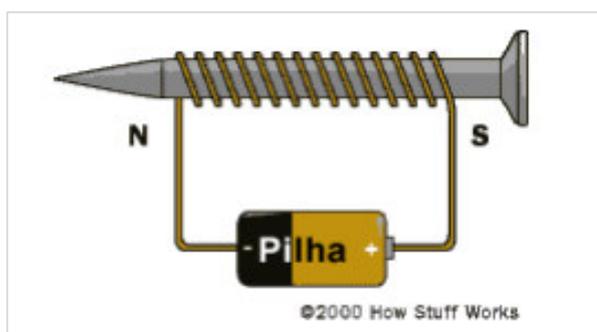
No terceiro encontro, o professor deve ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo “Campo Magnético”, para explicar o surgimento do magnetismo, as características dos ímãs e como se dá a atuação de um campo magnético. A aula deve ser ministrada sempre relacionando as questões abordadas nos questionários propostos anteriormente para aprofundamento do conteúdo estudado pelo aluno, assim, o mesmo ancora os conhecimentos adquiridos durante os experimentos ao novo conhecimento.

Em seguida, o professor pode promover uma roda de discussão para que os estudantes possam comentar seus pontos de vista em relação ao conteúdo e forma de ministração do mesmo, além de expor suas opiniões sobre a proposta inicial da sequência didática. Ao final do encontro, o professor apresenta a proposta do próximo encontro, sugerindo uma pesquisa sobre os eletroímãs, tema do próximo encontro.

### 4.4 Quarto Encontro

A programação da SD segue com a realização de uma atividade experimental investigativa com o título de “Produzindo um eletroímã caseiro”. O roteiro foi elaborado com a colaboração da seção “Atividade prática”, do livro adotado pela escola, Física para o Ensino Médio (YAMAMOTO; FUKU, 2016). O professor deve solicitar que equipes sejam formadas, e em seguida faça a entrega dos materiais a serem utilizados no experimento. Essa tarefa tem como finalidade a observação do campo magnético de um solenoide percorrido por uma corrente elétrica, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Eletroímã caseiro



Fonte: Disponível em: <<http://grupo5-3c.blogspot.com/2011/03/relatorio-eletoima.html>>.

O objetivo dessa experiência é levar o estudante a observar o que acontece com o campo magnético quando um fio condutor em forma de um solenoide é percorrido por uma corrente elétrica. E, quais os elementos influenciam na intensidade com que o eletroímã atrai os utensílios metálicos. O roteiro da atividade encontra-se no Quadro 4, como segue.

Quadro 4 - Roteiro de Atividade 2

<b>Produzindo um Eletroímã Caseiro</b>
<b>Objetivo:</b> Confeccionar um eletroímã simples em sala de aula.
<b>Materiais</b>
Fio condutor de cobre esmaltado; pilha grande comum de 9,0 V; prego de aço grande; lixa; clipes, tachinhas e outros objetos metálicos susceptíveis à atração magnética.
<b>Procedimentos</b>
1. Para fazer o solenoide, enrole o fio condutor em torno do prego feito de aço. Deve-se deixar livre duas pontas do fio condutor de aproximadamente 10 cm de comprimento, para a conexão com a pilha.

2. Lixem as duas extremidades do fio.
3. Ligue as extremidades do fio aos polos da pilha.
4. Aproxime o eletroímã de pequenos objetos metálicos com pesos e tamanhos diferentes para observar a intensidade da força de atração.
5. Aumente o número de espiras (voltas no fio) e observe se o campo magnético aumentou ou diminuiu de intensidade.
6. Retire o prego do interior do eletroímã e repita os procedimentos acima, comparando a sua força de atração com a do eletroímã completo.

#### Questionário

1ª)	O número de voltas dadas no fio da bobina afeta a intensidade com que ele atrai os objetos metálicos?
2ª)	Com o prego no interior da bobina, o que acontece com a intensidade da atração?
3ª)	Este é o instrumento básico para muitos dispositivos eletromagnéticos, por exemplo, a campainha. Com base no que foi descrito nesta atividade, você pode descrever o seu funcionamento?
(4ª)	Quais as aplicações práticas dos eletroímãs?

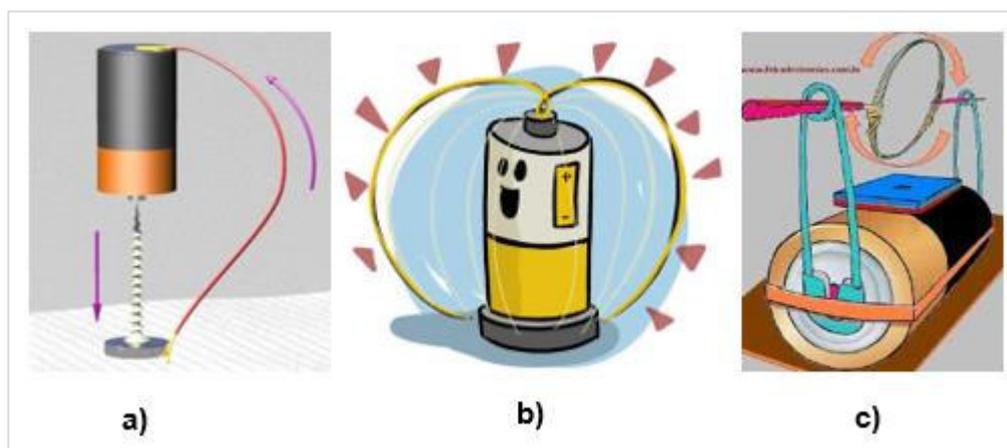
### 4.5 Quinto Encontro

Seguindo a programação da sequência didática, no quinto encontro, o docente deve ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre o tema “Campo magnético gerado por corrente elétrica”, explicando o comportamento magnético em um condutor retilíneo, em um condutor circular e no interior de um solenoide. Nesse encontro, deve-se dar ênfase ao experimento de Oersted, mostrando a interação entre campo elétrico e campo magnético, e também como as linhas de campo são formadas no interior de uma espira. Em seguida, o professor promove uma roda de discussão pedindo aos alunos que comentem sobre a montagem do experimento do eletroímã e que analisem as respostas dadas nos questionamentos do roteiro da referida atividade, e exponham as dúvidas a respeito do conteúdo. Ao final do encontro, o professor apresenta a proposta da próxima aula, sugerindo uma pesquisa sobre Motores elétricos simples, que faz parte do próximo encontro da SD.

### 4.6 Sexto Encontro

No sexto encontro da SD, é realizada outra atividade experimental investigativa cujo título é: “Construindo um motor elétrico simples”. O roteiro foi elaborado com a colaboração da seção “Atividade Prática”, do livro adotado pela escola, “Física para o Ensino Médio” (YAMAMOTO; FUKU, 2016), e do canal do Youtube “Manual do mundo”<sup>7</sup>. O professor deve solicitar que sejam formadas equipes, e, em seguida, é realizada a entrega dos materiais a serem utilizados no experimento. Os três experimentos a serem realizados pelas equipes são ilustrados na Figura 10.

Figura 10 - Ilustrações dos experimentos do encontro 6



Fonte: a) e b) Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/35699813/motor-de-faraday-finalizado-relatorio>>. c) Disponível em: <<http://www.imas-neodimio.com/news/Motor-M-nimo-67.html>>.

A confecção dos três motores elétricos simples distintos pode ser escolhida de forma aleatória ou através de sorteio, isso fica a cargo do professor. O roteiro para realização das três atividades ilustradas na Figura 10, encontra-se no Quadro 5.

Quadro 5 - Roteiro da atividade 3

Produzindo um Motor Elétrico Simples		
<b>Objetivo:</b> Confeccionar três motores elétricos simples em sala de aula.		
Material motor a	Material motor b	Material motor c

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://manualdomundo.uol.com.br/2014/09/como-fazer-motor-eletrico-com-ima/>>.

Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, ímã de neodímio e parafuso simples de rosca.	Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, pincel atômico, ímãs de neodímio.	Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, ímã de autofalante, clips metálicos; fita isolante; lixa, suporte de madeira.
Procedimento motor a	Procedimento motor b	Procedimento motor c
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coloque o ímã de neodímio na cabeça do parafuso;</li> <li>- Encoste a ponta do parafuso no terminal positivo (saliência) da pilha. Não se preocupe, o ímã manterá o parafuso “grudado” na pilha e não cairá;</li> <li>- Encoste uma extremidade do fio no terminal negativo da pilha e o mantenha nessa posição, pressionando com o dedo;</li> <li>- Encoste levemente a outra extremidade do fio à lateral do ímã de neodímio e veja o que acontece.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Com o fio de cobre, faça 5 voltas em espiral envolta do pincel atômico;</li> <li>- Em um dos lados da espiral, faça um círculo, de base reta, de tamanho em que o ímã consiga passar livremente;</li> <li>- No outro lado, faça um gancho virado para dentro da espiral;</li> <li>- Junte a pilha com os ímãs de neodímio;</li> <li>- Coloque a pilha com os ímãs dentro da espiral;</li> <li>- Solte a espiral que irá girar em volta da pilha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construa uma bobina com o fio de cobre, enrolando de 5 a 10 voltas em torno da pilha, deixando duas pontas livres;</li> <li>- Monte os suportes da bobina usando os clips metálicos;</li> <li>- Anexe os suportes à pilha, usando a fita isolante;</li> <li>- Lixe as pontas da bobina;</li> <li>- Apoie a bobina nos suportes;</li> <li>- Coloque o ímã próximo da bobina;</li> <li>- Dê um impulso inicial na bobina para dar a partida.</li> </ul>
Discussão das equipes		
Equipe a	Como podemos variar a velocidade de giro do parafuso?	
Equipe b	Como podemos variar a velocidade de giro da espiral?	
Equipe c	Como podemos variar a velocidade de giro da bobina?	

O objetivo dessa experiência é direcionar o estudante a observar o que acontece com o campo magnético quando uma corrente elétrica circula numa espira. Ou seja, observar a indução do campo magnético ao converter energia elétrica em energia mecânica, que é a função principal de um motor elétrico.

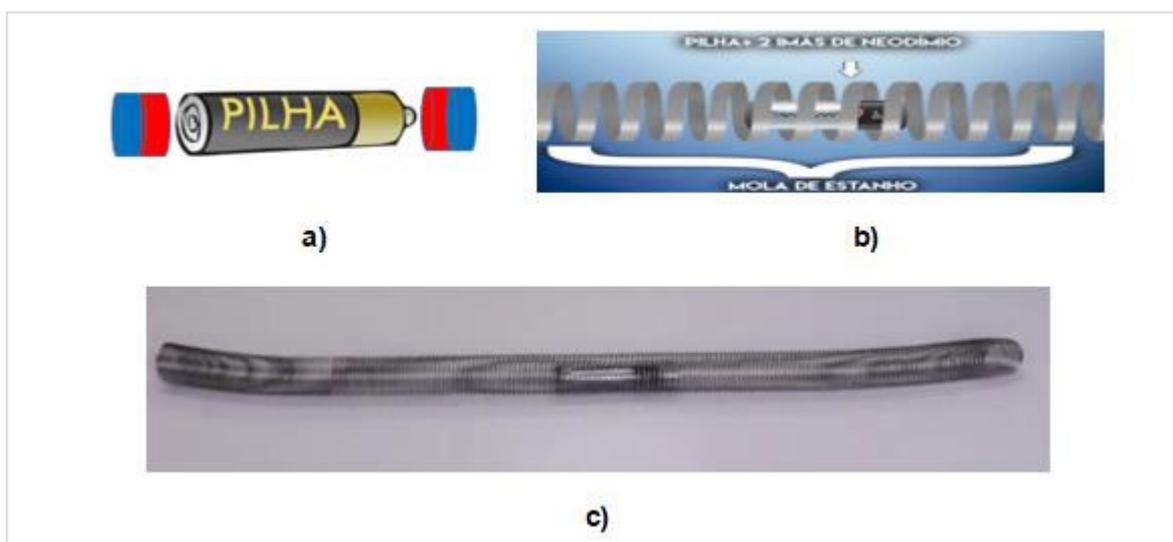
#### 4.7 Sétimo Encontro

O sétimo encontro inicia-se com o professor ministrando uma aula expositiva sobre o conteúdo Força magnética, que relaciona a investigação realizada no experimento do motor elétrico com a teoria que explica o funcionamento de alguns eletrodomésticos. Nesta aula, explica-se a atuação da força magnética sobre um corpo eletrizado e sobre um condutor retilíneo, além de abordar o efeito de rotação

produzido pela ação de uma força magnética. Em seguida, o professor fará intermediação em uma roda de discussão para que os discentes possam comentar sobre as dificuldades que encontraram na confecção dos experimentos realizados.

Depois de esclarecer todas as dúvidas, o professor coordenará a formação das equipes que farão a demonstração experimental da atividade de produção de um trem magnético e entregará o roteiro dessa atividade. Esta, ocorrerá no nono encontro, e será a única que os alunos estarão responsáveis pela obtenção dos materiais utilizados, com exceção dos ímãs de neodímio, que deverão ser cedidos pelo professor. A Figura 11, ilustra os materiais que serão usados no experimento.

Figura 11 - Ilustração do procedimento do experimento do trem magnético



Legenda: a) Pilha com os dois ímãs de neodímio em seus polos que funcionará como o trem magnético no protótipo experimental; b) Corresponde a representação do funcionamento do protótipo experimental; c) Constitui o protótipo do trem magnético. Fonte: a) Adaptado de <[http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/quimica/465\\_pilhas/exp01.htm](http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/quimica/465_pilhas/exp01.htm)>. b) Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=p7sdTq7WdIM>>.

O roteiro desse experimento foi elaborado com a colaboração do “Manual para a construção de experimentos sobre Eletromagnetismo” de Monteiro e Silva (2018) e do canal do *Youtube* “Manual do mundo”. O roteiro e procedimento encontram-se no Quadro 6, a seguir.

Quadro 6 - Roteiro da atividade 4

**Produzindo um Trem Magnético**

**Objetivo:** Confeccionar um trem magnético.

#### Materiais

Pilha AAA alcalina; 2 ímãs de neodímio; rolo de estanho de 1mm de espessura; marcador de texto para modelar o estanho; maquete para visualização de todo o conjunto espacial do experimento.

#### Procedimentos

1. Enrole o estanho em volta do marcador de texto, onde as voltas têm de estar o mais junto possível uma da outra.
2. Defina a polaridade dos ímãs, marcando-as para identificação.
3. Conecte os ímãs aos polos da pilha, conforme a figura abaixo.
4. Coloque o conjunto, formado pela pilha e os ímãs, dentro do túnel helicoidal de estanho e dê um pequeno impulso para iniciar o movimento.
5. O conjunto (pilha e ímãs) se moverá dentro do túnel, que passará a sofrer uma força magnética no mesmo sentido do movimento.

#### Discussão

Explique o princípio de funcionamento desse experimento.

## 4.8 Oitavo Encontro

No oitavo encontro, aborda-se o tema da Indução magnética, através de uma aula expositiva e dialogada, para explicar a geração de corrente elétrica por fenômenos eletromagnéticos, e como a voltagem é induzida com o movimento de um ímã próximo a um condutor estacionário. Explica-se também, nessa aula, que a indução eletromagnética está presente no nosso cotidiano, através de barreiras eletrônicas de trânsito, nos carros híbridos, em detectores de metais e nos *scanners* e leitores óticos. O final da aula deverá ser destinado para sanar todas as dúvidas sobre a montagem do experimento do trem magnético caseiro, que deverá estar em fase final de construção.

## 4.9 Nono Encontro

No penúltimo encontro, deve ocorrer a exposição da atividade experimental com o título de “Produzindo um trem magnético”. A Figura 12, ilustra como será o experimento depois de pronto e em funcionamento.

Figura 12 - Protótipo do trem magnético em funcionamento



A atividade consistirá no desenvolvimento do movimento de um sistema formado por uma pilha AAA adicionada a dois ímãs de neodímio no interior de uma espiral feita de estanho (ver Figura 12). O sistema é um protótipo que imita um trem magnético cujo movimento ocorrerá dentro do circuito projetado com a espiral de estanho. Neste experimento os alunos observarão que a pilha AAA com os ímãs de neodímio em seus polos se movimenta sem tocar o “trilho” (espiral de estanho), dando a impressão de que ele está flutuando. O protótipo simula o princípio de funcionamento dos trens *maglev*, de alta velocidade, que se movimentam utilizando esse sistema magnético, sem rodas, eixos ou transmissão mecânica.

Para este encontro, as equipes também deverão preparar uma maquete representando o visual de uma região com cidades por onde o trem deverá circular. Considerando que as equipes chegarão para a aula com as maquetes prontas para a exposição, o professor poderá permitir a visita de professores e alunos de outras turmas da escola. Cada equipe deverá adotar um método próprio de apresentação das informações aos convidados e responder as dúvidas que, por ventura, venham a ser perguntadas.

No final do encontro, o professor deverá lembrar aos alunos que, na próxima aula estará recebendo os mapas conceituais, representando graficamente as relações significativas entre os conteúdos abordados ao longo da sequência didática.

#### **4.10 Decimo Encontro**

No último encontro da sequência didática, acontecerá a entrega dos mapas conceituais produzidas pelos discentes, que deverão conter estruturas relacionando os conceitos físicos estudados. O professor conduzirá mais uma rodada de discussão para que os alunos comentem sobre seus mapas conceituais, falem sobre as dificuldades encontradas para construções dos experimentos propostos, sempre oferecendo oportunidades para uma participação ativa por meios de dúvidas e perguntas relevantes, além de solicitar que avaliem toda a metodologia aplicada nesse projeto. Por fim, deverá ser pedido aos estudantes que comentem sobre o grau de satisfação em participar desse trabalho.

## **5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Neste capítulo descrevemos o formato utilizado para implementar a experimentação investigativa, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, de tópicos do Eletromagnetismo a partir de uma Sequência Didática. A seção que segue discorre sobre a investigação e análise das concepções dos alunos sobre o estudo da disciplina Física no processo de construção do conhecimento, que ocorreu antes da aplicação da SD.

### **5.1 Concepções iniciais dos alunos sobre a aprendizagem de Física**

Para obter uma análise mais consistente, procurou-se observar o nível de satisfação do estudo de Física pelos educandos. Para isso, aplicou-se uma pesquisa investigativa, com caráter qualitativo para a verificação das concepções dos estudantes, com o objetivo de analisar as opiniões e sugestões para a melhoria do processo de ensino aprendizagem da turma (ZABALA, 1998).

Essa pesquisa, que de modo particular é realizada em todas as minhas turmas, sempre no final de cada semestre, ou seja, duas vezes ao ano, não faz parte da sequência didática proposta para a realização desse trabalho. Ela teve como objetivo, investigar meios de diminuir o desinteresse por parte dos alunos em relação a aprendizagem de Física. Essa falta de interesse pode estar relacionada com o fato do professor não aplicar novas práticas de ensino, tornando o ensino da disciplina de forma descontextualizado da realidade vivenciada pelo aluno em seu cotidiano e sem levar em conta o conhecimento prévio do educando (MOREIRA, 1982), pois o ensino de Física não pode se ater apenas na utilização do quadro e pincel. A partir dessa realidade, surgiu a ideia da pesquisa utilizando a dinâmica de jargões populares entre os alunos que representados pelas interjeições “Que Bom! (refere-se a algo de bom ou positivo), Que Pena! (refere-se a algo de ruim ou negativo), Que Tal!” (refere-se a algo positivo que pode ser usado em alguma coisa), onde os alunos identificaram os pontos positivos, os pontos negativos e as sugestões apresentadas pelos mesmos.

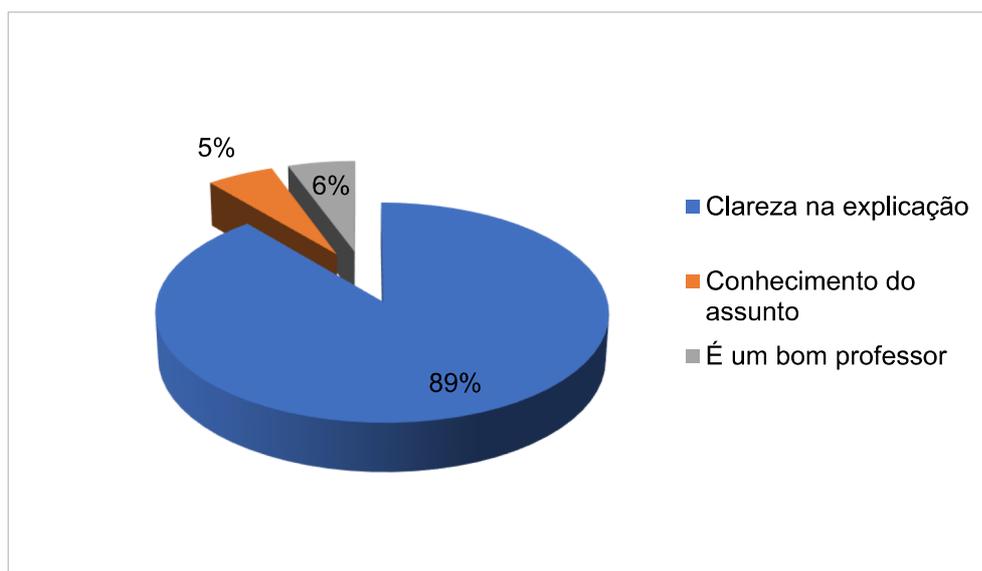
Esta pesquisa foi realizada em 28 de junho de 2018, com os dezoitos alunos presente na turma 301 da escola escolhida para aplicação da sequência didática. O

tratamento dos dados se deu de forma qualitativa, embora o foco estatístico mereça uma especial atenção.

Observou-se durante a realização da pesquisa, que os alunos possuíam uma grande dificuldade de se expressarem de forma escrita e darem suas opiniões sobre determinados temas da pesquisa, e mesmo aqueles que já tinham participado desse processo em anos anteriores, ainda tinham certa insegurança em descrever suas respostas, pode ser que isso esteja associado ao medo de errar na escrita do português. Assim, considerando as respostas dos alunos à pesquisa, avaliaram-se os dados, que serão apresentados em gráficos, sempre identificando as respostas mais significativas dos alunos.

A primeira pergunta da pesquisa aplicada aos educandos referia-se ao “Que Bom!”, ou seja, o que acham de bom no estudo da disciplina Física? O Gráfico 1, representa o resultado encontrado.

Gráfico 1 - O bom no estudo da disciplina Física

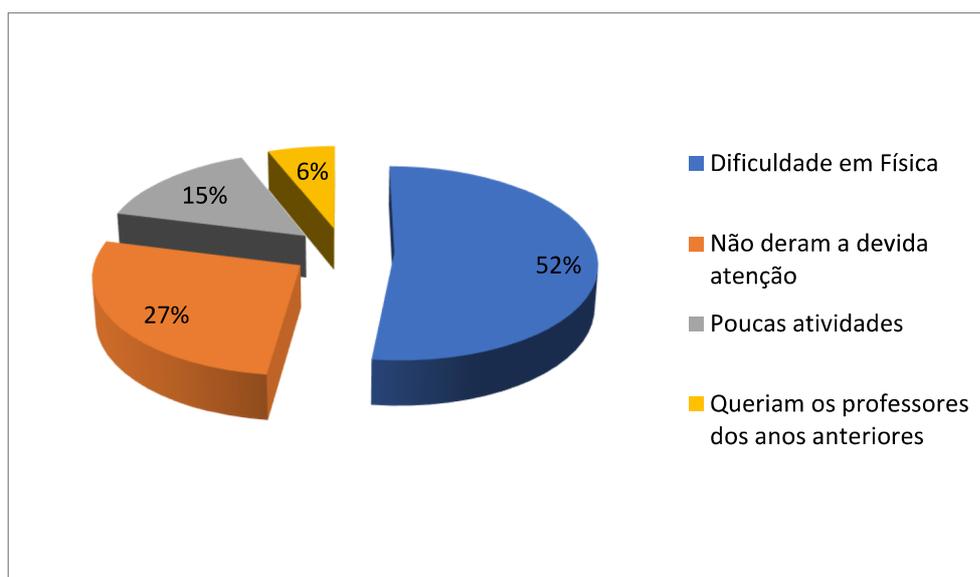


Neste gráfico, pode-se observar que 89% do total de alunos responderam que a disciplina é ministrada pelo professor com uma explicação clara, o que pode estar relacionado com paciência na hora de explicar e com uma boa interação aluno-professor. Já quem achou que o professor que ministra a disciplina possui um bom conhecimento do assunto ensinado ficou com 5,5% do total, mesmo percentual de quem considera o professor um bom profissional. Apesar dos alunos poderem escolher mais de uma resposta, a maioria escolheu apenas uma. Possivelmente, por

considerarem que o professor que explicar o assunto de forma clara é um bom professor e possui um bom conhecimento do assunto ensinado.

Já na pergunta seguinte da pesquisa, referente ao “Que Pena!”, ou seja, o que não estava funcionando bem no processo de aprendizado da disciplina Física? O resultado obtido é explicitado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Dificuldades no processo de aprendizado da disciplina Física



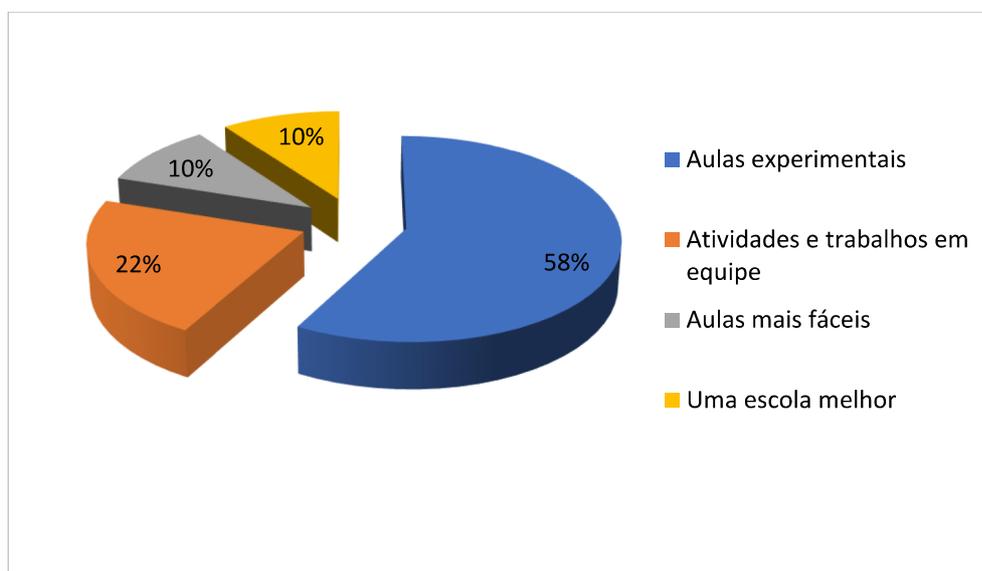
Analisando-se as respostas da segunda pergunta, verificou-se que a maioria dos alunos (52%) respondeu que possuem certa dificuldade em aprender a disciplina Física, sendo que um deles acrescentou “o fato do professor ser um pouco rígido”, enquanto que outro, relatou que “há muito conteúdo e pouco tempo para a assimilação da aprendizagem”. Esse gráfico demonstra que a dificuldade que a maioria dos alunos possui com a disciplina Física pode estar associada a falta de conhecimento que matemática ou a falta de compreensão dos conceitos e leis da Física, o que, conseqüentemente, os leva a não conseguirem fazer a aplicação das fórmulas físicas às questões propostas nos problemas.

Continuando com a análise das respostas, verificou-se que 16% dos alunos afirmaram que teve muita teoria e pouca atividade de resolução de problemas, o que segundo um dos alunos, “isso tornava as aulas monótonas”. As aulas foram assim realizadas, com bastante teoria, porque é necessário que haja uma boa assimilação teórica para que os educandos tenham entendimento das leis da Física associadas aos fenômenos que os cercam em seus cotidianos. Para 27% dos entrevistados, o

problema estava na falta de atenção dada pelos alunos para as aulas. Por esse motivo é que o professor deve buscar intervir em suas aulas com novas metodologias que consiga efetivamente aguçar o interesse do aluno. Concluindo a análise, observou-se que 6% lamentaram, que por serem novatos, não terem estudado com o professor há mais tempo, ou seja, nos anos anteriores.

Dando sequência à análise da pesquisa, verificando-se o item “Que Tal!”, ou seja, perguntou-se: o que poderia ser acrescentado no processo de aprendizagem das aulas de forma a torná-las mais interessantes e motivadoras aos alunos? O resultado pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Processo de aprendizagem interessante e motivador aos alunos



Neste terceiro questionamento da pesquisa, verificou-se que 58% dos alunos desejam trabalhar com práticas experimentais, pois o conteúdo de Eletrostática só permitiu o uso de simuladores como o PHET<sup>8</sup>. Já para 22%, uma boa sugestão é aumentar a quantidade de atividades para casa, assim como trabalhos ou seminários em equipe. Aulas mais fáceis foram o que apontou 10% dos estudantes, e o mesmo percentual especificado para uma escola melhor, onde todas as aulas pudessem ser ministradas sempre com o auxílio de um data show.

<sup>8</sup> PhET é uma plataforma que oferece simulações de matemática e ciências divertidas, interativas, grátis, baseadas em pesquisas. Cada simulação é testada e avaliada extensivamente para assegurar a eficácia educacional. Estes testes incluem entrevistas de estudantes e observação do uso de simulação em salas de aula. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas on-line ou copiadas para seu computador. Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/about](https://phet.colorado.edu/pt_BR/about)>.

Essas análises realizadas através desses gráficos serviram para diagnosticar a forma de abordagem dos próximos conteúdos, que envolviam o centro deste trabalho, o ensino do Eletromagnetismo com a aplicação de uma sequência didática; e, também, diagnosticar a aceitação da implementação de experimentos nas aulas e a efetiva participação dos alunos nas atividades.

Nas Figuras 13 a 16, são expostas algumas das respostas escritas dos alunos sobre a pesquisa diagnóstica com as perguntas acima abordadas que se referiam aos jargões populares: Que bom!, Que pena!, e Que tal!.

Figura 13 - Resposta à pesquisa do aluno A1

Que Bom!	Que Pena!	Que Tal!
Explica de maneira pratica e objetiva. Passa trabalhos para ajudar nos nota	não passa atividades para resolver e treinar em casa	Passa atividades sobre a aula para serem resolvidas em casa.

Figura 14 - Resposta à pesquisa do aluno A2

Que bom	Que pena	Que tal
* ótima explicação * paciente * divertido e legal	* fala muito rápido * ambiente não agradável * pessoas atacam a aula	* mais atividades de treinamento * falar de coisas * explicações de forma mais fácil.

Figura 15 - Resposta à pesquisa do aluno A3

Diagnostico de Fisica

[Redacted]

Bue Bom! :- que as aulas são dinâmicas e explica- tivas.	Bue Perna :- Bue o conteúdo é difícil pra mim aprender.
---	---

Bue tal... :-  
Utilizar mais ativida-  
des, as avaliações são  
muito difíceis KKK  
utilizar seminários e  
experimentos e video aulas

Figura 16 - Resposta à pesquisa do aluno A4

Atividade de Fisica

Bue Bom! explicação é bem clara tudo bem expli- cado!	Bue Perna Aulas são <del>em</del> memo- tosa!	Bue tal Na maio- ria das Aulas, tem Datashow	303
---	--	--	-----

Alunos: [Redacted]

Essas respostas foram selecionadas para demonstrar a participação dos alunos na pesquisa (a parte pintada de amarelo é para preservar a identidade do aluno).

A partir desse levantamento, foi definida toda a metodologia adotada na execução dessa pesquisa.

## **5.2 Tipo da pesquisa**

Neste trabalho, aborda-se um estudo de tópicos de Eletromagnetismo baseado em experimentos investigativos, que possui o foco numa análise de caráter subjetivo do objeto estudado. Nesta perspectiva, esta pesquisa, em relação a sua abordagem, é classificada como qualitativa. Segundo Moreira (2003, p. 23), um certo objeto ou evento dentro de uma certa cultura tem significados comuns aos membros dessa cultura, mas ao mesmo tempo cada indivíduo pode interpretá-lo de maneira diferente, e essa diversidade de interpretações significativas está presente no ambiente de sala de aula.

É interessante destacar que a experimentação é um instrumento que está de acordo com o que discorre Zabala (1998, p. 54), ou seja, é um dos “(...) instrumentos que nos permitam introduzir nas diferentes formas de intervenção aquelas atividades que possibilitem uma melhora de nossa atuação nas aulas”. Além disso, os experimentos realizados pelos alunos neste trabalho que propiciaram a obtenção dos dados durante a pesquisa, coloca o aluno como sujeito ativo no processo de aprendizagem na sequência didática (TRENTIN; SILVA; ROSA, 2018).

## **5.3 O espaço de intervenção e os sujeitos participantes**

A execução pedagógica desse trabalho foi realizada em ambiente escolar, em uma escola pública da rede estadual da cidade de São Luís/MA, colégio esse em que o professor pesquisador desse trabalho lecionou por vários anos.

Essa escola possui 06 salas de aula, com capacidade para 35 alunos, com funcionamento nos turnos matutino e vespertino. Todas as salas são forradas e possuem ventiladores de paredes, mas somente três delas possuem sistema de refrigeração de ar condicionado. Além disso, possui um laboratório de informática com dezoito computadores, auditório com capacidade para aproximadamente 80 pessoas, biblioteca, cantina, banheiros femininos e masculinos, sala de professores, sala da direção e secretaria. A infraestrutura da escola é deficitária em não possuir

laboratório experimental de Física, Química e Biologia, área de convivência, refeitório e quadra de esportes.

A turma escolhida para a aplicação da Sequência Didática (SD) foi a 301 do turno vespertino, que era a única turma de terceiro ano da escola, e que tinha no seu planejamento para o quarto bimestre, o estudo do conteúdo de Eletromagnetismo, que favorecia a aplicação do tema sugerido. Nos bimestres anteriores, os alunos estudaram os conceitos de Eletrostática e Eletrodinâmica, que ajudaram na construção dos seus conhecimentos prévios.

Essa turma era composta por 17 alunas e 14 alunos. A faixa etária da maioria dos estudantes que participaram do estudo era de 17 anos. No decorrer do quarto bimestre deu-se o abandono de três deles, fazendo com que as atividades finais fossem realizadas com 28 (vinte e oito) alunos.

#### 5.4 A elaboração do projeto

A pesquisa utilizou uma Sequência Didática, que encadeia um conjunto de atividades interligadas etapa por etapa com a finalidade de tornar o aprendizado mais eficiente. A sequência didática proposta teve uma duração de dez encontros, com duas aulas destinadas para cada momento, que ocorreram no período normal das aulas no quarto bimestre do ano de 2018. Os nove primeiros encontros aconteceram na própria sala de aula, já que a escola não possuía laboratório experimental, e o último encontro ocorreu na sala de professores. A organização dos encontros aconteceu de acordo com o Quadro 7.

Quadro 7 - Quadro geral para proposta de sequência didática utilizada

1º ENCONTRO	Aplicação de questionário para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Eletromagnetismo.
2º ENCONTRO	Realização de atividade experimental investigativa utilizando bússolas e ímãs.
3º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Ímãs e suas propriedades; Campo magnético; Campo magnético terrestre.
4º ENCONTRO	Realização de atividade experimental na construção de eletroímãs.

5º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Características do campo magnético gerado por corrente elétrica.
6º ENCONTRO	Realização de uma atividade experimental na construção de um motor elétrico simples.
7º ENCONTRO	Condução de uma aula expositiva sobre: Força elétrica e Efeito motor.
8º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Indução magnética. Orientação sobre a construção do experimento “Trem magnético”.
9º ENCONTRO	Construção e teste do experimento “Trem magnético”. Orientação sobre a montagem de mapas conceituais contemplando os conteúdos físicos trabalhados na sequência didática.
10º ENCONTRO	Exposição e apresentação da atividade experimental “Trem magnético”.

#### 5.4.1 Primeiro Encontro

No primeiro encontro foi aplicado um questionário para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Eletromagnetismo. Segundo o Princípio do conhecimento prévio, como defende Moreira,

Aprendemos a partir do que já sabemos. A aprendizagem significativa, no sentido de captar e internalizar significados socialmente construídos e contextualmente aceitos, é o primeiro passo, ou condição prévia, para uma aprendizagem significativa crítica. Quer dizer, para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante. (Moreira, 2010, p. 8).

Esse questionário foi aplicado no dia 24 de outubro, iniciando assim o quarto bimestre do ano letivo de 2018, com os trinta e um alunos presentes da turma 301, do turno vespertino, que teve duração de duas horas-aulas.

O instrumento utilizado para a coleta das informações foi um questionário aberto aplicado em sala de aula, onde se buscou explorar as concepções prévias dos alunos sobre o magnetismo e suas interações com a eletricidade. Destaca-se que as concepções prévias não se tratam do conteúdo Eletromagnetismo, mas dos conteúdos outrora ensinados pelo professor que serviriam de pré-requisito para o entendimento do Eletromagnetismo, ou seja, os subçunsos (MOREIRA, 1982).

As concepções prévias obtidas são também chamadas de concepções espontâneas, que segundo Villatorre (2009; p. 126), “(...) são concepções que são

construídas no dia a dia do sujeito através das experiências de trabalho, religiosas, culturais e outras para explicar fenômenos vivenciados”. Conforme comentado em seção anterior, as concepções prévias dos sujeitos são mais difíceis de serem esquecidas e, portanto, ganham importância na construção do processo de ensino e aprendizagem, pois são melhores compreendidas quando são relacionadas com os novos conhecimentos.

O questionário foi composto de 7 (sete) perguntas abertas que trataram do que o discente já conhece sobre o novo assunto abordado pelo professor. Neste, foi trabalhado o assunto inicial do Eletromagnetismo, que trata dos fenômenos magnéticos. Nesse dia, constatou-se a presença de vinte e um alunos, que foram divididos em quatro equipes, contendo entre cinco e seis componentes cada. Os dados adquiridos foram analisados de forma qualitativa com a finalidade de identificar os seus conhecimentos prévios, baseado muito no convívio do cotidiano diário, pois o conteúdo de Eletromagnetismo não é reportado nos anos anteriores do Ensino Médio. Os resultados dessa avaliação diagnóstica foram classificados como satisfatório (S), não satisfatório (NS) ou não respondidos (NR), conforme Quadro 8.

Quadro 8 - Análise geral da avaliação diagnóstica

Questões	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 4
1 - O que é um ímã?	S	S	S	S
2 - Quais materiais são atraídos por um ímã?	S	S	S	S
3 - Quais materiais não são atraídos por um ímã?	S	S	S	S
4 - O que é uma bússola?	S	S	S	S
5 - Para que serve uma bússola?	NS	S	S	S
6 - Por que a agulha de uma bússola aponta sempre para a região do polo norte Geográfico da Terra?	NR	S	NS	NS
7 - O que é um campo magnético?	S	S	NS	NS

Legenda: S = Satisfatório, NS = Não Satisfatório, NR = Não Respondeu.

A primeira pergunta referiu-se aos conhecimentos sobre os ímãs, Quadro 8; percebeu-se que, provavelmente, a maioria dos alunos já tinha visto ou brincado com algum tipo de ímã em seu cotidiano. De maneira geral, todas as equipes tinham conhecimento do referido objeto, sendo que um dos grupos respondeu de forma mais detalhada, sobre as condições da atração e repulsão nos ímãs.

Nas questões de número dois e três, Quadro 8, a abordagem incluía saber quais materiais que podem ser atraídos e os que não podem ser atraídos por um ímã. Todos os grupos responderam de forma lógica, que “metais como ferro e as moedas são facilmente atraídos, enquanto que, papel, madeira e plástico não sofrem atração”.

Nas duas perguntas seguintes, buscou-se avaliar o conhecimento sobre a bússola e sua utilidade no dia a dia. A intenção foi saber o nível de compreensão sobre o referido instrumento. No que se referia sobre o que era uma bússola, as respostas variaram entre “ferramenta de localização”, “ferramenta de guia” e “instrumento que determina a direção de algo ou alguém”. Quando perguntado sobre para que serve a bússola, três equipes citaram como resposta “a orientação geográfica dos pontos cardeais”, enquanto que a outra respondeu “que servia para guiar e ajudar a saber a localização”.

A pergunta seis, Quadro 8, referiu-se sobre o motivo da agulha da bússola apontar sempre para a região do polo norte Geográfico da Terra. A proposta da questão foi analisar os conhecimentos sobre os pontos cardeais, que os estudantes aprendem em Geografia, assim como, as informações geradas pela bússola. Neste quesito, somente uma das equipes forneceu uma resposta aceitável, que dizia que “a causa da atração era devida a um polo ser negativo e o outro ser positivo, fazendo analogia com o princípio da atração e repulsão elétrica”. Uma das equipes não respondeu a esse questionamento, enquanto que as outras duas, citaram “o fato do campo magnético nesse polo (norte) ser maior do que o outro (sul)”.

Na última pergunta da avaliação diagnóstica do Quadro 8, foi perguntado o que seria um campo magnético, e mais uma vez fizeram analogia com o campo elétrico, onde três das quatro equipes citaram ser “uma região do espaço em que uma concentração magnética é criada em torno de uma carga magnética”. E a outra equipe mencionou ser “um campo imaginário formado a partir de elétrons”.

Analisando qualitativamente os resultados da avaliação diagnóstica que tinha como intenção verificar o nível dos conhecimentos prévios, observamos que da parte inicial dos conteúdos previstos nessa sequência didática, precisaríamos de uma

atenção especial ao trabalhar os conceitos de polos e campos magnéticos. Essas novas informações, conforme a aprendizagem significativa de Ausubel (1980), serão ancoradas nos conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, através de um planejamento elaborado que permita inserir aos novos conhecimentos, um significado que favoreça a ligação com os conhecimentos já adquiridos.

#### 5.4.2 Segundo Encontro

No segundo encontro dessa SD, foi realizada uma atividade experimental de caráter investigativo, com o título de Introdução ao Magnetismo, onde o objetivo era constituir nos alunos a ideia de campos magnéticos e a interação entre eles, através de questionamentos feitos pelo roteiro de atividades distribuído a cada equipe.

Foi usado como materiais para essa atividade, bússolas, ímãs, pregos de ferro, moedas de aço, cliques de aço, lacres de latas de refrigerantes de alumínio e pedaços de fio de cobre, conforme Figura 17.

Figura 17 - Material utilizado na atividade experimental sobre campo magnético



Nessa aula compareceram vinte e dois alunos, que foram divididos em quatro equipes (I a IV), que receberam um roteiro com os procedimentos sugeridos.

A princípio, cada equipe recebeu uma bússola, que colocada sobre a mesa, deveria ser movimentada com a finalidade de verificar o que acontecia com a agulha

da mesma. Todas as equipes responderam que a agulha apontava sempre para o norte independente do movimento, sendo que duas delas fez menção em relação aos polos do planeta.

No procedimento seguinte, as equipes receberam uma segunda bússola, que deveria ser movimentada em torno da primeira, que ficaria fixa, para que fosse observada a influência de uma sobre a outra. Todas as equipes verificaram que uma bússola influencia o comportamento da outra. A equipe II comentou que “a bússola em movimento tinha um comportamento de um ímã”, enquanto que a equipe III afirmou que “o lado branco da agulha de uma bússola aponta sempre para o lado vermelho da agulha da outra bússola”.

No terceiro procedimento, os alunos de posse de um ímã e uma bússola, teriam que movimentar a bússola em volta do ímã a fim de verificar o seu comportamento. Todas as equipes verificaram a influência do ímã sobre a bússola, mas somente a equipe III comentou sobre o ímã ter polos diferentes, que até aquele momento, eles denominavam de polo negativo e polo positivo. Quando perguntados da diferença de comportamento da agulha da bússola nas proximidades dos dois lados do ímã, todos perceberam uniformidades entre um determinado polo do ímã e um polo da agulha da bússola. Foi solicitado ainda, que fosse dado nomes para cada um dos lados do ímã, e três das equipes mencionou os termos “Norte e Sul”, enquanto que a equipe II definiu de “lado X e lado Y”. Podemos verificar que as equipes já possuíam a noção dos polos magnéticos, apesar de não saberem seus verdadeiros nomes, fator esse, que foi solucionado com a aula ministrada pelo professor no encontro seguinte.

No procedimento seguinte, investigando a aproximação entre os lados de dois ímãs, o roteiro orientava para que fossem feitas todas as combinações possíveis, e anotadas as conclusões do fenômeno observado. Todos enfatizaram que as aproximações com lados de polos iguais se repeliam e de lados de polos contrários se atraíam.

No quinto e último procedimento do roteiro, cada grupo recebeu um ímã e um *kit* formado por 3 clips de aço, uma moeda de 10 centavos de real, 3 lacres de latinha de refrigerante de alumínio, 2 pedaços de fio de cobre e 2 pregos de ferro, para que fossem feitas aproximações sucessivas com o ímã, com a finalidade de enumerar quais objetos são atraídos por ímãs. De forma unânime, todos verificaram que apenas os lacres de alumínio não foram atraídos. Essa observação é definida como a

aprendizagem por descoberta, que ocorre quando o conhecimento principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz:

Na aprendizagem pela descoberta significativa, em oposição a circunstância de aprendizagem por recepção significativa mais típica (substantivas), o aprendiz relaciona, assim, de forma não arbitrária e não literal, proposições de colocação de problemas à própria estrutura cognitiva, não tendo como objetivo a compreensão e a recordação daquilo que significam como fim por si só, mas com o objetivo de as transformar (juntamente com e tirando proveito de conhecimentos passados relevantes, anteriormente adquiridos) em novas proposições de resolução de problemas bem sucedidas, potencialmente significativas para o mesmo. (AUSUBEL, 2003, p. 97).

A realização dessa atividade investigativa, na qual os alunos tiveram contato com a experimentação antes mesmo da exposição teórica do conteúdo se mostrou bem interessante, pois verificamos uma participação bem ativa, principalmente do ponto de vista que a construção desse novo conhecimento aconteceu através de uma experiência feita por eles. Essa atividade reforça a ocorrência da aprendizagem de um novo conhecimento que tem relação com os conhecimentos prévios do aluno, que interage de forma significativa para aquisição dessa nova informação, que Ausubel (1980) descreve como conceitos subsunçores.

#### 5.4.3 Terceiro Encontro

No terceiro encontro, foi ministrada a aula expositiva sobre campo magnético, explicando o surgimento do magnetismo, as características dos ímãs e como atua o campo magnético terrestre. Nessa aula usou-se, como recurso, data show, notebook, livro didático, quadro e pincel. Em seguida, o professor abriu uma discussão para relacionar o conteúdo abordado de forma teórica com o que foi verificado experimentalmente. O objetivo dessa etapa foi facilitar a compreensão dos conceitos abordados. O Princípio do conhecimento como linguagem diz que, “Aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, não só de palavras – mas outros signos, instrumentos e procedimentos também...” (MOREIRA, 2006).

Esses três primeiros encontros constituíram a etapa inicial da SD, que tinha como foco principal o entendimento superficial do campo magnético. A intenção agora estava voltada para o estudo do campo magnético criado por uma corrente elétrica.

#### 5.4.4 Quarto Encontro

No encontro quatro, os alunos foram submetidos novamente a uma atividade experimental investigativa, com o título: **Produzindo um eletroímã caseiro**, onde o objetivo era confeccionar um eletroímã simples em sala de aula, seguindo o roteiro de atividades, conforme Apêndice D, com o intuito de produzir um campo magnético e verificar o fenômeno da atração magnética gerada por uma corrente elétrica.

Os vinte e dois alunos presentes neste dia foram divididos em quatro equipes, que receberam do professor um *kit* contendo: pilha comum de 1,5 V, bateria comum de 9 V, fio condutor de cobre esmaltado, prego de aço grande, lixa, clipes, tachinhas e outros objetos metálicos, conforme Figura 18.

Figura 18 - Material utilizado na atividade experimental sobre eletroímã



Seguindo os procedimentos sugeridos pelo roteiro de atividades, os alunos começaram a preparar os solenoides, enrolando o fio de cobre em torno do prego, de uma maneira que fosse fácil retirar o prego do interior do solenoide e recolocá-lo quando necessário, conforme Figura 19.

Figura 19 - Solenoides construídos na atividade experimental sobre eletroímã



Seguindo o roteiro, o próximo passo foi lixar as extremidades livres dos solenoides, para ocasionar um melhor contato dos fios com os terminais da fonte, para logo após, ligá-los aos polos da pilha. Com o eletroímã construído, foi feita a aproximação a pequenos objetos metálicos para a observação da atração magnética, conforme as Figuras 20 a 23.

Figura 20 - Alunos testando a funcionalidade do eletroímã

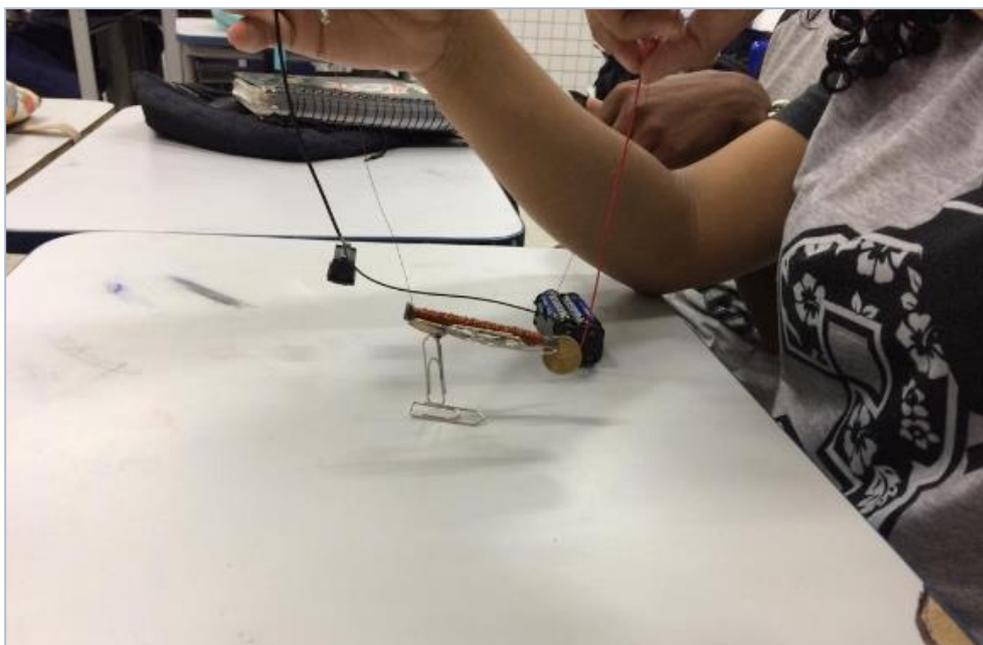


Figura 21 - Alunos testando a funcionalidade do eletroímã

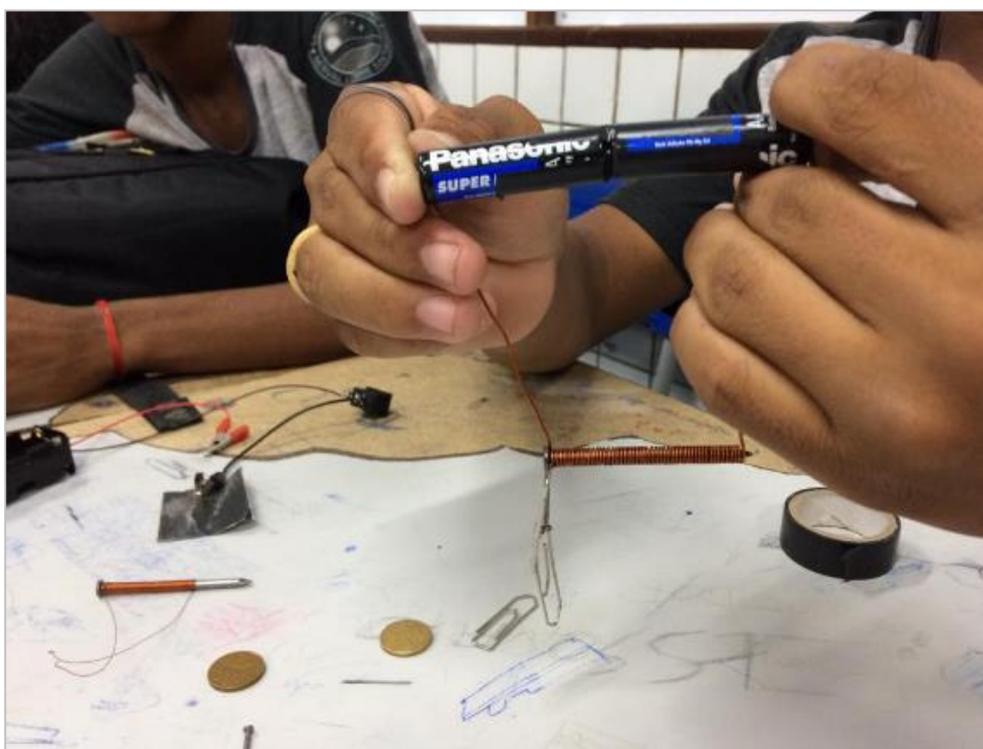


Figura 22 - Alunos testando a funcionalidade do eletroímã

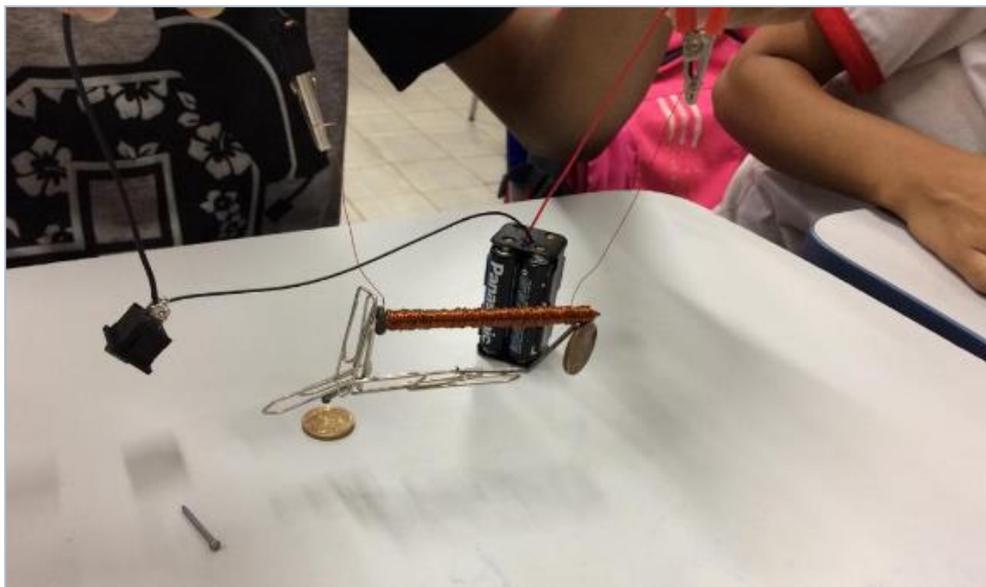
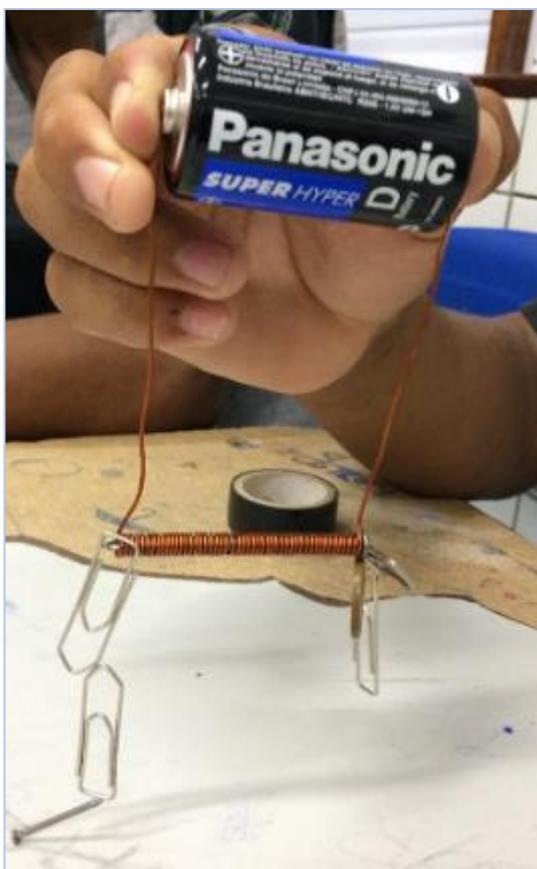


Figura 23 - Alunos testando a funcionalidade do eletroímã



Dando continuidade à atividade, foi sugerido o aumento no número de espiras (voltas do fio no prego) para que se analisasse o comportamento da intensidade do campo magnético gerado no eletroímã. Os alunos verificaram que a intensidade de um eletroímã pode ser aumentada simplesmente, aumentando-se o número de voltas do fio em torno do núcleo (prego).

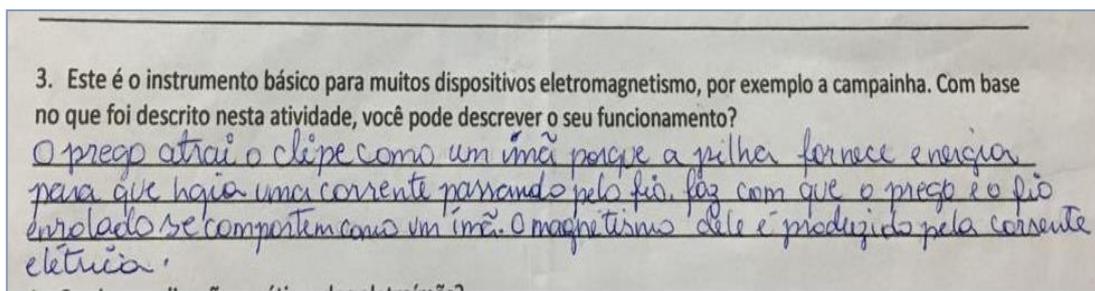
Para finalizar os procedimentos do roteiro, solicitou-se a retirada do núcleo metálico do interior do eletroímã e repetindo os procedimentos iniciais, comparou-se a força de atração com a do eletroímã completo (com o prego). O roteiro da atividade continha quatro questões que foram colocadas em discussão.

Na primeira questão foi perguntado se o número de voltas dadas no fio da bobina afetava ou não a intensidades com que ele atraía os objetos metálicos. A proposta da questão foi verificar se a intensidade de um eletroímã pode ser aumentada simplesmente aumentando-se o número de espiras em torno do núcleo. De forma unanime, todas as equipes responderam que sim, que experimentalmente, quando maior era o número de voltas, maior era a quantidade de objetos atraídos pelo eletroímã.

Na questão dois, o questionamento era o que acontecia com a intensidade da atração magnética do eletroímã quando se retirava o núcleo metálico do seu interior. A intenção da pergunta foi verificar se com o prego, há um aumento ou não na intensidade da atração. Duas das equipes responderam que “não ocorria atração por parte do eletroímã”. Uma terceira equipe conclui que “apesar do campo magnético ser menos intenso, o eletroímã ainda se comportava como um ímã”. A última equipe relatou que “os efeitos magnéticos provocados pelo prego são muito mais intensos do que um material que não seja metálico, como por exemplo, o ar”.

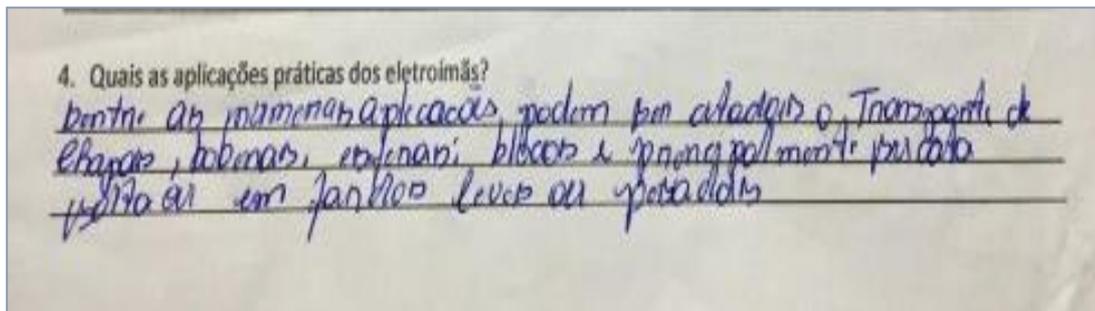
Na questão seguinte, foi solicitado para descreverem o funcionamento do eletroímã. Duas equipes não responderam a esse questionamento, alegando falta de tempo, por terem testado mais de uma confecção do dispositivo construído. A terceira equipe responde que “o funcionamento ocorre devido ao movimento de carga elétrica” e a descrição da quarta equipe é mostrada na Figura 24.

Figura 24 - Resposta da equipe 3 sobre o funcionamento do eletroímã



A última questão perguntava quais as aplicações dos eletroímãs, e verificou-se que uma das equipes não respondeu a esse questionamento. Uma segunda equipe respondeu “que são utilizados em dispositivos como a campainha, os motores, geradores e guindastes”. O terceiro grupo mencionou que “a bobina existente no interior de um gerador se comporta como um ímã gerando a corrente alternada”. A resposta dada pela equipe restante é descrita na Figura 25.

Figura 25 - Resposta da equipe 4 sobre a aplicação do eletroímã



Ao final do encontro, o professor analisou que no experimento, os estudantes foram inseridos em um contexto que proporcionou uma participação mais abrangente e participativa. A construção e o funcionamento do eletroímã desafiou o estudante a fazer parte do processo de investigação que envolve os conceitos físicos do Eletromagnetismo através da prática experimental como recurso de ensino e aprendizagem. Para Ausubel (1980), a aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação é assimilada por meio da interação com conceitos prévios, que serve como “âncora” para a interpretação e incorporação de novos conceitos.

#### 5.4.5 Quinto Encontro

No quinto encontro, tivemos uma aula expositiva sobre o campo magnético gerado por corrente elétrica, onde o professor entre outras coisas, demonstrou de forma teórica, a formação do campo magnético que circunda um condutor por onde flui uma corrente. Foram usados como recursos nessa aula, data show, notebook, livro didático, quadro e pincel. Após a exposição teórica, o professor intermediou uma discussão para relacionar o conteúdo abordado na aula com o que foi verificado no experimento do eletroímã. O momento foi aproveitado para que os alunos comentassem como seria um possível experimento para a construção de uma campainha. Em seguida foi explicado que, os eletroímãs sem núcleos são usados no transporte por levitação magnética, ou trens magnéticos, e que esse experimento está previsto para um encontro futuro da SD.

#### 5.4.6 Sexto Encontro

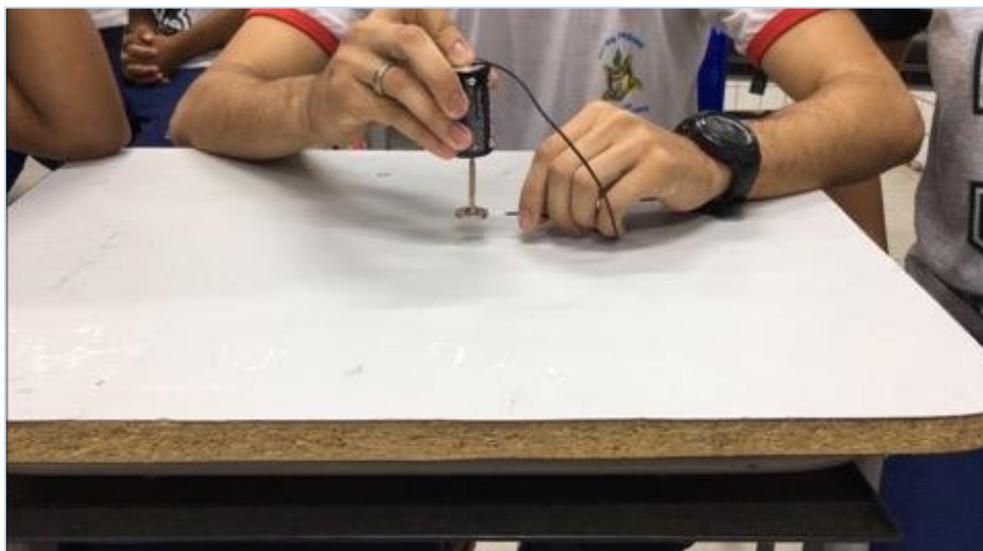
O encontro de número seis foi marcado por mais uma atividade prática, que dessa vez, teve como objetivo a confecção de um motor elétrico simples de corrente contínua que utiliza o mesmo princípio de funcionamento de vários aparelhos de eletrodomésticos, ou seja, o efeito motor. O objetivo dessa atividade foi a demonstração da força magnética. Nessa atividade, foi utilizado o roteiro de atividade nº 3, Quadro 5, que possuía três procedimentos diferentes, onde cada equipe determinou um tipo de motor a ser construído.

A primeira equipe confeccionou um motor elétrico simples, onde o objetivo era realizar a rotação de um parafuso de rosca soberba (usado em madeira) num sistema composto por uma pilha comum grande de 1,5 V e um ímã de neodímio ligado por um fio de cobre.

O resultado foi observar o parafuso girando velozmente, Figura 26. Em seguida, o professor indagou sobre a possibilidade de variar a velocidade de giro do parafuso, e também, o que aconteceria se o parafuso fosse colocado do outro lado da pilha, ou seja, no polo negativo. Enquanto refletiam para responderem o questionamento levantado, observaram-se várias tentativas na intenção de chegar à resposta correta, entre eles: mudar o posicionamento da pilha e solicitar outros parafusos de comprimentos variados para novos testes. Após várias observações, responderam que poderiam variar a velocidade de giro, variando o comprimento do

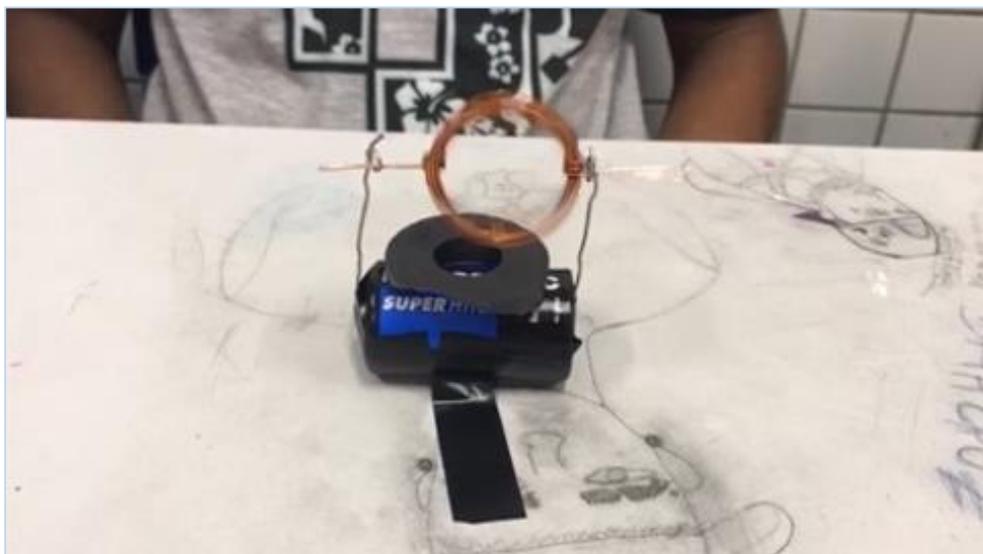
parafuso, e que o funcionamento do motor permanece com o mesmo movimento, mesmo invertendo o polo da pilha.

Figura 26 - Experimento do motor elétrico simples pela equipe 1



A equipe dois ficou com a missão de construir um motor elétrico simples, onde a força magnética colocaria em movimento uma bobina feita de fio de cobre, num sistema que contaria ainda, com uma pilha comum grande de 1,5 V e com um ímã retirado do autofalante de uma caixinha de som de computador. O resultado foi observar a criação de um par de forças magnéticas em dois lados opostos da bobina, fazendo-a girar em torno de um eixo, Figura 27.

Figura 27 - Experimento do motor elétrico simples pela equipe 2



A intenção da atividade foi verificar o efeito motor, ou seja, o efeito de rotação produzido pela ação de uma força magnética, que movimenta um dispositivo condutor de corrente elétrica submetido à atuação de um campo magnético. Foi solicitado ao grupo, que explicasse em poucas palavras o que estava ocorrendo no experimento, e depois de uma breve discussão interna, responderam que “a pilha fornece energia elétrica à espira que se transformava em um pequeno ímã, e esse ímã interagia com o ímã do autofalante, provocando o movimento da espira”.

Observou-se nessa resposta que a aprendizagem estava sendo significativa, pois uma nova informação se ancorou em um conceito já presente na estrutura cognitiva do aluno, que fez relação com funcionamento do eletroímã.

A próxima equipe produziu um motor elétrico simples denominado de homopolar, em que o campo magnético do sistema mantém fixo o sentido de sua polaridade. O sistema formado por uma pilha comum do tipo palito e um conjunto de quatro ímãs de neodímio, devido a uma força perpendicular ao campo magnético e também à corrente elétrica, fez girar uma espiral feita de fio de cobre (Figuras 28 e 29). Após indagação do professor sobre o movimento do motor, a equipe respondeu que “o cobre em contato com a pilha gera uma corrente elétrica que interage com o campo magnético criado pelo ímã, ocasionando o movimento da espira”.

Figura 28 - Material para o experimento do homopolar.

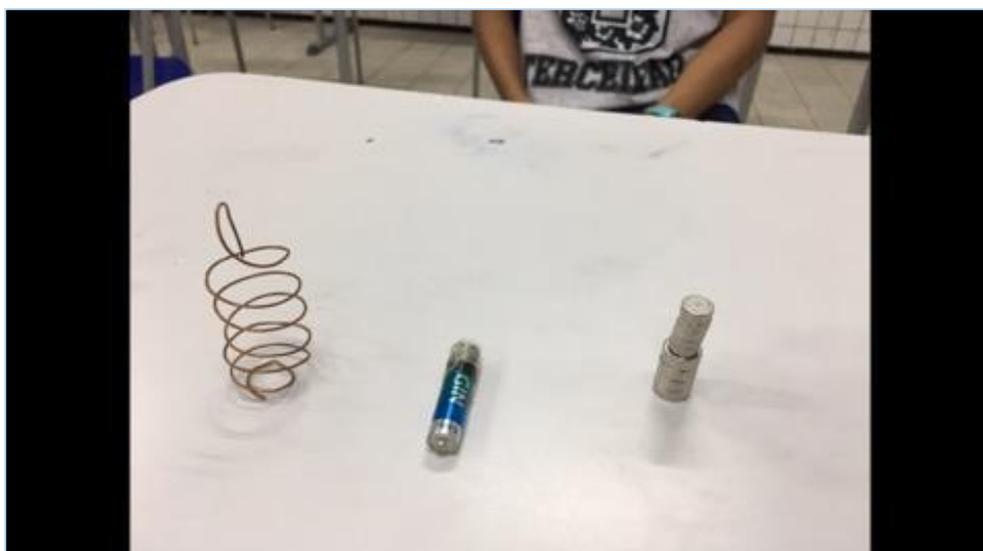
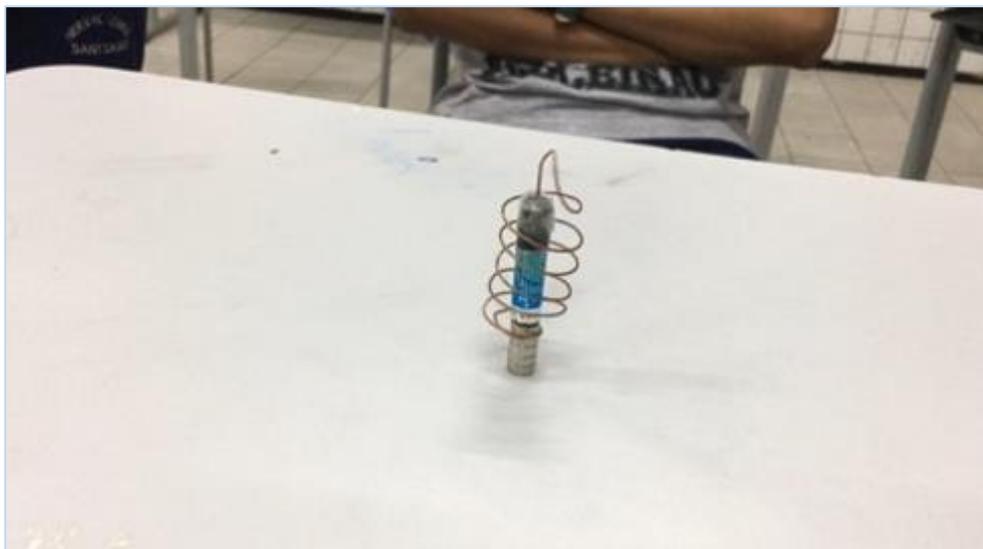


Figura 29 - Experimento do homopolar pela equipe 3.



Nesse encontro foi verificado um grande sentimento de solidariedade da turma, pois a equipe 1 e, logo depois a equipe 2, passaram a ajudar a terceira equipe que não conseguia confeccionar a espiral perfeita para a realização do experimento, mas numa integração, de certo modo surpreendente, verificou-se quase todos da turma empenhados na construção dos mais variados tipos de espiral, até que finalmente, o motor elétrico homopolar funcionou perfeitamente para satisfação de todos.

#### 5.4.7 Sétimo Encontro

No sétimo encontro, tivemos o professor ministrando uma aula expositiva dialogada sobre a força elétrica, onde se relacionou a investigação ocorrida no encontro anterior (efeito motor) com a teoria que explica o funcionamento de alguns eletrodomésticos (como ventilador e liquidificador). Foi explicado como uma força magnética atua sobre um móvel eletrizado e também sobre um condutor retilíneo.

O momento que gerou mais dúvidas e questionamentos por parte dos alunos, foi referente à análise do movimento de uma espira, percorrida por uma corrente elétrica e que se submetia a atuação de um campo magnético, ou seja, justamente o ponto abordado na seção prática. Ao final do encontro, foram formadas as equipes para atividade experimental final, que receberam do professor, o roteiro de atividades do trem magnético caseiro no Quadro 6.

#### 5.4.8 Oitavo Encontro

No encontro oito, o tema abordado foi a indução eletromagnética. Assim como no encontro anterior, foram usados como recurso nessa aula, notebook, data show, livro didático, quadro e pincel. A aula tratou da indução eletromagnética, enfatizando a descoberta feita pelos físicos Michael Faraday e Joseph Henry, que descobriram que a corrente pode ser produzida em um fio simplesmente movendo-se um ímã para dentro ou para fora das espiras de uma bobina.

Os alunos participaram intensamente quando foi explicada a relação de um aumento da voltagem induzida quando temos um aumento no número de espiras no campo magnético. Houve também, muita indagação sobre o princípio de funcionamento dos detectores de metais dos aeroportos e das agências bancárias, que foi explicado com base na definição do fluxo de indução magnética. Finalizando a exposição, falou-se das leis Faraday e de Lenz, explicando o sentido da corrente induzida. A discussão proposta para encerrar o encontro, foi toda utilizada para sanar as dúvidas referentes ao trabalho experimental do trem magnético caseiro, que estava em fase final de construção.

#### 5.4.9 Nono Encontro

No penúltimo encontro, estava planejada uma breve exposição dos experimentos construídos, que seriam apresentados pelas equipes, na sala de aula, somente para o professor pesquisador e o seu Orientador de pesquisa. Todavia, beneficiado pela ausência de um professor, a aula de duas horas se transformou em uma feira de ciências, com quatro horas de duração, onde tivemos a visita de professores e alunos de outras turmas. As atividades tiveram início com uma palestra ministrada pelo professor Doutor da Universidade Federal do Maranhão Eder Nascimento Silva, que falou sobre os avanços tecnológicos na área do Eletromagnetismo, Figura 30.

Figura 30 - Palestra do Prof. Dr. Eder Nascimento Silva



Em seguida, visando o grande fluxo de pessoas para a visitação dos experimentos expostos, todos se encaminharam para a sala de professores da escola, local escolhido por conter mesas grandes de reunião, adequado para o recebimento dos estandes experimentais das equipes.

Neste experimento, utilizou-se o roteiro de atividades nº 4, Quadro 6, que possuía o procedimento de elaboração do experimento “**Trem magnético**”. Esse foi o único dos experimentos em que os alunos ficaram responsáveis pela coleta do material utilizado, onde o professor forneceu somente os ímãs de neodímio. A prática consistia em desenvolver o movimento de um sistema formado por uma pilha AAA agrupado a dois ímãs dentro de uma espiral feita de estanho.

O movimento do trem dentro do circuito dá a impressão de que eles estão flutuando, e esse é o princípio de funcionamento dos trens *maglev*, de alta velocidade, que usam sistema magnético para locomoção, sem rodas, eixos ou transmissão mecânica. Para a exposição do experimento, foi acrescentada uma maquete representando o visual de uma cidade no contexto da área existente (Figuras 31-33).

Figura 31 - Maquete do trem magnético (Equipe 1)

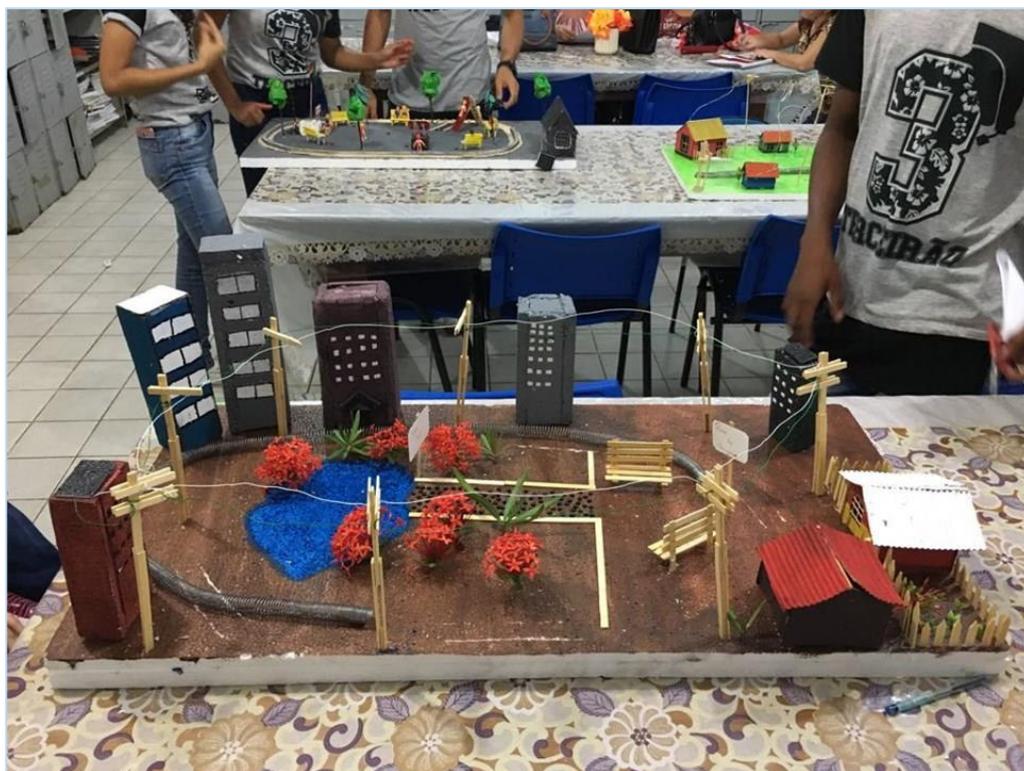


Figura 32 - -- Maquete do trem magnético (Equipe 2)



Figura 33 - Maquete do trem magnético (Equipe 3)



Com os estandes montados, seguiu-se a ordem previamente sorteados das exposições dos experimentos, onde cada equipe tinha liberdade de escolher a forma de como seria apresentado às informações aos visitantes. Devido o grande fluxo de pessoas visitando o local da exposição, as apresentações aconteceram de forma simultânea, e foi muito interessante observar, tanto as dúvidas perguntadas pelos visitantes, quanto os esclarecimentos feitos pelos alunos. As perguntas mais frequentes feitas às equipes eram: “O que faz o trem se movimentar?”, “A pilha se movimenta sem os ímãs?” e “De que é feito a espiral?”. O nervosismo inicial fez com

que as primeiras respostas fossem meio embaraçadas, mas que com o decorrer do tempo ganharam consistência, ao serem respondidas com certa coesão do assunto, a ponto de receberem elogios dos professores visitantes e do Orientador do professor da pesquisa. Para o último encontro, ficou planejado a entrega de um mapa conceitual sobre os assuntos abordados ao longo da SD, construídos de forma individual.

#### 5.4.10 Décimo Encontro

No último encontro da SD ocorreu a entrega dos mapas conceituais produzidos pelos estudantes, que contemplava todos os conceitos físicos trabalhados. A seguir, são mostrados alguns mapas conceituais produzidos pelos alunos, selecionados de forma aleatória (Figuras 34-37).

Figura 34 - Mapa conceitual do aluno B1

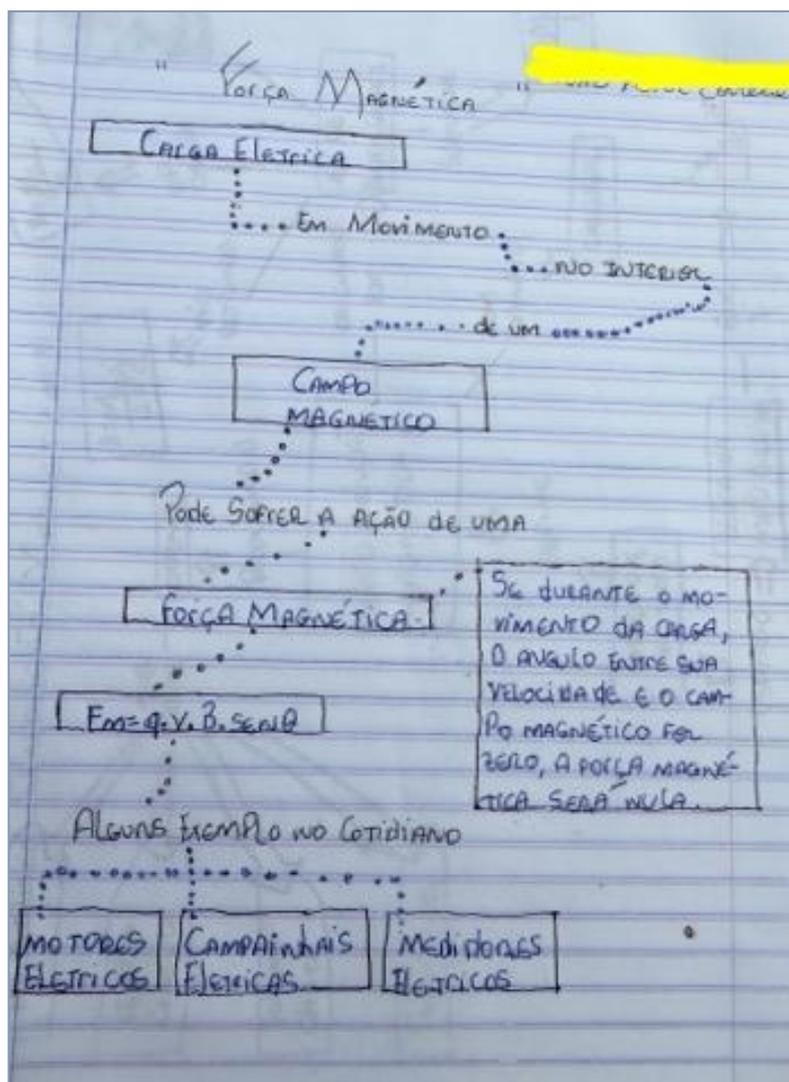
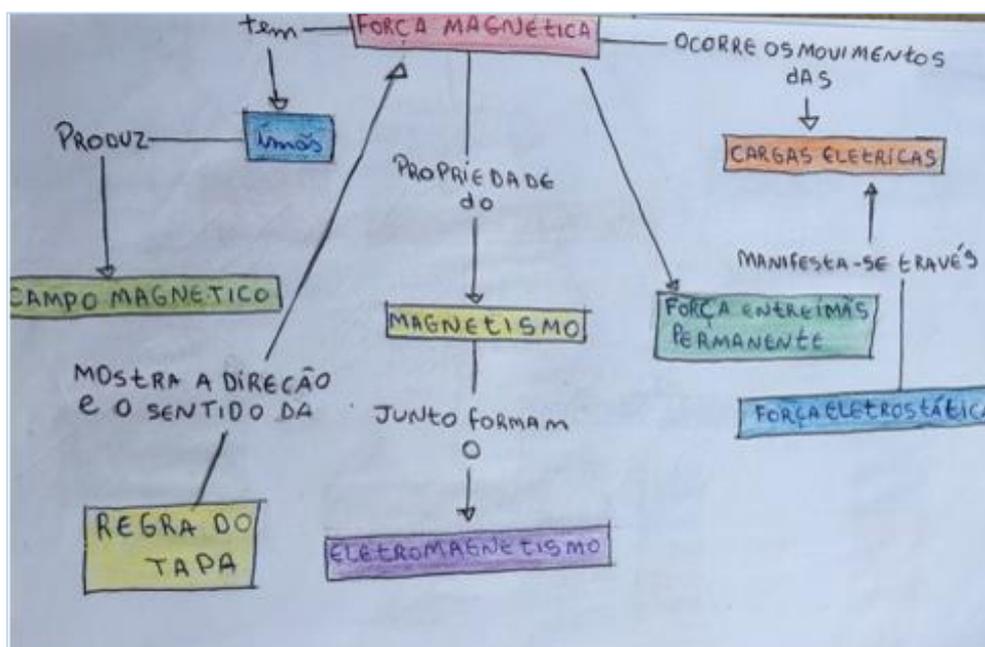




Figura 37 - Mapa conceitual do aluno B4



No planejamento da pesquisa, esse encontro, teria o momento de explicação dos alunos aos mapas conceituais elaborados, mas devido à antecipação do final do ano letivo, informado pela Secretaria de Educação do Estado, tivemos que modificar o que estava planejado. Com isso, o momento de auto avaliação dos sujeitos da pesquisa, que estava prevista para o último dia de aula do quarto bimestre, teve que ser antecipado, ocorrendo nesse último encontro da SD.

Em seguida, foi feito novamente uma roda de discussão, que dessa vez teve a função de avaliar toda a metodologia utilizada nessa proposta educacional. Com todos os alunos presentes, verificou-se uma grande satisfação por parte dos alunos com o dever cumprido e o resultado alcançado. Entre os relatos, um dos mais mencionados era “Por que as aulas de Física não foram assim desde o começo do ano”, fazendo alegação à monotonia nas aulas teóricas. Por fim, foi solicitado para que os estudantes fizessem uma exposição oral sobre o grau de satisfação sobre sua participação nessa SD.

Tivemos como respostas, que “as atividades práticas ajudaram na compreensão física do conteúdo apresentado”, “as dúvidas esclarecidas no momento do experimento facilitaram a compreensão de forma mais eficiente”, “que os experimentos sem interferência direta do professor causaram uma melhor interação entre os membros das equipes”, e “que atividades como essa tiraram um pouco a chatice das aulas tradicionais”. Concluindo a aula, o professor agradeceu

imensamente a turma pelo empenho e dedicação, citando a importância de todos pela realização desse projeto.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos uma proposta didática para inserir conteúdos associados ao estudo do Eletromagnetismo no Ensino Médio, fazendo uso de experimentos de baixo custo. Para isso, elaboramos uma Sequência Didática como estratégia para amplificar o conhecimento dos alunos de forma significativa, além de contribuir para o desenvolvimento pedagógico do professor.

Durante a aplicação da sequência didática, observou-se que ocorreu uma mudança na dinâmica das aulas, que em muitos casos é centrado somente no conteúdo, e que com essa nova dinâmica facilitou a aquisição de novos conhecimentos.

A proposta produzida na SD, veio com o intuito de apresentar primeiramente o experimento e somente depois, explicar a teoria. Teve um resultado positivo, pois verificou-se o quanto os alunos demonstraram interesse, focando suas atenções no material utilizado e no princípio de funcionamento de cada um dos experimentos, assim como nas explicações físicas, para depois, assimilarem de forma mais fácil os conceitos teóricos.

Outro ponto positivo apresentado pela SD foi a experiência de fazer um trabalho em grupo, pois nem sempre essa modalidade de trabalho é vista com bons olhos pelos alunos. O objetivo do trabalho em grupo é promover as trocas de conhecimento e a socialização, e isso foi observado desde a primeira atividade investigativa onde os alunos exercitaram suas capacidades de comunicação em busca das respostas mais satisfatórias.

Na condução da pesquisa, apresentamos algumas estratégias de como fazer o ensino ter o caráter significativo. Uma delas foi a problematização, que foi abordada como forma de deixar as aulas mais interessantes e envolventes para o aluno, como por exemplo, as questões levantadas desde a finalidade da bússola até o funcionamento do trem magnético, e isso favoreceu as reflexões em cima de cada ideia ou conceito apresentado pelo professor, e trabalhado nas rodas de discussão, onde os estudantes apresentavam suas ideias e percebiam, através das reflexões dos colegas, maneiras de conceber uma mesma ideia.

No planejamento de um experimento, colocamos nossa atenção ao fenômeno, que relaciona o assunto abordado com o conhecimento prévio do aluno. Para que o aluno tenha uma orientação durante o processo do experimento, pode-se desenvolver um questionamento. Dessa forma, o professor sabendo que o aluno possui aquele conhecimento mínimo, faz com que ele possa desenvolver a sua capacidade de raciocinar sem a necessidade de memorizar as fórmulas e conceitos abordados em sala.

Para buscar no aluno uma consciência sobre suas opiniões em comparação com o conhecimento científico, o experimento deve provocar reflexões de ideias que busquem enriquecer o processo de argumentação dos alunos. Por isso, as experiências propostas, utilizam esquemas experimentais simples, que têm como objetivo oferecer observação e informação em curto prazo, para estimular a argumentação dos alunos.

Um dos pontos que mais preocupava o planejamento da SD era o fator motivacional, já que no primeiro semestre, os alunos apresentavam certo relaxamento com os afazeres da escola, e costumavam ter comportamentos que poderiam ser complicados de lidar com um projeto como esse. Mas a partir do segundo encontro, percebemos uma evolução no comportamento e no modo de pensar e de agir dos estudantes. O fator motivacional transformou-se em um dos aspectos mais importante desse processo de aprendizagem.

Observamos nessa investigação, que a falta de um laboratório de ciências, poderia ter sido um grande entrave a esse processo de ensino e aprendizagem, mas como foi possível a realização de todos os experimentos na própria sala de aula, acreditamos que alcançamos esse objetivo. Além disso, encontramos dificuldade na programação do último encontro, pois um parecer da Secretária de Educação antecipou o final do ano letivo, levando o professor a agendar dois encontros na mesma semana, ocasionando com isso, uma pequena adaptação na análise dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes.

Os resultados obtidos da pesquisa mostram que é possível a realização do estudo de tópicos de Eletromagnetismo através de uma sequência didática pautada na teoria da aprendizagem significativa. Verificou-se na sala de aula uma participação que crescia a cada encontro, uma vez que os alunos se sentiam peças ativas dentro desse processo, aliado a um crescimento educacional e social. Para o processo ensino aprendizagem, acredito que esta proposta didática possa ser considerada

como uma ferramenta que venha facilitar a apreensão do conhecimento dos nossos alunos, tendo em vista que atividades diferenciadas sempre estimulam a criatividade e despertam o interesse nas questões relacionadas com o nosso dia a dia.

## REFERÊNCIAS

ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo de ensino aprendizagem em Física: Eletricidade. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. 2005.

AUSUBEL. D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana Ltda, 1980

AUSUBEL. D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.

BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro. 2000.

BRAATHEN, P. C. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. **Revista Eixo**. n. 1. v. 1. 2012.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Ministério da Educação. Brasília, 2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio**. Brasília: MEC 1998.

CACHAPUZ, Antonio F. A procura da excelência na aprendizagem. In: NOVAK, J.D., MOREIRA, M.A., VALADARES, A.J., CACHAPUZ, A.F., et al. **Teoria da aprendizagem significativa: Contributos do III Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa**. Penche, 2000. Cap. 5, p. 121-134.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**. 8. ed. Campinas: Autores Associados, 2009.

DONA ATRAENTE. Disponível em: <<https://donaatraente.files.wordpress.com/2013/05/picture1.jpg>>. Acesso em: 12/05/2018.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **Evolução da Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

FARIA, R. N.; LIMA, L. F. C. P. **Introdução ao magnetismo dos materiais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

FERREIRA, E. P. M. et al. **Experimentos na aprendizagem de Física**. Boletim da 4ª JICE: IFT, 2013.

FONSECA, M. et al. **O laboratório virtual: Uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. n. 4, p. 4503, 2013.

FREIRE, P. **PEDAGOGIA DA AUTONOMIA: Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GASPAR, A; MONTEIRO I. C. C. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky**. UNESP-SP, 2005.

HALLIDAY, D., RESNICK, R. e WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. Volume 3. 10. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2016.

HEWWIT. P. G. **Física conceitual**. 12 ed. Porto Alegre: Bookman Editora. 2015.

IFGW. Instituto de Física “Glebe Wataghin”. Disponível em: <<https://portal.ifi.unicamp.br>>. Acesso em: 14/05/2018.

KOCHHANN, Andréa, MORAES, Ândrea Carla. **Manual didático-pedagógico da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel**. Anápolis – GO: Editora UEG, 2012.

LEMOS, Evelyse dos Santos. **A teoria da aprendizagem significativa e sua relação com o ensino e com a pesquisa sobre o ensino**. Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review, v.1, n. 3, p. 47-52, 2011.

LIBÂNEO, J. C. **Educação escolar: políticas, estruturas e organização**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. **Simulações Computacionais como Ferramentas para o Ensino de Conceitos Básicos de Eletricidade**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 562-613, set. 2012.

MACEDO, Lino de. **Ensaio construtivistas**. 4. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.

MASSINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MESOATOMIC. Disponível em: <<http://www.mesoatomic.com/pt-br/fisica/eletrromagnetismo/eletrromagnetismo/forca-magnetica>>. Acesso em: 10/05/2018.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Artigo publicado no Boletim de Estudos e Investigación. n. 6. 2000.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Artigo publicado pelo Instituto de Física da UFRGS. 2010.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em ensino: Aspectos metodológicos**. Artigo publicado pelo Instituto de Física da UFRGS. 2003.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Mapas conceituais: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo**. São Paulo: Editora Moraes, 1987.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A., CABALLERO, M.C., RODRIGUEZ, M.L. (orgs) 1997. **Actas del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo**. España. p, 19-44.

NOVAK, J. D. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Paralelo Editora, 1984.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 3**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

OLIVEIRA, Marta Kohl. **Lev Vygotsky texto e apresentação**. 2010.

PIAGET, J. **O diálogo com a criança e o desenvolvimento do raciocínio**. São Paulo: Scipione, 1997.

PRAIA, J.F. Aprendizagem Significativa em David Ausubel: contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. In: NOVAK, J.D., MOREIRA, M.A., VALADARES, A.J., CACHAPUZ, A.F., PRAIA, J.F., MARTINEZ, R.D., MONTERO, Y.H. e PEDROSA, M.E. Teoria da Aprendizagem Significativa: Contributos do III Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa. Penche, 2000. Cap. 5, p. 121-134.

QUINTAS, M. J.; CARVALHO, P. S. **Ensino interativo na abordagem da eletricidade numa escola portuguesa**. p. 839–860, 2016.

RIBEIRO, J. E. A. **Sobre a força de Lorentz, os conceitos de campos e a essência do eletromagnetismo clássico**. Dissertação (Mestrado), USP, 2008.

RIBEIRO, R. J. SILVA, S. C. R. e KOSCIANSKI, A. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Revista Ensaio**. n. 03. v. 14. 2012.

SANTOS, J. C. F. dos. **Aprendizagem Significativa: modalidades de aprendizagem e o papel do professor**. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SEREIA, D. A. O. e PIRANHA M. M. **Aulas práticas investigativas: uma experiência no ensino fundamental para a formação de alunos participativos**. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/Ciencias/Artigos/aulas\\_prat\\_investig.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Ciencias/Artigos/aulas_prat_investig.pdf)>. Acesso em: 10/10/2018.

SILVA, E. S. P. **Trabalhando com os temas geradores de Ensino**. Artigo, 2004: acervo. Paulofreire.org. < acesso em 13/08/2020 >

SILVA, S. de C. R. da; SCHIRLO, A. C. **Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social**. Imagens da Educação, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.

TORRES, C. M. A. et al. **Física: Ciência e tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2016.

TRENTIN, M. A. S.; SILVA, M.; ROSA, C. T. W. **Eletrodinâmica no ensino médio: uma sequência didática apoiada nas tecnologias e na experimentação.** REnCiMa, v. 9, n.5, p. 94-113, 2018.

TIPLER, P. A. e MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros.** v. 2. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2011.

VILLANI, C. E. P. e NASCIMENTO, S. S. A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de Física no Ensino Médio. **Investigação em Ensino de Ciências.** v. 8, 2003.

VILLATORE, A. M. HIGA, I. e TYCHANOWICZ, S. D. **Didática e avaliação em Física.** São Paulo: Saraiva, 2009.

VIANA, O. A. **Conhecimentos prévios e organização de material potencialmente significativo para a aprendizagem.** Artigo publicado em Ciências & Cognição. Vol. 16. 2011.

VYGOTSKY, LEV S. **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1987.

YOUNG, H. D. & FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo.** 14 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

ZABALA, A. **A prática Educativa:** Como ensinar. Porto Alegre: Artmed Editora, 1998.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A – Produto Educacional**

# UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO

*Ajax Rosas*



*Produto Educacional*

*Mestrado em Ensino de Física*



**Autor:**

**Ajax Wellington Parente Rosas**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Eder Nascimento Silva**

**Capa e Contracapa:**

**Pedro Fontes**

**Figura da capa:**

**Ajax Wellington Parente Rosas**

**São Luís - MA**

**2020**

© Ajax Wellington Parente Rosas e Eder Nascimento Silva – 2020.  
O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Por favor, contate os autores caso constate que houve violação de seus direitos autorais. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

## APRESENTAÇÃO

Neste trabalho, procuramos mostrar os reflexos e contribuições que a prática experimental possibilita para os estudantes na construção de uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, a proposta desse projeto possibilita vincular princípios de funcionamentos de equipamentos do nosso cotidiano aos conteúdos do Eletromagnetismo.

A proposta dessa Sequência didática é sustentada com a realização de um levantamento diagnóstico, com o objetivo de determinar o nível de conhecimentos prévios dos alunos em relação ao conteúdo a ser estudado. Num momento seguinte, propõe-se aos mesmos, realizarem atividades experimentais em sala de aula, construindo vários experimentos com matérias de baixo custo, como forma de facilitar a compreensão dos princípios básicos de funcionamento de cada um deles. Para o fechamento do ciclo, temos a aula expositiva dialogada, para que o aluno a confronte com o conhecimento adquirido nas etapas anteriores. Essa metodologia visa mostrar ao aluno que a Física está presente nas atividades do dia a dia.

O manual instrucional está dividido em quatro partes: inicia-se com uma breve introdução sobre o produto educacional; em seguida, um resumo teórico sobre tópicos de Eletromagnetismo; na terceira parte, orientações para a construção da sequência didática, apresentando questionários e roteiros das atividades para aplicação em sala; e por fim, uma mensagem ao(a) professor(a).

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Apanhado Histórico do Magnetismo .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Ações de um campo magnético sobre cargas elétricas .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Força Magnética Sobre uma Corrente .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>O campo magnético de uma corrente elétrica .....</b>	<b>13</b>
<b>2.5</b>	<b>O campo magnético de uma corrente estacionária .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6</b>	<b>Campo Magnético em um Solenoide .....</b>	<b>16</b>
<b>2.7</b>	<b>Fluxo da Indução Eletromagnética .....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Primeiro Encontro .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Segundo Encontro.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Terceiro Encontro.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Quarto Encontro .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Quinto Encontro .....</b>	<b>28</b>
<b>3.6</b>	<b>Sexto Encontro .....</b>	<b>29</b>
<b>3.7</b>	<b>Sétimo Encontro .....</b>	<b>31</b>
<b>3.8</b>	<b>Oitavo Encontro.....</b>	<b>33</b>
<b>3.9</b>	<b>Nono Encontro.....</b>	<b>33</b>
<b>3.10</b>	<b>Decimo Encontro .....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>MENSAGEM AO PROFESSOR.....</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Eletromagnetismo estuda o conjunto de fenômenos relacionados a junção entre a eletricidade e o magnetismo, e está presente no nosso cotidiano, no avanço tecnológico, no funcionamento dos mais diversos aparelhos e equipamentos eletroeletrônicos, nos acontecimentos naturais, entre outros. Apesar dos avanços educacionais, as muitas aplicações não são muito exploradas no ensino da Física, onde as aulas, com certa frequência, são conduzidas com uma carga teórica muito grande, ocasionando um excesso de memorização e a falta de uma aprendizagem significativa.

Segundo Sales (2012), a vantagem na pesquisa de pequena escala conduzida pelo professor é que ele conhece a realidade da escola em que leciona, acompanha o dia a dia dos estudantes, depara-se constantemente com indisciplina, dificuldade de operacionalização dos objetivos, avaliação continuada, pressão das turmas lotadas, sobrecarga de trabalho etc. Com o intuito de prover um meio de ensino ao professor, este material tem o formato de uma Sequência Didática que propõe uma forma facilitadora do ensino do Eletromagnetismo para que o aluno supere o desânimo e seja motivado ao querer aprender os conteúdos da Física. Pois, estas dificuldades são desafios que podem ser superados pelos professores com a inserção em sala de aula de métodos que proporcione uma aprendizagem significativa. Assim, esse trabalho apresenta uma proposta de aprendizagem por meio de atividades experimentais com matérias de baixo custo, como mecanismo facilitador da aprendizagem para o aprendiz.

As atividades são propostas para serem desenvolvidas em dez encontros com o objetivo de associar os conteúdos abordados de forma teórica com a prática experimental para estimular o interesse dos alunos e, assim, contribuir para uma aprendizagem significativa e crítica no processo ensino aprendizagem.

## 2 TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO

Nesta seção são abordados os conteúdos básicos de Física que estão relacionados com a sequência didática apresentada neste trabalho. O produto educacional desenvolvido é direcionado para utilização de uma sequência didática em turmas do terceiro ano do Ensino Médio, que geralmente, abordam o estudo de Eletromagnetismo e de Física Moderna, em sua matriz curricular. No período compreendido da pesquisa, que ocorreu no quarto bimestre do ano de 2018, o professor trabalhou os conteúdos de Eletromagnetismo. Nesse sentido, desenvolvemos neste capítulo um breve resumo dos assuntos de Eletromagnetismo abordados na sequência didática. Iniciamos fazendo um apanhado histórico que abrange, desde a descoberta dos primeiros ímãs até os experimentos que indicavam uma junção da Eletricidade com o Magnetismo. Discutiremos, também, sobre os campos magnéticos e suas leis e finalizaremos o capítulo explicando o fenômeno da indução eletromagnética.

O Eletromagnetismo é a denominação que é dada ao conjunto de teorias que Maxwell<sup>1</sup>, apoiado em outras descobertas experimentais, desenvolveu e unificou para explicar a relação mútua existente entre os efeitos elétricos e magnéticos.

### 2.1 Apanhado Histórico do Magnetismo

Já na Grécia antiga se conheciam as propriedades de um minério de ferro encontrado na região da Magnésia, a magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); um pedaço de magnetita é um ímã permanente, que atrai pequenos fragmentos de ferro (NUSSENZVEIG, 1997). Entre as utilidades da magnetita, temos o uso das bússolas, que foram usadas pelos chineses para navegação, em meados do século XII.

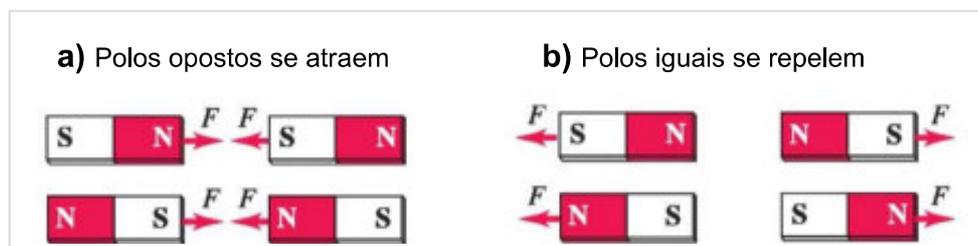
Em 1269, o engenheiro francês Pierre de Maricourt descobriu que uma agulha disposta em várias posições sobre um ímã esférico natural reorienta-se ao longo das

---

<sup>1</sup> James Clerk Maxwell, (1831-1879), foi um matemático e físico teórico escocês. Antes de completar 20 anos, já havia se graduado em Filosofia Natural pela Universidade de Edimburgo. Em 1850, foi para a Universidade de Cambridge, onde pós graduou-se em Matemática, e começou a se interessar pelas equações do Eletromagnetismo. Em 1873, publicou o “Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo”, que apresentava pela primeira vez as equações diferenciais parciais que hoje levam seu nome (TORRES, p. 118, 2016).

linhas que passam através de pontos nas extremidades opostas as da esfera. Ele chamou estes pontos de polos do ímã (TIPLER, 2011). Observaram-se em experimentos seguintes que, um ímã permanente possui dois polos, que denominamos de polo norte (N) e polo sul (S) e que, dois ímãs podem se repelir ou se atrair, conforme a Figura 1.

Figura 38 - Atração e repulsão dos polos de um ímã



Legenda: a) Quando os polos opostos (N e S, ou S e N) de um ímã estão muito próximos, ocorre atração entre os ímãs. b) Quando os polos iguais (N e N, ou S e S) de um ímã estão muito próximos, ocorre repulsão entre os ímãs. Fonte: Young; Freedman. 2015.

Poderíamos, então, pensar em descrever o magnetismo produzido por ímãs permanentes de forma análoga à eletrostática, introduzindo cargas magnéticas N e S por analogia com cargas elétricas positivas e negativas (NUSSENZVEIG, 1997). Mas existe uma importante diferença entre os fenômenos com as cargas elétricas e os polos magnéticos. Segundo Nussenzveig (1997), polos magnéticos não podem ser encontrados isoladamente, ou seja, um polo jamais existe sem a presença do outro. Quando se divide um ímã ao meio, cada metade se comporta como um novo ímã, possuindo os dois polos.

Em 1600, William Gilbert, publicou um importante tratado sobre magnetismo, onde observava, pela primeira vez, que a própria Terra atua como um grande ímã (NUSSENZVEIG, 1997). Ele deduziu, em seu livro "De Magnete" de 1600, que a Terra possuía polos magnéticos próximos aos polos sul e norte geográficos, ou seja, se colocássemos uma bússola nas proximidades do nosso planeta, a agulha imantada se orientaria de tal modo que, no polo sul magnético seria o polo norte geográfico.

Apesar dos esforços de William Gilbert, para encontrar ligações entre o magnetismo e a eletricidade, essas duas ciências permaneceram isoladas por mais de dois séculos, até que por volta de 1820, um professor de ciências dinamarquês chamado Hans Christian Oersted descobriu, durante uma demonstração em sala de

aula, que a corrente que flui em um condutor pode defletir a agulha de uma bússola. (HEWITT, 2015). Com essa evidência, ele contribuiu para que a relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos existia. Com isso, tivemos a junção da eletricidade com o magnetismo, resultando no começo do estudo do Eletromagnetismo.

Um bom exemplo da relação entre magnetismo e eletricidade é verificado através do conceito de força. As forças que os ímãs exercem entre si possuem comportamentos semelhantes às forças elétricas, pois elas também podem atrair ou repelir sem que necessariamente as partes se toquem, dependendo de quais extremidades dos ímãs estão mais próximas (HEWITT, 2015). Enquanto as cargas elétricas são centrais para as forças elétricas, no magnetismo não há cargas magnéticas isoladas, e sim, funcionando como um dipolo magnético<sup>2</sup>.

## 2.2 Ações de um campo magnético sobre cargas elétricas

A experiência mostra que quando temos duas cargas elétricas em repouso, aparece entre elas, uma força, de natureza elétrica, chamada força eletrostática. Mas se elas estiverem se movendo, uma carga elétrica exercerá uma força, de natureza magnética, sobre a outra carga. Assim, uma carga em movimento cria na região em torno dela um campo magnético, o qual atuará sobre a outra carga, que também está em movimento, exercendo sobre ela uma força magnética (LUZ, 2013). Esta força magnética possui uma característica direcional estranha: em qualquer ponto no espaço, tanto a direção, quanto à magnitude desta força, dependem da direção do movimento da partícula. Verifica-se que a força é perpendicular ao vetor velocidade  $\mathbf{v}$  ao campo magnético. Além disso, a força é proporcional à carga e à componente da velocidade a esta direção. Este comportamento descreve o que definimos de vetor campo magnético  $\mathbf{B}$ . Quando uma partícula de carga  $q$  e velocidade  $\mathbf{v}$  está em uma região com um campo magnético  $\mathbf{B}$ , uma força magnética  $\mathbf{F}$  é exercida na partícula, dada por:

$$\mathbf{F}_M = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}. \quad (1)$$

---

<sup>2</sup> Não existe uma carga ou polo magnético isolado, ou seja, não há nenhuma maneira de dividir o dipolo magnético em polos separados, portanto, o dipolo é a menor unidade fundamental do magnetismo. Está é uma diferença entre os dipolos elétricos e magnéticos, uma vez que os dipolos elétricos podem ser separados em seus elementos constituintes (carga positiva e negativa) (FARIA, 2005, p. 13).

Então, a força eletromagnética total numa carga, pode ser escrita como:

$$\mathbf{F}_L = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}), \quad (2)$$

esta é a chamada força de Lorentz<sup>3</sup>.

No Sistema Internacional a unidade de intensidade do vetor campo magnético  $\mathbf{B}$  denomina-se *tesla* (T), em homenagem ao cientista croata Nikola Tesla. Uma partícula que tem uma carga de 1,0 *coulomb* e está em movimento com uma velocidade de 1,0 metro por segundo perpendicular ao campo magnético de 1,0 *tesla* experimenta uma força de 1,0 newton:

$$1T = 1 \frac{N}{C \cdot (\frac{m}{s})} = 1 \frac{N}{A \cdot m}. \quad (3)$$

Outra unidade para  $\mathbf{B}$ , derivada do sistema CGS, é o *gauss* (G), que está relacionado ao tesla da seguinte maneira:

$$1 G = 10^{-4} T. \quad (4)$$

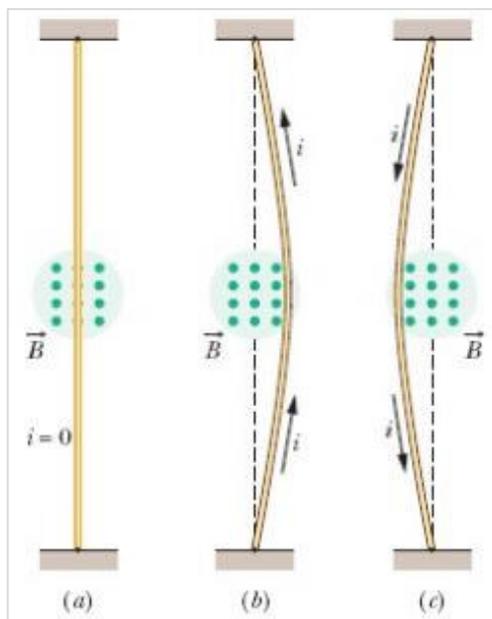
### 2.3 Força Magnética Sobre uma Corrente

Considerando agora, um fio conduzindo uma corrente em um campo magnético, a lógica básica nos diz que as partículas carregadas devem experimentar uma força defletora quando estiver na presença de um campo magnético. Se as partículas carregadas estiverem presas no fio quando a força atuar, logo o próprio fio, é defletido devido à ação de uma força, conforme a Figura 2.

---

<sup>3</sup> Hendrik Lorentz, (1853-1928), foi um físico teórico holandês que desempenhou um papel significativo no desenvolvimento da teoria do elétron. Para a consideração da força sobre um condutor conduzindo corrente em uma região de campo magnético perpendicular ao condutor como sendo a força sobre as partículas responsáveis pela corrente, denomina-se de força de Lorentz (RIBEIRO, 2008, p.22).

Figura 39 - Força magnética sobre um fio conduzindo uma corrente



Legenda: Um fio flexível passa entre os polos de um ímã. (a) Quando não há corrente, o fio não se encurva para nenhum lado. (b) Quando há uma corrente para cima, o fio se encurva para a direita. (c) Quando há uma corrente para baixo, o fio se encurva para a esquerda. Fonte: Halliday, 2016.

Se o sentido da corrente for invertido, a força defletora atuará em sentido contrário. Se a corrente é perpendicular às linhas de campo, a força se tornará mais intensa. A corrente consiste em partículas carregadas movendo-se com velocidade  $\mathbf{v}$  ao longo do fio. Cada carga sente a força transversa, conforme a Equação (1):

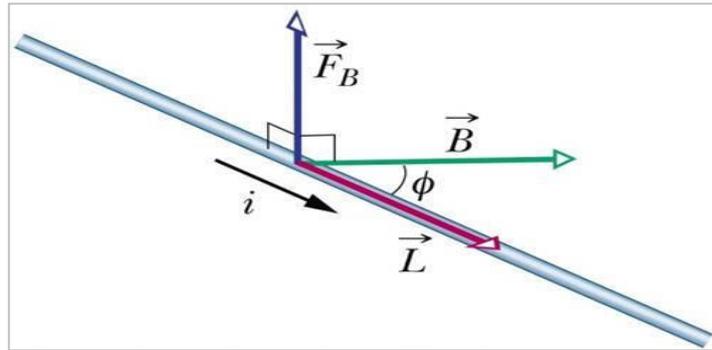
$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} .$$

A força infinitesimal é dada por

$$d\mathbf{F} = dq \mathbf{v} \times \mathbf{B} . \quad (5)$$

Considerando uma seção  $d\mathbf{l}$  do fio da Figura 3, onde um fio transportando uma corrente  $i$  faz um ângulo  $\varphi$  com o campo magnético  $\mathbf{B}$ .

Figura 40 - Força magnética em um segmento de fio



Legenda: Um fio percorrido por uma corrente  $i$  faz um ângulo  $\phi$  com um campo magnético  $\vec{B}$ . O fio tem um comprimento  $L$  e um vetor comprimento  $\vec{L}$  (na direção da corrente). Uma força magnética  $\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}$  age sobre o fio. Fonte: Halliday, 2016.

Os elétrons, nesta seção do fio, irão deslocar-se numa velocidade  $d\vec{l}/dt$ , transportando uma carga dada por

$$dq = idt. \quad (6)$$

Substituindo esse valor na Equação (5), temos

$$d\mathbf{F} = idt \left( \frac{d\mathbf{l}}{dt} \times \mathbf{B} \right) \Rightarrow d\mathbf{F} = id\mathbf{l} \times \mathbf{B}. \quad (7)$$

A força infinitesimal na seção  $d\mathbf{l}$  pode ser escrita como

$$dF = idlB\sin\varphi, \quad (8)$$

na qual  $\varphi$  é o ângulo entre a direção do segmento do fio  $d\mathbf{l}$  (direção da corrente) e a direção do campo magnético  $\mathbf{B}$ .

E qual seria então, a força magnética sobre o fio inteiro. Nesse caso

$$\mathbf{F} = \int_{\text{fio}} d\mathbf{F} = \int_{\text{fio}} i d\mathbf{l} \times \mathbf{B}. \quad (9)$$

Se ocorrer o caso do campo magnético  $B$  ser uniforme e o fio ter um comprimento finito, a Equação (9) pode ser resumida a

$$\mathbf{F} = i \mathbf{L} \times \mathbf{B}. \quad (10)$$

E se imaginarmos um caminho fechado e o campo magnético  $\mathbf{B}$  uniforme, a força que age no circuito é por definição

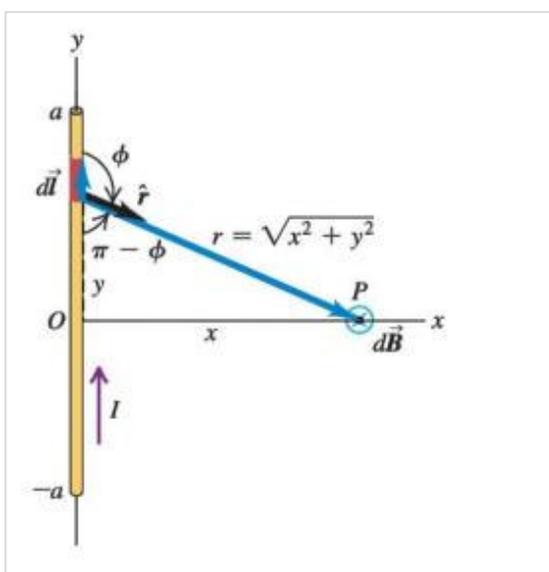
$$\mathbf{F} = \oint i d\mathbf{l} \times \mathbf{B} = 0. \quad (11)$$

É importante observar que a equação que fornece a força magnética no fio, devido a um movimento de cargas nele contidas, não depende da quantidade de cargas carregadas por cada uma das partículas.

## 2.4 O campo magnético de uma corrente elétrica

A partir da observação de Hans Christian Oersted da deflexão de uma bússola na proximidade de um fio com corrente elétrica, dois físicos franceses, Jean-Baptista Biot e Félix Savart, foram incentivados a formularem uma equação que permitia calcular a intensidade do campo magnético gerado em um ponto  $P$  a uma distância  $r$  de um elemento de comprimento  $d\mathbf{l}$  em um fio por onde se passa uma corrente elétrica  $i$ , conforme a Figura 4.

Figura 41 - Campo magnético produzido por um fio retilíneo de comprimento  $2a$



Legenda: No ponto  $P$ , o campo  $d\vec{B}$  produzido por cada elemento do condutor possui sentido para dentro da página, como o campo total  $\vec{B}$ . Fonte: Young & Freedman, 2015.

Considerando uma carga  $dq$ , que se move com uma velocidade  $\mathbf{v}$  no fio, então, escreve-se  $d\mathbf{B}$  usando a expressão

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq \mathbf{v} \times \hat{r}}{r^2}. \quad (12)$$

Uma carga em movimento no fio define uma corrente, que podemos escrever como

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (13)$$

Se a carga  $q$  tem velocidade  $\mathbf{v}$ , no intervalo  $dt$ , ela vai andar um elemento  $d\mathbf{l}$ , que tem a direção do fio. Escrevendo a velocidade como

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{l}}{dt}. \quad (14)$$

E substituindo (13) e (14) em (12), obtemos o campo  $d\mathbf{B}$  produzido por cargas em movimento, que é dado pela Equação 15, denominada **Lei de Biot-Savart**:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\mathbf{l} \times \hat{r}}{r^2}, \quad (15)$$

na qual  $\mu_0$  é uma constante de proporcionalidade, chamada de constante magnética (permeabilidade do espaço livre), a qual, por definição, tem o valor

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{T} \cdot \text{m}/\text{A}. \quad (16)$$

O valor do campo  $d\mathbf{B}$  é proporcional ao seno do ângulo  $\theta$  formando entre as direções dos vetores  $d\mathbf{l}$  e  $\mathbf{r}$ . Assim, o campo será máximo se  $\theta = \pi/2$  (perpendicular) e nulo se  $\theta = 0$  (paralelo).

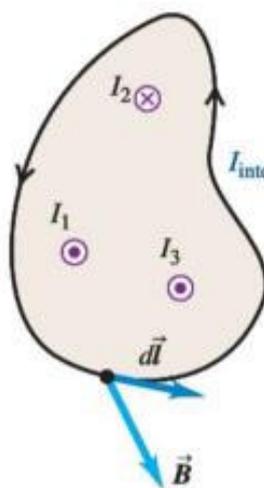
## 2.5 O campo magnético de uma corrente estacionária

Os resultados de Oersted foram apresentados em 1820 numa reunião da Academia de Ciências da França, em Paris. O jovem físico André Marie Ampère assistiu a apresentação e, imediatamente após, deu início a uma série de experiências belíssimas, entre elas, uma que propôs que as correntes elétricas fossem as fontes de todos os fenômenos magnéticos, cujo primeiro resultado, anunciado uma semana depois, dizia respeito à interação magnética entre fios transportando correntes paralelas. Ampère foi chamado por Maxwell de “o Newton da Eletricidade” (NUSSENZVEIG, 1997).

Para o cálculo do campo magnético devido a uma distribuição de corrente, utilizamos a Lei de Biot-Savart. Mas existe uma outra lei, denominada **lei de Ampère**, que permite resolver com rapidez e com um esforço consideravelmente menor, o cálculo de um campo magnético quando a distribuição de corrente elétrica apresenta um alto grau de simetria.

Então, é possível calcular o campo magnético total associado a qualquer distribuição de correntes escrevendo o campo magnético elementar  $d\mathbf{B}$  produzido por um elemento de corrente  $id\mathbf{l}$  e somando as contribuições de todos os elementos de corrente, conforme a Figura 5.

Figura 42 - Aplicação da lei de Ampère, plano da curva vista de cima



Legenda: Quando calculamos a integral de linha do campo magnético em torno de uma curva fechada, o resultado equivale a  $\mu_0$  vezes o total da corrente. Fonte: Young & Freedman, 2015.

A Figura 5 mostra a seção transversal de um fio retilíneo que atravessa o plano da página perpendicularmente a ele. Cada linha de  $\mathbf{B}$  é uma curva fechada e

sua determinação pode ser feita em termos de sua circuitação, ou seja, fazendo a integral de linha desse campo num caminho fechado (HALLIDAY, 2016). Então,

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \oint_C B dl \cos \theta . \quad (17)$$

Para o caso do campo produzido por um fio, fazemos

$$dl \cos \theta = r d\varphi , \quad (18)$$

em que  $\varphi$  é o ângulo infinitesimal e  $r$  é raio local do campo  $\mathbf{B}$ . Assim,

$$\oint_C B dl \cos \theta = \oint_C B r d\varphi = \int \frac{\mu_0 i}{2\pi r} r d\varphi = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int d\varphi . \quad (19)$$

Num caminho fechado, onde  $\varphi = 2\pi$ , temos

$$\frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_{2\pi} d\varphi = \mu_0 i . \quad (20)$$

Assim,

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i . \quad (21)$$

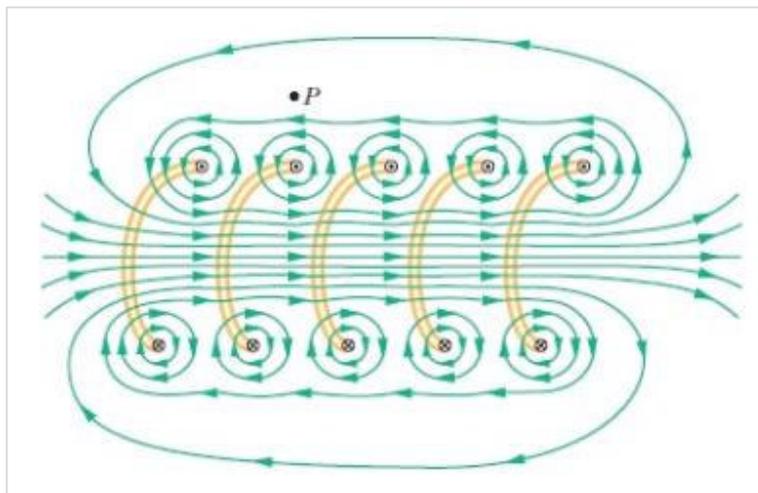
A Equação (21) é chamada de lei de Ampère. A corrente  $i$  é a corrente total envolvida pela curva fechada.

## 2.6 Campo Magnético em um Solenoide

Uma situação com um alto grau de simetria, em que o uso da lei de Ampère se mostra útil, é o cálculo do campo magnético criado pela corrente numa longa bobina de fio enrolado numa espira justa, como mostra a Figura 6. Este tipo de bobina é denominado de solenoide (HALLIDAY, 2016). Supondo que o solenoide é muito longo, em comparação com seu diâmetro, as suas linhas de campo internas vão se tornando

mais próximas do paralelo, enquanto que, as suas linhas externas vão se tornando cada vez mais raras. Podemos encontrar a intensidade do campo interno utilizando a lei de Ampère.

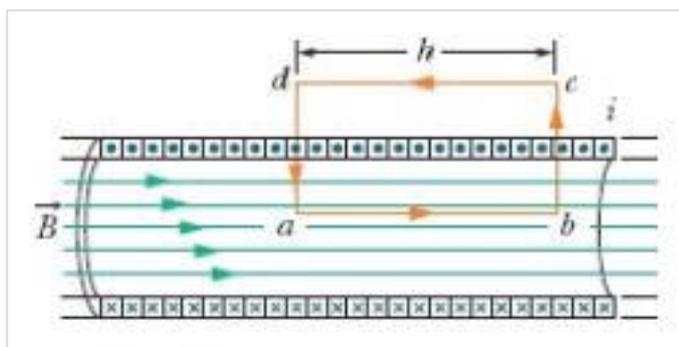
Figura 43 - Seção reta de um trecho de um solenoide percorrido por uma corrente



Legenda: São mostradas apenas as partes traseiras de cinco espiras e as linhas de campo magnético associadas. As linhas de campo magnético são circulares nas proximidades das espiras. Perto do eixo do solenoide, as linhas de campo se combinam para produzir um campo magnético paralelo ao eixo. O fato de as linhas de campo apresentarem um pequeno espaçamento indica que o campo magnético nessa região é intenso. Do lado de fora do solenoide, as linhas de campo são bem espaçadas, e o campo é muito mais fraco. Fonte: Halliday, 2016.

Num cilindro longo, as linhas de campo internas serão quase uniformes, para esse caso, usamos a lei de Ampère com a “curva amperiana retangular *abcd*” mostrada na Figura 7.

Figura 44 - Aplicação da lei de Ampere a uma seção de um solenoide ideal percorrido por uma corrente  $i$



Fonte: Halliday, 2016.

Escrevemos a integral de linha de  $\mathbf{B}$  como a soma de quatro integrais, uma para cada segmento do percurso. Considerando que o caminho contém  $N$  espiras e usando a lei de Ampère, temos

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i.$$

Então,

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_a^b \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_b^c \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_c^d \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_d^a \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}. \quad (22)$$

Destas, somente a primeira produz um valor não nulo. A segunda e a quarta são nulas, pois o campo  $\mathbf{B}$  é perpendicular às linhas de campo e a terceira percorre o lado de fora, onde o campo  $\mathbf{B}$  pode ser desprezado. A integral de linha de  $\mathbf{B}$  nesta curva é simplesmente

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_a^b \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + 0 + 0 + 0 = B h. \quad (23)$$

A corrente líquida  $i$  englobada pela curva amperiana retangular mostrada na Figura 7, não é igual a corrente  $i_S$  do solenoide, pois esse caminho corta mais de uma espira. Sendo  $n$  o número de voltas por unidade de comprimento do solenoide, ou seja,  $n = N/h$ , temos

$$i = i_S (nh). \quad (24)$$

A lei de Ampère torna-se, então

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i \Rightarrow B h = \mu_0 i_S n h. \quad (25)$$

Assim,

$$B = \mu_0 i_S n. \quad (26)$$

A Equação (26) vale com boa aproximação para solenoides reais aplicada somente a pontos internos próximos ao centro da solenoide. Segundo Halliday (2016), essa Equação é consistente com o fato experimental de que  $B$  não depende do diâmetro ou do comprimento do solenoide e de que  $B$  é uma constante sobre a seção transversal do solenoide. Um solenoide fornece uma forma prática de se obter um campo magnético uniforme conhecido para fins experimentais.

Uma bobina conduzindo uma corrente elétrica constitui um eletroímã. A intensidade de um eletroímã pode ser aumentada simplesmente aumentando-se a corrente que flui pelo dispositivo e o número de espiras em torno do núcleo. Eletroímãs industriais têm suas intensidades reforçadas pela introdução de um núcleo de ferro no interior da bobina. Ímãs suficientemente potentes para erguer automóveis são de uso comum em depósitos de ferro velho.

Os eletroímãs não precisam ter núcleos de ferro. Eletroímãs sem núcleos são usados no transporte por levitação magnética, ou trem magnético. A construção de um eletroímã foi o tema da atividade experimental que aconteceu no quarto encontro da Sequência Didática, enquanto que a construção de um trem magnético foi realizada no penúltimo encontro.

## 2.7 Fluxo da Indução Eletromagnética

Como vimos na seção 2.1 desse capítulo, Christian Oersted mostrou, em 1820, a produção de campos magnéticos a partir de correntes elétricas. A partir daí, a comunidade científica se perguntava: “se produzimos campos magnéticos a partir de correntes elétricas”, se seria possível mostrar o contrário.

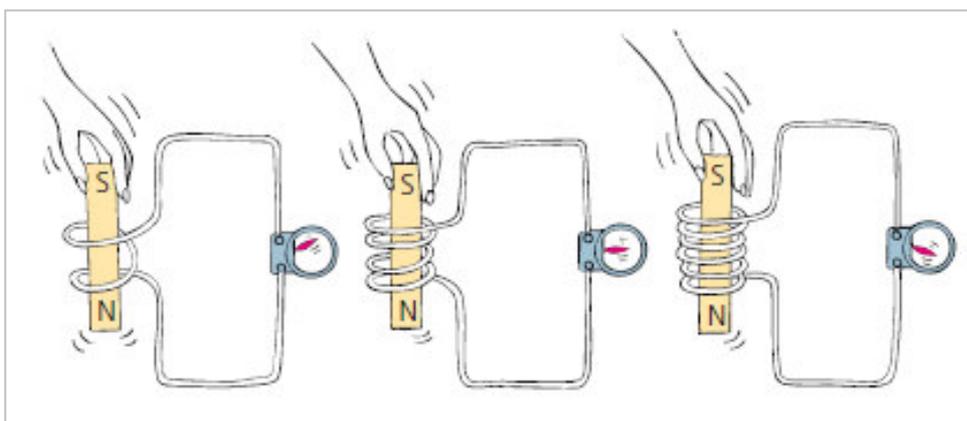
Os físicos Michael Faraday e Joseph Henry descobriram que a corrente elétrica pode ser produzida em um fio simplesmente movendo-se um ímã para dentro ou para fora das espiras de uma bobina. Não foi necessário o uso de bateria ou outra fonte de voltagem – apenas o movimento do ímã em relação à bobina (HEWITT, 2005).

O fenômeno da produção de corrente pela variação do campo magnético em espiras de fio é denominado de indução eletromagnética, e a corrente elétrica

produzida é chamada de corrente elétrica induzida. Segundo Hewitt (2005), a corrente é causada, ou induzida, pelo movimento relativo entre um fio e um campo magnético. A indução da corrente ocorre se o campo magnético de um ímã se move próximo a um condutor estacionário, ou se o condutor move-se em um campo magnético estacionário.

Quanto maior for o número de espiras do fio que se movem no campo magnético, maior a corrente induzida, conforme a Figura 8. A indução eletromagnética foi a ferramenta principal para a produção experimental do trem magnético, proposto na sequência Didática.

Figura 8 - Indução de uma voltagem pela variação do campo magnético



Fonte: Hewitt, 2005.

A indução eletromagnética é resumida pela lei de Faraday, a qual estabelece que a corrente induzida em uma bobina seja proporcional ao produto do número de espiras pela área da seção transversal de cada espira e pela taxa com a qual o campo magnético varia no interior das espiras.

Para aplicar a lei de Faraday precisamos saber calcular a quantidade de linhas de campo magnético que atravessa essa espira. Para isso, definimos um fluxo magnético dado por:

$$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}. \quad (27)$$

A unidade de fluxo magnético é a de intensidade de campo magnético multiplicada pela área, ou seja, o tesla-metro quadrado, que é definida por *weber* (Wb):

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2. \quad (28)$$

A força eletromotriz induzida  $\varepsilon$  em uma espira se opõe à variação do fluxo, de modo que, matematicamente, a lei de Faraday pode ser escrita na forma:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}, \quad (29)$$

onde o sinal negativo indica a oposição a que nos referimos.

Se tivermos o fluxo magnético através de uma bobina de  $N$  espiras que sofre uma variação de tempo, uma força eletromotriz é induzida em cada espira e a força eletromotriz total é a soma dessas forças eletromotrizes. Se as espiras da bobina estão muito próximas, o mesmo fluxo magnético  $\Phi_B$  atravessa todas as espiras e a força eletromotriz total induzida na bobina é dada por:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}. \quad (30)$$

E assim, encerramos a seção sobre os tópicos de Eletromagnetismo, pois o intuito deste trabalho é apenas falar sucintamente sobre tais tópicos, deixando um aprofundamento do assunto para os livros didáticos que melhor definem tais assuntos. No próximo capítulo, apresentamos a Sequência Didática, fundamentada na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1980), proposta neste trabalho.

### 3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Uma Sequência Didática é uma maneira organizada de proporcionar o ensino no ambiente escolar através de um conjunto de atividades planejadas e interligadas etapa por etapa, com o objetivo de transformar fenômenos físicos em conteúdos interessantes, permitindo a construção do conhecimento, inserindo o aluno no contexto da discussão (ZABALA, 1998). A utilização da Sequência Didática em aulas experimentais com perspectiva da aprendizagem significativa é uma boa forma de implementar maneiras diferenciadas de ensino que possibilitem uma melhor aprendizagem, sendo possível motivar os alunos na busca por perguntas e respostas sobre o fenômeno abordado. As condições para que essa aprendizagem significativa ocorra é um questionamento que Moreira (2010, p. 7) faz:

Mas se já sabemos o que é aprendizagem significativa, quais são as condições para que ocorra e como facilitá-la em sala de aula, o que falta a nós professores para que possamos promovê-la como uma atividade crítica? Na verdade, nos falta muito. A começar pela questão da predisposição para aprender. Como provocá-la? Muito mais do que motivação, o que está em jogo é a relevância do novo conhecimento para o aluno. Como levá-lo a perceber como relevante é o conhecimento que queremos que construa?

Assim, o trabalho na escola onde será aplicada esta sequência didática, deve iniciar com uma conversa com a gestão escolar juntamente com o núcleo pedagógico para solicitar autorização da aplicação da metodologia, de preferência com a assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido sobre a realização da pesquisa. Além disso, o professor deve explicar a finalidade da pesquisa que utiliza uma proposta de caráter experimental para o ensino e aprendizagem dos alunos.

Esta sequência didática foi proposta como uma estratégia de ensino diferenciado, por meio de experimentos de baixo custo e investiga alguns tópicos de Eletromagnetismo (entre eles, a Força magnética, o Campo magnético e a Indução eletromagnética), com a finalidade de diminuir as dificuldades que os alunos possam ter em relação a compreensão de alguns conceitos físicos, e pode ser aplicada em uma turma da 3ª Série do Ensino Médio. Nesse sentido, planejou-se a execução da sequência didática em dez encontros, com duas aulas destinadas para cada momento que podem ocorrer no período normal das aulas, seguindo as diretrizes definidas no plano anual da disciplina Física. Além disso, os encontros podem ser realizados na própria sala de aula, caso a escola não possua laboratório experimental.

Os conhecimentos prévios formais necessários para o aluno são os conteúdos da Eletrodinâmica, isto é, o educando já deve ter estudado os conceitos que envolvem desde corrente elétrica até circuitos elétricos. A organização dos encontros está dividida de acordo com o Quadro 1:

Quadro 9 - Quadro geral para proposta de sequência didática utilizada

1º ENCONTRO	Aplicação de questionário para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Eletromagnetismo.
2º ENCONTRO	Realização de atividade experimental investigativa utilizando bússolas e ímãs.
3º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Ímãs e suas propriedades; Campo magnético; Campo magnético terrestre.
4º ENCONTRO	Realização de atividade experimental na construção de eletroímãs.
5º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Características do campo magnético gerado por corrente elétrica.
6º ENCONTRO	Realização de uma atividade experimental na construção de um motor elétrico simples.
7º ENCONTRO	Condução de uma aula expositiva sobre: Força elétrica e Efeito motor.
8º ENCONTRO	Condução de aula expositiva sobre: Indução magnética. Orientação sobre a construção do experimento "Trem magnético".
9º ENCONTRO	Construção e teste do experimento "Trem magnético". Orientação sobre a montagem de mapas conceituais contemplando os conteúdos físicos trabalhados na sequência didática.
10º ENCONTRO	Exposição e apresentação da atividade experimental "Trem magnético".

### 3.1 Primeiro Encontro

No primeiro encontro, o professor inicia os trabalhos explicando aos alunos toda a estrutura da sequência didática, que parte de um questionário diagnóstico até as aulas experimentais com perspectivas de uma aprendizagem significativa como forma de implementar maneiras diferenciadas de ensino do Eletromagnetismo.

No primeiro encontro, se explica toda a sistemática da sequência didática que parte de um questionário diagnóstico até as aulas experimentais com perspectivas de uma aprendizagem significativa sobre os conteúdos de tópicos de Eletromagnetismo. Em seguida, aplica-se um questionário diagnóstico cujo objetivo é fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos educandos sobre o Eletromagnetismo. O questionário diagnóstico pode ser aplicado individualmente, em duplas, em trio ou em equipes de quatro componentes. No Quadro 2, encontram-se as questões da avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios a serem respondidas pelos educandos.

Quadro 10 - Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios

1ª)	O que é um ímã? ..... .....
2ª)	Quais materiais são atraídos por um ímã? ..... .....
3ª)	Quais materiais não são atraídos por um ímã? ..... .....
4ª)	O que é uma bússola? ..... .....
5ª)	Para que serve uma bússola? ..... .....
6ª)	Por que a agulha de uma bússola aponta sempre para a região do polo norte Geográfico da Terra? ..... .....
7ª)	O que é um campo magnético? ..... .....

Esse diagnóstico tem como objetivo levantar os conhecimentos prévios dos alunos, e com isso direcioná-los ao nível dos novos conhecimentos e a metodologia experimental que serão explorados nas atividades seguintes. Assim, os discentes podem perceber os aspectos relevantes do ensino e aprendizagem dentro de uma estrutura cognitiva individual. Após o diagnóstico, podem-se trabalhar os conteúdos iniciais do Eletromagnetismo, que trata dos fenômenos magnéticos. E, a partir do segundo encontro os alunos já possuirão conhecimento suficiente para as primeiras atividades experimentais propostas.

### 3.2 Segundo Encontro

Seguindo com a programação da SD, realiza-se uma atividade experimental de caráter investigativo intitulado de “Introdução ao Magnetismo”. Para essa atividade, o professor deve solicitar a formação de equipes que receberão um *kit* com os materiais a serem utilizados na atividade. O roteiro a ser seguido é exposto no Quadro 3, como segue.

Quadro 11 - Roteiro de atividade 1

<b>Introdução ao Magnetismo</b>	
<b>Objetivo:</b> Construir a ideia de Campo magnético e interação entre campos	
<b>Materiais:</b> Bússolas, ímãs, pregos de ferro, moedas de aço, cliques de aço, lacres de alumínio e fios de cobre.	
<b>Procedimentos e Questionário</b>	
Coloque a bússola sobre a mesa e movimente-a.	
1ª)	O que a agulha da bússola apontava?
Utilizando duas bússolas, coloque uma fixa sobre a mesa e movimente a outra em torno da primeira, mantendo-as sempre bem próximas.	
2ª)	Uma bússola exerce alguma influência sobre a outra? Como você explica o que foi observado?
Coloque agora um dos ímãs fixo sobre a mesa e movimente a bússola em volta do mesmo.	
3ª)	Qual o comportamento da agulha da bússola? Qual a explicação para isso?

4 <sup>a</sup> )	Você notou diferença no comportamento da agulha nas proximidades dos dois lados do ímã? Que diferença foi essa?
5 <sup>a</sup> )	Se há diferença de comportamento entre os lados, dê um nome para cada um deles e identifique-os?
Com os dois ímãs sobre a mesa, aproxime os extremos dos dois ímãs, faça todas as combinações possíveis.	
6 <sup>a</sup> )	Qual a conclusão que você pode tirar do comportamento observado?
Com um kit formado por um ímã, 3 clips de aço, uma moeda de 10 centavos de real, 3 lacres de latinha de refrigerante de alumínio, 2 pedaços de fio de cobre e 2 pregos de ferro, aproxime o ímã de cada um dos objetos.	
7 <sup>a</sup> )	Quais objetos foram atraídos pelo ímã?
8 <sup>a</sup> )	Qual a conclusão que você pode tirar desse comportamento observado?

O objetivo dessa atividade é construir uma ideia de como ocorre a interação dentro de um campo magnético utilizando a prática investigativa. Esse tipo de atividade favorece o processo de ensino e aprendizagem, pois aproxima o cotidiano do aluno à investigação científica. E, pode aguçar o interesse dos alunos aos conteúdos do Eletromagnetismo proposto porque a execução dos experimentos conduz os mesmos a uma reflexão mais aprofundada do fenômeno magnetismo (SEREIA, 2010).

Ao final dos experimentos, o professor deve comunicar que no próximo encontro os conteúdos referentes a essa atividade serão abordados de forma teórica e dialogada, e que podem ser pesquisados no livro didático adotado, livros da biblioteca da escola ou em sites da internet.

### 3.3 Terceiro Encontro

No terceiro encontro, o professor deve ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo “Campo Magnético”, para explicar o surgimento do magnetismo, as características dos ímãs e como se dá a atuação de um campo magnético. A aula deve ser ministrada sempre relacionando as questões abordadas nos questionários propostos anteriormente para aprofundamento do conteúdo

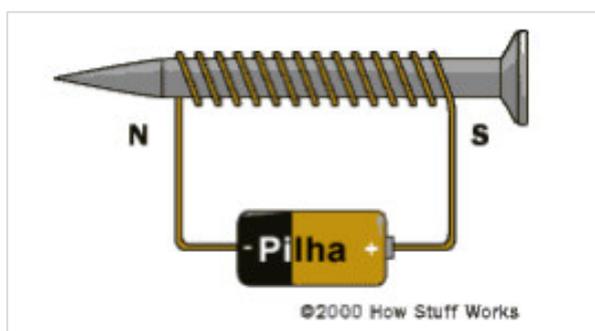
estudado pelo aluno, assim, o mesmo ancora os conhecimentos adquiridos durante os experimentos ao novo conhecimento.

Em seguida, o professor pode promover uma roda de discussão para que os estudantes possam comentar seus pontos de vista em relação ao conteúdo e forma de ministração do mesmo, além de expor suas opiniões sobre a proposta inicial da sequência didática. Ao final do encontro, o professor apresenta a proposta do próximo encontro, sugerindo uma pesquisa sobre os eletroímãs, tema do próximo encontro.

### 3.4 Quarto Encontro

A programação da SD segue com a realização de uma atividade experimental investigativa com o título de “Produzindo um eletroímã caseiro”. O roteiro foi elaborado com a colaboração da seção “Atividade prática”, do livro adotado pela escola, Física para o Ensino Médio (YAMAMOTO; FUKU, 2016). O professor deve solicitar que equipes sejam formadas, e em seguida faça a entrega dos materiais a serem utilizados no experimento. Essa tarefa tem como finalidade a observação do campo magnético de um solenoide percorrido por uma corrente elétrica, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Eletroímã caseiro



Fonte: Disponível em: <<http://grupo5-3c.blogspot.com/2011/03/relatorio-eletoima.html>>.

O objetivo dessa experiência é levar o estudante a observar o que acontece com o campo magnético quando um fio condutor em forma de um solenoide é percorrido por uma corrente elétrica. E, quais os elementos influenciam na intensidade com que o eletroímã atrai os utensílios metálicos. O roteiro da atividade encontra-se no Quadro 4, como segue.

Quadro 12 - Roteiro de Atividade 2

<b>Produzindo um Eletroímã Caseiro</b>	
<b>Objetivo:</b> Confeccionar um eletroímã simples em sala de aula.	
<b>Materiais</b>	
Fio condutor de cobre esmaltado; pilha grande comum de 9,0 V; prego de aço grande; lixa; clipes, tachinhas e outros objetos metálicos susceptíveis à atração magnética.	
<b>Procedimentos</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para fazer o solenoide, enrole o fio condutor em torno do prego feito de aço. Deve-se deixar livre duas pontas do fio condutor de aproximadamente 10 cm de comprimento, para a conexão com a pilha.</li> <li>2. Lixem as duas extremidades do fio.</li> <li>3. Ligue as extremidades do fio aos polos da pilha.</li> <li>4. Aproxime o eletroímã de pequenos objetos metálicos com pesos e tamanhos diferentes para observar a intensidade da força de atração.</li> <li>5. Aumente o número de espiras (voltas no fio) e observe se o campo magnético aumentou ou diminuiu de intensidade.</li> <li>6. Retire o prego do interior do eletroímã e repita os procedimentos acima, comparando a sua força de atração com a do eletroímã completo.</li> </ol>	
<b>Questionário</b>	
1ª)	O número de voltas dadas no fio da bobina afeta a intensidade com que ele atrai os objetos metálicos?
2ª)	Com o prego no interior da bobina, o que acontece com a intensidade da atração?
3ª)	Este é o instrumento básico para muitos dispositivos eletromagnéticos, por exemplo, a campainha. Com base no que foi descrito nesta atividade, você pode descrever o seu funcionamento?
(4ª)	Quais as aplicações práticas dos eletroímãs?

### 3.5 Quinto Encontro

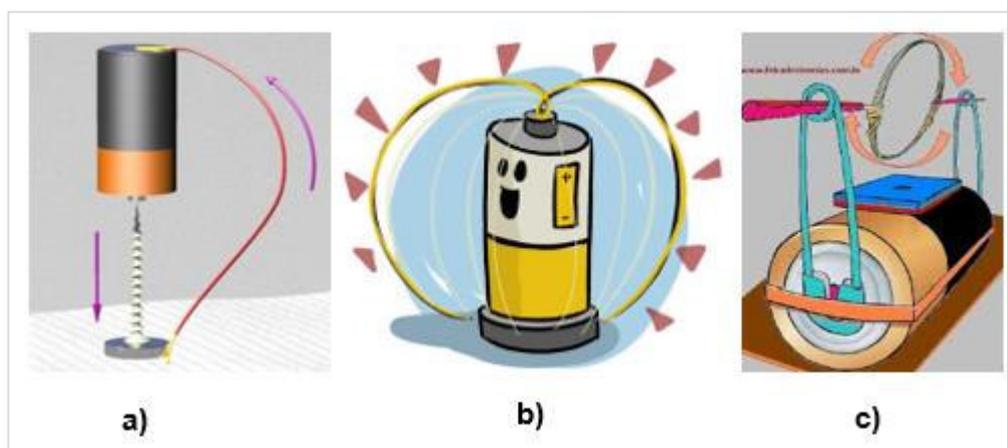
Seguindo a programação da sequência didática, no quinto encontro, o docente deve ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre o tema “Campo magnético gerado por corrente elétrica”, explicando o comportamento magnético em um condutor retilíneo, em um condutor circular e no interior de um solenoide. Nesse

encontro, deve-se dar ênfase ao experimento de Oersted, mostrando a interação entre campo elétrico e campo magnético, e também como as linhas de campo são formadas no interior de uma espira. Em seguida, o professor promove uma roda de discussão pedindo aos alunos que comentem sobre a montagem do experimento do eletroímã e que analisem as respostas dadas nos questionamentos do roteiro da referida atividade, e exponham as dúvidas a respeito do conteúdo. Ao final do encontro, o professor apresenta a proposta da próxima aula, sugerindo uma pesquisa sobre Motores elétricos simples, que faz parte do próximo encontro da SD.

### 3.6 Sexto Encontro

No sexto encontro da SD, é realizada outra atividade experimental investigativa cujo título é: “Construindo um motor elétrico simples”. O roteiro foi elaborado com a colaboração da seção “Atividade Prática”, do livro adotado pela escola, “Física para o Ensino Médio” (YAMAMOTO; FUKU, 2016), e do canal do *Youtube* “Manual do mundo”<sup>3</sup>. O professor deve solicitar que sejam formadas equipes, e, em seguida, é realizada a entrega dos materiais a serem utilizados no experimento. Os três experimentos a serem realizados pelas equipes são ilustrados na Figura 10.

Figura 10 - Ilustrações dos experimentos do encontro 6



Fonte: a) e b) Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/35699813/motor-de-faraday-finalizado-relatorio>>. c) Disponível em: <<http://www.imas-neodimio.com/news/Motor-M-nimo-67.html>>.

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://manualdomundo.uol.com.br/2014/09/como-fazer-motor-eletrico-com-ima/>>.

A confecção dos três motores elétricos simples distintos pode ser escolhida de forma aleatória ou através de sorteio, isso fica a cargo do professor. O roteiro para realização das três atividades ilustradas na Figura 10, encontra-se no Quadro 5.

Quadro 13 - Roteiro da atividade 3

<b>Produzindo um Motor Elétrico Simples</b>		
<b>Objetivo:</b> Confeccionar três motores elétricos simples em sala de aula.		
<b>Material motor a</b>	<b>Material motor b</b>	<b>Material motor c</b>
Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, ímã de neodímio e parafuso simples de rosca.	Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, pincel atômico, ímãs de neodímio.	Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, ímã de autofalante, clips metálicos; fita isolante; lixa, suporte de madeira.
<b>Procedimento motor a</b>	<b>Procedimento motor b</b>	<b>Procedimento motor c</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coloque o ímã de neodímio na cabeça do parafuso;</li> <li>- Encoste a ponta do parafuso no terminal positivo (saliência) da pilha. Não se preocupe, o ímã manterá o parafuso “grudado” na pilha e não cairá;</li> <li>- Encoste uma extremidade do fio no terminal negativo da pilha e o mantenha nessa posição, pressionando com o dedo;</li> <li>- Encoste levemente a outra extremidade do fio à lateral do ímã de neodímio e veja o que acontece.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Com o fio de cobre, faça 5 voltas em espiral envolta do pincel atômico;</li> <li>- Em um dos lados da espiral, faça um círculo, de base reta, de tamanho em que o ímã consiga passar livremente;</li> <li>- No outro lado, faça um gancho virado para dentro da espiral;</li> <li>- Junte a pilha com os ímãs de neodímio;</li> <li>- Coloque a pilha com os ímãs dentro da espiral;</li> <li>- Solte a espiral que irá girar em volta da pilha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construa uma bobina com o fio de cobre, enrolando de 5 a 10 voltas em torno da pilha, deixando duas pontas livres;</li> <li>- Monte os suportes da bobina usando os cliques metálicos;</li> <li>- Anexe os suportes à pilha, usando a fita isolante;</li> <li>- Lixe as pontas da bobina;</li> <li>- Apoie a bobina nos suportes;</li> <li>- Coloque o ímã próximo da bobina;</li> <li>- Dê um impulso inicial na bobina para dar a partida.</li> </ul>
<b>Discussão das equipes</b>		
Equipe a	Como podemos variar a velocidade de giro do parafuso?	
Equipe b	Como podemos variar a velocidade de giro da espiral?	
Equipe c	Como podemos variar a velocidade de giro da bobina?	

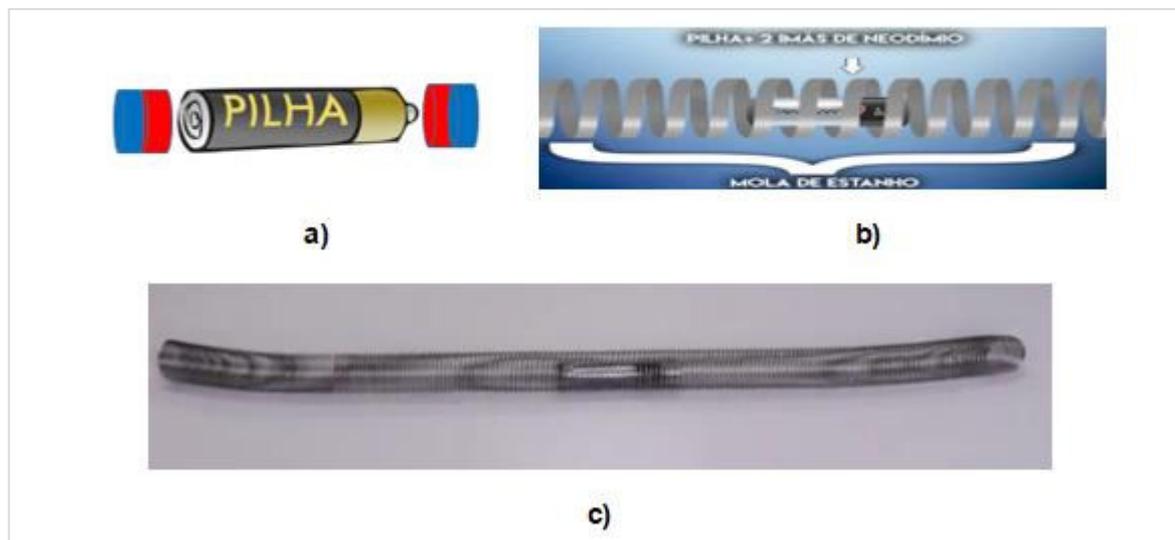
O objetivo dessa experiência é direcionar o estudante a observar o que acontece com o campo magnético quando uma corrente elétrica circula numa espira. Ou seja, observar a indução do campo magnético ao converter energia elétrica em energia mecânica, que é a função principal de um motor elétrico.

### **3.7 Sétimo Encontro**

O sétimo encontro inicia-se com o professor ministrando uma aula expositiva sobre o conteúdo Força magnética, que relaciona a investigação realizada no experimento do motor elétrico com a teoria que explica o funcionamento de alguns eletrodomésticos. Nesta aula, explica-se a atuação da força magnética sobre um corpo eletrizado e sobre um condutor retilíneo, além de abordar o efeito de rotação produzido pela ação de uma força magnética. Em seguida, o professor fará intermediação em uma roda de discussão para que os discentes possam comentar sobre as dificuldades que encontraram na confecção dos experimentos realizados.

Depois de esclarecer todas as dúvidas, o professor coordenará a formação das equipes que farão a demonstração experimental da atividade de produção de um trem magnético e entregará o roteiro dessa atividade. Esta, ocorrerá no nono encontro, e será a única que os alunos estarão responsáveis pela obtenção dos materiais utilizados, com exceção dos ímãs de neodímio, que deverão ser cedidos pelo professor. A Figura 11, ilustra os materiais que serão usados no experimento.

Figura 11 - Ilustração do procedimento do experimento do trem magnético



**Legenda:** a) Pilha com os dois ímãs de neodímio em seus polos que funcionará como o trem magnético no protótipo experimental; b) Corresponde a representação do funcionamento do protótipo experimental; c) Constitui o protótipo do trem magnético. **Fonte:** a) Adaptado de < [http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/quimica/465\\_pilhas/exp01.htm](http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/quimica/465_pilhas/exp01.htm)>. b) Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=p7sdTq7WdlM>>.

O roteiro desse experimento foi elaborado com a colaboração do “Manual para a construção de experimentos sobre Eletromagnetismo” de Monteiro e Silva (2018) e do canal do *Youtube* “Manual do mundo”. O roteiro e procedimento encontram-se no Quadro 6, a seguir.

Quadro 14 - Roteiro da atividade 4

<b>Produzindo um Trem Magnético</b>
<b>Objetivo:</b> Confeccionar um trem magnético.
<b>Materiais</b>
Pilha AAA alcalina; 2 ímãs de neodímio; rolo de estanho de 1mm de espessura; marcador de texto para modelar o estanho; maquete para visualização de todo o conjunto espacial do experimento.
<b>Procedimentos</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enrole o estanho em volta do marcador de texto, onde as voltas têm de estar o mais junto possível uma da outra.</li> <li>2. Defina a polaridade dos ímãs, marcando-as para identificação.</li> <li>3. Conecte os ímãs aos polos da pilha, conforme a figura abaixo.</li> </ol>

4. Coloque o conjunto, formado pela pilha e os ímãs, dentro do túnel helicoidal de estanho e dê um pequeno impulso para iniciar o movimento.
5. O conjunto (pilha e ímãs) se moverá dentro do túnel, que passará a sofrer uma força magnética no mesmo sentido do movimento.

#### Discussão

Explique o princípio de funcionamento desse experimento.

### 3.8 Oitavo Encontro

No oitavo encontro, aborda-se o tema da Indução magnética, através de uma aula expositiva e dialogada, para explicar a geração de corrente elétrica por fenômenos eletromagnéticos, e como a voltagem é induzida com o movimento de um ímã próximo a um condutor estacionário. Explica-se também, nessa aula, que a indução eletromagnética está presente no nosso cotidiano, através de barreiras eletrônicas de trânsito, nos carros híbridos, em detectores de metais e nos *scanners* e leitores óticos. O final da aula deverá ser destinado para sanar todas as dúvidas sobre a montagem do experimento do trem magnético caseiro, que deverá estar em fase final de construção.

### 3.9 Nono Encontro

No penúltimo encontro, deve ocorrer a exposição da atividade experimental com o título de “Produzindo um trem magnético”. A Figura 12, ilustra como será o experimento depois de pronto e em funcionamento.

Figura 12 - Protótipo do trem magnético em funcionamento



A atividade consistirá no desenvolvimento do movimento de um sistema formado por uma pilha AAA adicionada a dois ímãs de neodímio no interior de uma espiral feita de estanho (ver Figura 12). O sistema é um protótipo que imita um trem magnético cujo movimento ocorrerá dentro do circuito projetado com a espiral de estanho. Neste experimento os alunos observarão que a pilha AAA com os ímãs de neodímio em seus polos se movimenta sem tocar o “trilho” (espiral de estanho), dando a impressão de que ele está flutuando. O protótipo simula o princípio de funcionamento dos trens *maglev*, de alta velocidade, que se movimentam utilizando esse sistema magnético, sem rodas, eixos ou transmissão mecânica.

Para este encontro, as equipes também deverão preparar uma maquete representando o visual de uma região com cidades por onde o trem deverá circular. Considerando que as equipes chegarão para a aula com as maquetes prontas para a exposição, o professor poderá permitir a visitação de professores e alunos de outras

turmas da escola. Cada equipe deverá adotar um método próprio de apresentação das informações aos convidados e responder as dúvidas que, por ventura, venham a ser perguntadas.

No final do encontro, o professor deverá relembrar aos alunos que, na próxima aula estará recebendo os mapas conceituais, representando graficamente as relações significativas entre os conteúdos abordados ao longo da sequência didática.

### **3.10 Decimo Encontro**

No último encontro da sequência didática, acontecerá a entrega dos mapas conceituais produzidas pelos discentes, que deverão conter estruturas relacionando os conceitos físicos estudados. O professor conduzirá mais uma rodada de discussão para que os alunos comentem sobre seus mapas conceituais, falem sobre as dificuldades encontradas para construções dos experimentos propostos, sempre oferecendo oportunidades para uma participação ativa por meios de dúvidas e perguntas relevantes, além de solicitar que avaliem toda a metodologia aplicada nesse projeto. Por fim, deverá ser pedido aos estudantes que comentem sobre o grau de satisfação em participar desse trabalho.

#### 4 MENSAGEM AO PROFESSOR

Prezado(a) professor(a),

Esse manual instrucional foi elaborado com a intenção de ser utilizado por qualquer professor(a) de Física do Ensino Médio que queira incorporar em suas aulas uma Sequência Didática que contenha o uso de práticas experimentais para o ensino de tópicos de Eletromagnetismo. O referido material é fruto de um produto educacional referente à conclusão do curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), ofertado pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), cuja dissertação foi intitulada “Tópicos do Eletromagnetismo Abordados em uma Sequência Didática Experimental para uma Aprendizagem Significativa no Ensino Médio”. Nessa dissertação, em especial, a seção sobre a construção da sequência didática, encontra-se descrito como foi elaborado e aplicado o produto educacional, detalhando cada encontro.

Assim, espera-se que este trabalho possa ser proveitoso ao(a) professor(a) em seu cotidiano profissional e contribua para que o processo de ensino e aprendizagem seja incentivado e promova uma prática investigativa dos conceitos físicos do Eletromagnetismo.

Bom trabalho professor(a)!!

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana Ltda, 1980

BONJORNO, J. R.; et al. **Física: Eletromagnetismo e Física Moderna**. v. 3. 2. Ed. São Paulo: FTD. 2013.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Ministério da Educação. Brasília, 2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio**. Brasília: MEC 1998.

COLA DA WEB. Disponível em: <<https://www.coladaweb.com/fisica/fisica-geral/magnetismo>>. Acesso em: 23/11/2019.

FARIA, R. N.; LIMA, L. F. C. P. **Introdução ao magnetismo dos materiais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

FREIRE, P. **PEDAGOGIA DA AUTONOMIA: Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

HALLIDAY, D., RESNICK, R. e WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. Volume 3. 10. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2016.

HEWWIT, P. G. **Física conceitual**. 12 ed. Porto Alegre: Bookman Editora. 2015.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A. **Física – Contexto & Aplicação**. São Paulo: Scipione. 2014.

MESOATOMIC. Disponível em: <<http://www.mesoatomic.com/pt-br/fisica/eletromagnetismo/eletromagnetismo/forca-magnetica>>. Acesso em: 10/05/2018.

MONTEIRO, H. R.; SILVA, A. O. D. **Manual para a Construção de Experimentos sobre Eletromagnetismo**. Sorocaba: UFSCar. 2018.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel.** São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** Artigo publicado pelo Instituto de Física da UFRGS. 2010.

NUSSENZVEIG, Herch Moisés. **Curso de Física Básica.** v. 3, 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

RIBEIRO, J. E. A. **Sobre a força de Lorentz, os conceitos de campos e a essência do eletromagnetismo clássico.** Dissertação (Mestrado), USP, 2008.

SALES, F. H. S.; OLIVEIRA, R. M. S.; PONTES, L. R. S. **Experimentos de Física Fáceis de Fazer: Uma Conversa com o Professor de Ensino Médio.** São Luís: Unigraf, 2012.

SEREIA, D. A. O. e PIRANHA M. M. **Aulas práticas investigativas: uma experiência no ensino fundamental para a formação de alunos participativos.** Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/Ciencias/Artigos/aulas\\_prat\\_investig.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Ciencias/Artigos/aulas_prat_investig.pdf)>. Acesso em: 10/10/2018.

THENORIO, I. **Manual do Mundo.** Canal do Youtube: <<https://www.youtube.com/user/iberethenorio>>. Acesso em: 18/09/2018.

TIPLER, P. A. e MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros.** v. 2. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2011.

YAMAMOTO, K., FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio.** V. 3. 4. Ed. São Paulo: Editora Saraiva. 2016.

YOUNG, H. D. & FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo.** 14 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

ZABALA, A. **A prática Educativa: Como ensinar.** Porto Alegre: Artmed Editora, 1998.

Ajax Wellington Parente Rosas

Email: [ajax.rosas@uol.com.br](mailto:ajax.rosas@uol.com.br)

Professor de Física e autor deste e-book

# UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO

*“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (Paulo Freire).*