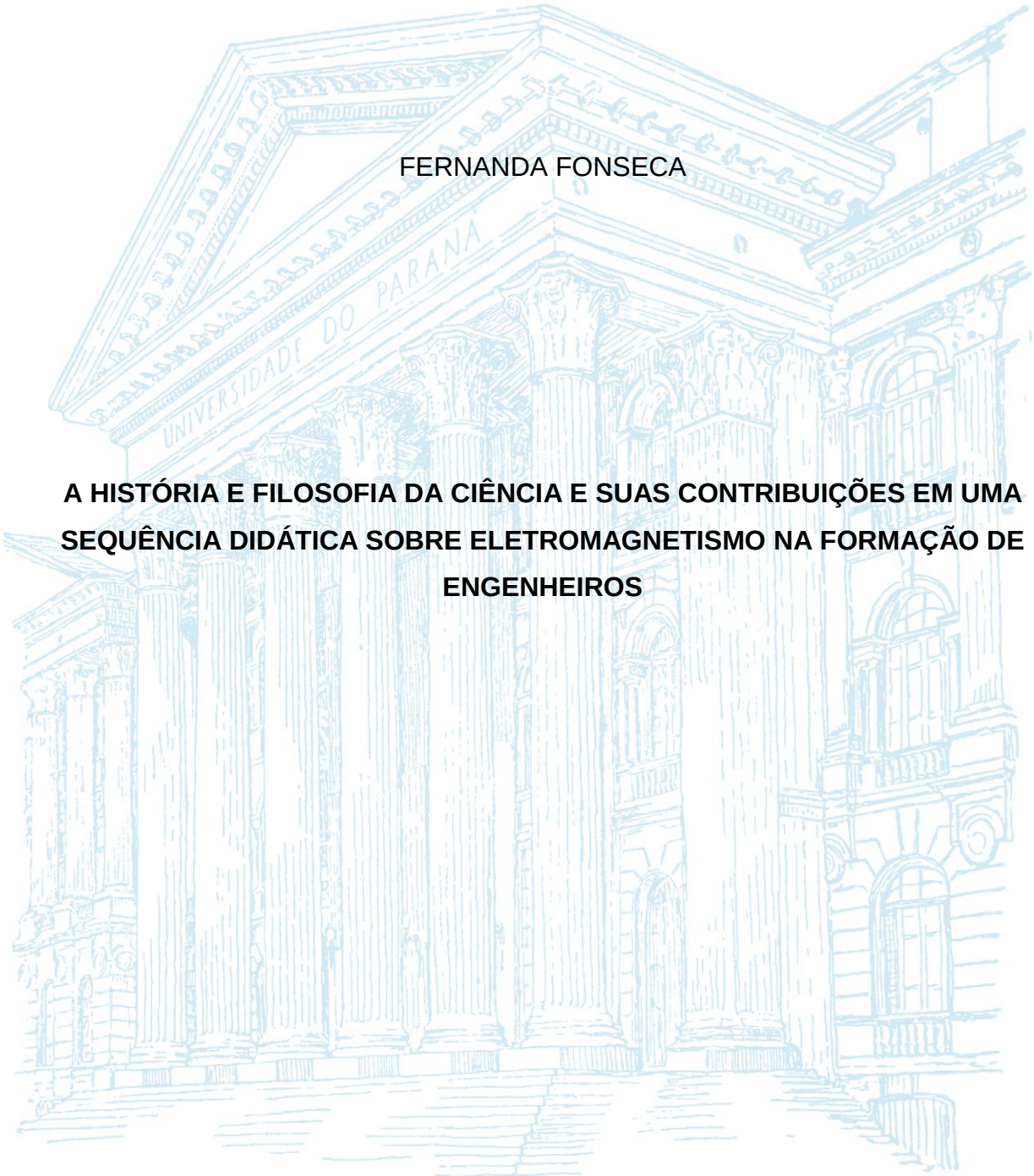
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA



FERNANDA FONSECA

A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E SUAS CONTRIBUIÇÕES EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ELETROMAGNETISMO NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS

CURITIBA
2017

FERNANDA FONSECA

A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E SUAS CONTRIBUIÇÕES EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ELETROMAGNETISMO NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e em Matemática, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Camargo

CURITIBA

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR
BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

F676h Fonseca, Fernanda
A história e filosofia da ciência e suas contribuições em uma sequência didática sobre eletromagnetismo na formação de engenheiros / Fernanda Fonseca. – Curitiba, 2017.
215 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, 2017.

Orientador: Sérgio Camargo.

1. Eletromagnetismo. 2. Ensino de física. 3. História e filosofia da ciência. 4. Formação de engenheiros. I. Universidade Federal do Paraná. II. Camargo, Sérgio. III. Título.

CDD: 530.141

Bibliotecária: Romilda Santos - CRB-9/1214

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS EXATAS
Programa de Pós-Graduação EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **FERNANDA FONSECA** intitulada: **A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E SUAS CONTRIBUIÇÕES EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ELETROMAGNETISMO NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 30 de Agosto de 2017.

SERGIO CAMARGO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

LUIZ CLEMENT
Avaliador Externo (UDESC)

PATRÍCIA BARBOSA PEREIRA
Avaliador Interno (UFPR)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
1912
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
Coordenação de Pós-Graduação

AGRADECIMENTOS

Inicio agradecendo ao meu marido, André, por toda a dedicação e amor, e aos meus filhos, Gabriela e Daniel. Eles que muitas vezes (muitas mesmo) tiveram de entender minhas ausências, cansaços, noites estendidas e variações de humor, e que ainda assim apoiaram-me de forma enérgica e sempre permaneceram ao meu lado durante todo esse trajeto. Por me fazerem rir, tornando as dificuldades mais tênues e por darem sentido à vida.

Agradeço aos meus pais que sempre me incentivaram a buscar o conhecimento e a dar o melhor de mim, procurando de todas as formas auxiliarem-me em mais essa etapa de minha vida. Que sempre serviram de exemplo de determinação, ética e dedicação. Pelo amor incondicional.

A mãe do meu marido, que não está mais entre nós, mas que foi um exemplo de coragem e força, e sempre me incentivou a seguir nesse caminho de crescimento.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Camargo, pela paciência, por desencadear reflexões e por me direcionar de maneira sempre sábia à busca dos conhecimentos necessários para a realização desse trabalho.

Aos amigos Bruno e Luciana que sempre estavam dispostos a discutir e refletir juntos. E por tornarem longos momentos de estudo mais divertidos.

Aos professores Patrícia Barbosa Pereira, Luiz Clement e José Carlos Cifuentes pelas contribuições a esta pesquisa desde o momento da qualificação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM) e à Universidade Federal do Paraná por proporcionar uma formação de qualidade.

Ao Grupo de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática pelas contribuições e reflexões durante os encontros.

E, por fim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

E eu vos direi: "Amai para entendê-las!!

Pois só quem ama pode ter ouvido

Capaz de ouvir e de entender estrelas."

(Olavo Bilac)

RESUMO

Apesar de haver muitas contribuições da História e Filosofia da Ciência para o Ensino das Ciências descritas na literatura e várias propostas didáticas fundamentadas nessa linha, ainda há um percentual muito pequeno de estudos sobre as reais contribuições que essa abordagem pode proporcionar para o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, esse enfoque é pouco explorado no Ensino de Engenharia. Por esses motivos, a pesquisa, aqui apresentada, foi desenvolvida em uma instituição de Ensino Superior particular com estudantes dos cursos das Engenharias Mecânica, Produção e Química em uma turma de quarto período de Física III. Teve como objetivo central verificar as possíveis contribuições de uma abordagem fundamentada na História e Filosofia da Ciência no ensino de Eletromagnetismo para a Formação de Engenheiros. Para isso, uma sequência didática foi planejada e desenvolvida a partir das características apontadas nas propostas didáticas que utilizam o enfoque da História e Filosofia da Ciência e se refere à temática de Eletromagnetismo, publicadas nos principais periódicos e eventos nacionais de Ensino de Física. Os dados foram constituídos por meio de registros no diário de bordo, questionários, textos produzidos pelos graduandos e entrevistas, e foram examinados por meio da Análise de Conteúdo. A análise dos dados mostra que essa abordagem pode promover reais contribuições para a formação do Engenheiro nas áreas da Aprendizagem, do Ensino e em relação à compreensão do Conhecimento.

Palavras-Chave: Eletromagnetismo, Ensino de Física, História e Filosofia da Ciência, Formação de Engenheiros.

ABSTRACT

Although there are many contributions from History and Philosophy of Science for Science Teaching described in the literature and many didactic proposals based on this line, there is still a very small percentage of studies about the real contributions that this approach can provide for the process of teaching- learning. In addition, this approach is little explored in Engineering Education. Because of these, the research, which is presented here, was developed in a particular institution of Graduation with students of the courses of Mechanical Engineering, Production Engineering and Chemistry Engineering in a fourth period's class of Physics III. Its main objective was to verify the possible contributions of an approach based on History and Philosophy of Science in the teaching of Electromagnetism for Engineering Formation. To that, a didactic sequence was planned and developed based in the identified characteristics of the didactic proposals which use History and Philosophy of Science as approach and which refer to the thematic of Electromagnetism, those were published in the main periodicals and national events of Physics Teaching. Data were collected through logbooks, questionnaires, texts produced by the undergraduates and interviews, and these were examined through Content Analysis. Data analysis shows that this approach can promote real contributions to the preparing of the Engineer in the areas of Learning, Teaching and in relation to the understanding of Knowledge.

Keywords: Electromagnetism, History and Philosophy of Science, Physics Teaching, Engineering Formation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MODELO DA EPISTEMOLOGIA DE KUHN. 42
FIGURA 2 – DESENVOLVIMENTO DE UMA ANÁLISE DE CONTEÚDO. 89
FIGURA 3 – CATEGORIA APRENDIZAGEM. 107
FIGURA 4 – CATEGORIA ENSINO. 127

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - FATORES FAVORÁVEIS À INSERÇÃO DA HFC NO ENSINO DE FÍSICA. 47
QUADRO 2 - FATORES ADVERSOS À INSERÇÃO A HFC NO ENSINO DE FÍSICA. 49
QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS FUNDAMENTADAS NA HFC PUBLICADAS NOS PERIÓDICOS CBEF E RBEF E NOS EVENTOS EPEF E SNEF. 64
QUADRO 4 - LISTA DE TEXTOS E ROTEIROS APLICADOS. 81
QUADRO 5- PLANO DE AULA. 84

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CONTEÚDOS EXPLORADOS NAS PROPOSTAS DIDÁTICAS...61
GRÁFICO 2 - RECURSOS EXPLORADOS NAS PROPOSTAS DIDÁTICAS. 62
GRÁFICO 3 - NÍVEL DE ENSINO PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS.....63
GRÁFICO 4 - DA DIVISÃO DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS EM HFC SOBRE ELETROMAGNETISMO POR NÍVEL DE ENSINO. 70
GRÁFICO 5 - RECURSOS E INSTRUMENTOS DIDÁTICOS UTILIZADOS NAS PROPOSTAS DIDÁTICAS EM HFC SOBRE ELETROMAGNETISMO. 71
GRÁFICO 6 - DURAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS.....71
GRÁFICO 7 - DEFINIÇÃO DE ELETRICIDADE. 92
GRÁFICO 8 - CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS ELETRIZADOS. 93
GRÁFICO 9 - TRANSMISSÃO DAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS ENTRE CORPOS. 94
GRÁFICO 10 - AÇÃO À DISTÂNCIA ENTRE CORPOS ELETRIZADOS. 95
GRÁFICO 11 - INFLUÊNCIA DE CORPOS ELETRIZADOS SOBRE O ESPAÇO. ... .96
GRÁFICO 12 - DEFINIÇÃO DE IMÃ. 97
GRÁFICO 13 - INFLUÊNCIA DE UM IMÃ SOBRE OUTROS CORPOS. 98
GRÁFICO 14 - INFLUÊNCIA DOS CORPOS IMANTADOS SOBRE O ESPAÇO. 99
GRÁFICO 15 - TRANSMISSÃO DAS CARÁCTERÍSTICAS MAGNÉTICAS. 100
GRÁFICO 16 - RELAÇÃO ENTRE ELETRICIDADE E MAGNETISMO. 101
GRÁFICO 17 - RELAÇÃO ENTRE ENERGIA, ELETRICIDADE E MAGNETISMO... 102

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 13

1. A EDUCAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL 18

1.1 OS PARADIGMAS QUE PERMEIAM O ENSINO DA FÍSICA 24

1.2 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO 38

1.3 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA 43

1.4 A FORMAÇÃO PARA ENGENHARIA E A FORMAÇÃO DOS PROFESSORES QUE ATUAM NA EDUCAÇÃO PARA A ENGENHARIA 54

2. PROPOSTAS DIDÁTICAS EM HFC 60

2.1 PROPOSTAS DIDÁTICAS SOBRE ELETROMAGNETISMO 63

2.2 A HFC NAS PUBLICAÇÕES DA REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA E NO CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA 72

3. METODOLOGIA 74

3.1 CONSTITUIÇÃO DO *CORPUS* 75

3.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMPLEMENTADA 79

3.3 A ANÁLISE DE CONTEÚDO COMO METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DOS DADOS CONSTITUIDOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM 85

4. MAPEANDO OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS GRADUANDOS SOBRE ELETROMAGNETISMO 91

4.1 A DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS DE CONHECIMENTO PRÉVIO DOS GRADUANDOS 91

4.1.1 Eletricidade e as características dos corpos eletrizados 91

4.1.2 Imã e características dos corpos imantados 96

4.1.3 Relação entre eletricidade e magnetismo 100

4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS EM ELETROMAGNETISMO DOS GRADUANDOS 103

5. ANÁLISE DOS DADOS CONSTITUÍDOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM 105

5.1 DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS 107
5.1.1 Aprendizagem 107
5.1.2 Ensino 126
5.1.3 Conhecimento 136
5.2 ANÁLISES DAS CATEGORIAS CONTRAPOSTAS AOS REGISTROS DO DIÁRIO DE BORDO 145
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 161
REFERÊNCIAS 168
APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO 173
APÊNDICE 2 – TRADUÇÃO DE TRECHO DE "THE LETTER OF PETRUS PEREGRINUS ON THE MAGNET" 176
APÊNDICE 3 – TRADUÇÃO DE TRECHO DE "THE MAGNET" 179
APÊNDICE 4 – ROTEIRO EXPERIMENTAL PARA FORMAÇÃO DE LINHAS DE CAMPO 181
APÊNDICE 5 – ROTEIRO EXPERIMENTAL SOBRE A EXPERIÊNCIA DE OERSTED 182
APÊNDICE 6 – ROTEIRO EXPERIMENTAL SOBRE FUNCIONAMENTO DO MOTOR ELÉTRICO SIMPLES 183
APÊNDICE 7 – TERMO DE CONSENTIMENTO 185
APÊNDICE 8 – ROTEIRO DE ENTREVISTA 187
ANEXO 1 – TEXTO "A DESCOBERTA DE OERSTED" 189
ANEXO 2 – TEXTO SOBRE A EXPERIÊNCIA DE OESTED 194
ANEXO 3 – TEXTO SOBRE A DESCOBERTA DE FARADAY E O ÉTER ELÉTRICO 196
ANEXO 4 – TEXTO SOBRE FARADAY E O CONCEITO DE CAMPO 199
ANEXO 5 – TEXTO SOBRE AS CONSEQUÊNCIAS DA EXPERIÊNCIA DE OERSTED 200
ANEXO 6 – TEXTO SOBRE O MOTOR DE FARADAY 209
ANEXO 7 – TEXTO SOBRE AS EQUAÇÕES DE MAXWELL 211

INTRODUÇÃO

A fim de desenvolver uma Educação Científica mais adequada à demanda social, diferentes abordagens e instrumentos são propostos por estudiosos e pesquisadores da área de Educação em Ciências para tornar o ensino mais próximo à realidade do aluno, como por exemplo, a contextualização dos conteúdos por meio da História e Filosofia da Ciência (HFC).

Neste sentido, este estudo foi realizado a partir da revisão da literatura sobre diferentes propostas didáticas fundamentadas na HFC verificando as possibilidades de contribuição dessas atividades no processo de aprendizagem. A ideia foi fazer o estudo dessas propostas para realizar a elaboração de uma sequência didática fundamentada na HFC, de acordo com as particularidades apontadas nessa literatura.

A escolha dessa temática para a pesquisa advém de inquietações e experiências vivenciadas desde a graduação em Licenciatura em Física. Nesse período, tive meu primeiro contato com a História e Filosofia da Ciência no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) da Universidade Federal do Paraná. Juntamente com um colega da graduação que também participava do programa, buscamos explorar o uso da abordagem da HFC no Ensino da Óptica em turmas de Ensino Médio em um Colégio Estadual na cidade de Curitiba (Paraná).

Como eu já lecionava a disciplina de Física em outros colégios também da rede pública do Estado do Paraná, também englobei em minhas práxis algumas características históricas. No entanto, ainda me sentia despreparada para dar uma contextualização aprofundada da História da Física em minhas aulas. Ainda assim, eu percebia que esse enfoque possibilitava explorar diversos recursos que enriqueciam as aulas de forma contextualizada, como a leitura de textos sobre o tema, a apresentação de vídeos e documentários, o desenvolvimento de peças teatrais, de simulações e de histórias em quadrinhos, assim como a execução de atividades experimentais. Visualizei então na História da Ciência uma conjuntura e fonte de recursos ampla e completa para alcançar os objetivos do Ensino da Física.

À medida que me aprofundava no estudo histórico e filosófico da Ciência que dei por mim que não sabia como inserir o caráter filosófico nas aulas de Física. Eu apresentava apenas fatos históricos como um conteúdo complementar aos conhecimentos científicos que seriam ensinados. Entretanto, isso mudou quando

comecei a ministrar aulas de Física em um Colégio Particular na Região Metropolitana de Curitiba que utilizava a metodologia das Oficinas de Aprendizagem[1]. Nessa instituição me deparei com uma necessidade de desenvolver aulas dinâmicas, interdisciplinares e não expositivas, nas quais os alunos eram sujeitos ativos na construção do conhecimento e o professor um mediador desse processo de aprendizagem.

Essa metodologia era propícia para o uso da HFC que favorece a abstração quando insere o aluno no passado e possibilita uma percepção dos conceitos, leis e teorias da Física como “uma produção cultural, inseridas em um tempo e em um espaço específicos” (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004, p. 225). Busquei então a ajuda de professores da Filosofia para desenvolvimento de trabalhos e atividades com os alunos, o que permitiu compreender como a formação filosófica é importante para que o aluno compreenda os significados das relações sociais, culturais e políticas envolvidas no desenvolvimento de um determinado conhecimento.

Ao fazer parte do corpo docente de uma instituição particular de Ensino Superior de Curitiba, percebi que a Física continua a ser ministrada de forma “matematizada” e “a-histórica” seguindo a visão positivista que predomina nos estudos físicos. Visão dogmática que pratica uma aprendizagem por repetição, e que gera alunos capazes de reproduzir cálculos matemáticos, mas incapazes de compreender fenômenos naturais e de identificar as relações entre os fatores físicos envolvidos nos fenômenos.

Essa percepção me faz recordar das aulas de Física no Ensino Médio e até mesmo de muitas aulas que tive durante a graduação. Muitas vezes, durante minha formação superior, nós (alunos) entrávamos em sala de aula, permanecíamos em silêncio durante todo o período de aula, pronunciando-nos apenas para questionar algum ponto do raciocínio ou do desenvolvimento matemático dos exercícios ou deduções teóricas que não foi bem compreendido. Desenvolvíamos em seguida grandes listas de exercícios contidas nos livros didáticos adotados pelo docente, além de refazer inúmeras vezes os cálculos algébricos das deduções para “fixação” do processo. Lembro-me o quanto me surpreendeu a dinâmica das aulas nas disciplinas cursadas no Setor de Educação, nas quais podíamos discutir, expor nossas ideias e opiniões, e nos posicionar de forma crítica e reflexiva diante das diferentes teorias e práticas a que éramos postos a frente. O fato de não querer reproduzir esses métodos catedráticos em minhas ações didáticas fez-me mais uma

vez olhar para as diversas potencialidades que a HFC possivelmente proporcionava para o Ensino de Física.

Neste sentido, a questão investigada é a seguinte: quais contribuições que uma sequência didática fundamentada na HFC pode oferecer ao processo de ensino-aprendizagem do Eletromagnetismo em uma turma da disciplina de Física III do quarto período de cursos de Engenharia?

No entanto, apesar de haver muitas contribuições da HFC para o Ensino das Ciências descritas na literatura e muitas propostas didáticas fundamentadas nessa linha, segundo Teixeira, Greca e Freire Junior (2012), ainda há um percentual muito pequeno de estudos sobre as reais contribuições que essa abordagem pode proporcionar para o processo de ensino-aprendizagem. Os autores ainda ressaltam que muitas pesquisas brasileiras na área ainda não apresentam um grau satisfatório de fidedignidade e de confiabilidade dos métodos de pesquisa, e que se mostram muito aquém dos estudos internacionais. Devido ao percentual reduzido de estudos na área, decidimos por investigar as contribuições oferecidas por uma sequência didática pautada na HFC sobre o Eletromagnetismo no Nível Superior de ensino.

Deste modo, as ações foram organizadas da seguinte maneira:

- Pesquisar propostas didáticas fundamentadas na HFC verificando as possibilidades de contribuição dessas propostas no processo de ensino-aprendizagem, segundo a literatura (publicações).
- Elaborar uma sequência didática fundamentada na HFC, de acordo com suas particularidades apontadas na literatura.
- Analisar as contribuições e fatores adversos da sequência didática implementada em sala de aula no processo de ensino-aprendizagem de um dos conceitos do ramo do Eletromagnetismo em uma turma da disciplina de Física III do quarto período de cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia Química.

Após a implementação dessa sequência em sala de aula, foi feita a análise das possíveis contribuições da HFC no processo de aprendizagem da relação entre Eletricidade e Magnetismo em uma turma da disciplina de Física III.. A opção pelo conteúdo a ser trabalhado a partir de um viés histórico-filosófico da ciência foi efetuada após a aplicação de um Questionário investigativo para delineamento do perfil dos graduandos e identificação de seus conhecimentos prévios sobre Eletromagnetismo.

Buscando atingir os objetivos dessa investigação e explanar de forma clara todos os processos de pesquisa, análise e resultados, todas as etapas e elementos que constituem essa pesquisa foram organizados em cinco capítulos. No *Capítulo 1* apresentaremos quais os propósitos da Educação no Brasil e do Ensino de Física, discutindo sobre seus objetivos formativos e os paradigmas que permeiam o processo de ensino-aprendizagem nacional na Educação Básica e na Educação Superior. Nesse capítulo apresentamos também a História e Filosofia da Ciência como uma abordagem que pode fundamentar o estudo da Física, destacando os fatores descritos pela literatura acadêmica como favoráveis ao processo de ensino-aprendizagem dessa ciência da natureza, assim como os fatores adversos ao enfoque. Diante das concepções para Educação brasileira e os possíveis subsídios educacionais que podem ser promovidos pela HFC, debatemos como essa interpelação da HFC pode promover uma formação do Engenheiro de acordo com os documentos nacionais e proposta pedagógica da instituição de ensino superior (IES) em que essa pesquisa foi desenvolvida.

O *segundo capítulo* descreve o desenvolvimento do levantamento bibliográfico de propostas didáticas com viés histórico-filosófico da ciência, que são direcionadas para temas de Eletromagnetismo. Esse levantamento se desdobrou na caracterização dessas propostas que direcionaram a elaboração da sequência didática que foi implementada nessa investigação.

No *Capítulo 3*, explanamos as metodologias de análise adotadas para constituição do *corpus* e para tratamento dos dados constituídos no questionário exploratório, nas produções textuais e entrevistas que compõe o *corpus* dessa pesquisa. Os questionários visam à caracterização dos conhecimentos prévios dos estudantes e determinação do perfil do público alvo do processo de ensino-aprendizagem. Essa análise direciona quais temáticas serão tratadas na sequência didática elaborada para implementação.

As análises dos questionários, dos textos produzidos e das entrevistas foram realizadas por meio da Análise de Conteúdo proposta por Bardin (1977). Nesse capítulo descrevemos as etapas que constituem esse processo de análise, cujos resultados serão triangulados para uma maior fidedignidade de nossas considerações.

No *quarto capítulo*, apresentamos as análises e resultados a partir dos questionários, delineando os conhecimentos prévios dos estudantes sobre Eletricidade, Magnetismo e Eletromagnetismo e o perfil dos graduandos.

O processo de análise e os resultados obtidos a partir dos textos produzidos e entrevistas são descritos no *Capítulo 5*. Caracterizamos as categorias e sua interpretação a partir das teorias que fundamentam essa pesquisa, sendo essas interpretações interpoladas aos registros do diário de bordo da pesquisadora-professora.

No último capítulo, apresentamos as *Considerações Finais* sobre nossas análises e interpretações. Explanamos nossas percepções sobre as contribuições da HFC para o ensino-aprendizagem do Eletromagnetismo e apontamos alguns fatores que devem ser tratados com atenção, assim como é sugerida uma investigação mais detalhada sobre a relação desses elementos emergentes com o processo de ensino-aprendizagem que não é tratada nessa pesquisa.

1. A EDUCAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

O Ensino de Ciências, nas décadas de 1950 e 1960, passou por influência de uma visão de formação profissionalizante decorrente de um processo de industrialização do país durante o Estado Novo diante da implantação de projetos na área de Ensino de Ciências desde a década de 1940 (NARDI, 2005; SALÉM, 2012). Segundo Salém (2012), isso ocorreu devido à busca por um ensino “eficiente” para superação do subdesenvolvimento com uma perspectiva tecnológica e industrial.

Nardi (2005) ressalta que, após a década de 1950, instituições nacionais tomaram a liderança no desenvolvimento de materiais didáticos na área de ensino de Ciências, mas na década de 1960 foram fortemente influenciadas pelos acontecimentos internacionais. Com a observação da superioridade do conhecimento científico russo, com o lançamento do Sputnik, em 1957, o ensino ocidental foi amplamente questionado, o que desencadeou encontros, debates e estudos sobre o Ensino de Ciências. Nesse período, muitos projetos foram desenvolvidos por organizações americanas e inglesas – Biological Science Curriculum Study (BSCS), Physical Science Curriculum Study (PSSC), Project Harvard Physics, Chem Study e Chemical Bond Approach (CBA) – introduzindo nas escolas brasileiras os materiais já adotados em outros países. Em 1962, o Brasil é sede do Projeto Piloto da UNESCO – intitulado Novos métodos e técnicas de Ensino de Física –, no qual foi elaborado um curso de Óptica, desenvolvido no mesmo movimento de projetos inovadores do PSSC. Esse projeto O projeto foi iniciado no Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) e é considerado um marco para o desenvolvimento da área de Ensino de Física. Essas adaptações de materiais curriculares americanos e de materiais experimentais para laboratório foram produzidos e implantados no Eixo Rio de Janeiro – São Paulo, entretanto, as traduções dos Projetos de Ensino estrangeiros não se adequavam à conjuntura e aos problemas das escolas nacionais. Por esse motivo, vários projetos nacionais foram desenvolvidos na década seguinte, como o Projeto de Ensino de Física (PEF), o Física Auto-Instrutiva (FAI) e o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF).

Durante o Regime Militar, de acordo com Ghiraldelli Junior (2009), ocorreram evoluções e involuções na política educacional. Reformas do ensino foram elaboradas e implantadas nesse período. Na década de 1970, começaram a ser

organizados simpósios nacionais de Ensino de Física e à formação de grupos de pesquisa nessa área devido às dificuldades encontradas na implantação dos projetos e da reforma educacional (NARDI, 2005). Em 1988, a reforma da Constituição Federal gera uma mudança na estrutura do ensino no Brasil, o que afetou de forma significativa a pesquisa educacional e exigiu uma nova formulação das Leis e Diretrizes e Bases da Educação (LDB) que ocorreu em 1996.

Assim, ao se referir ao conceito de Educação, Severino (2007, p.23) define-o como um “processo mediante o qual o conhecimento se produz, se reproduz, se conserva, se sistematiza, se transmite e se universaliza, disseminando seus resultados no seio da sociedade”. Essa designação para Educação já nos traz a noção de formação em uma sociedade. Nossa constituição brasileira, por sua vez, designa o escopo do ensino no país que deve orientar as ações didáticas dentro desse corpo social. Segundo a Constituição Federal, no Art. 205, do capítulo III, da seção I, a educação, sem distinção entre a educação básica e a educação superior, é um direito de todos, devendo ser provido pelo Estado e pela família, e visa o “pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1988). Essa educação é garantida por meio de ensino público gratuito. A constituição prevê também uma colaboração entre a União, Estados e Municípios, sendo atribuída a responsabilidade da União e do Estado de prover prioritariamente o Ensino Fundamental e Médio. O Ensino Superior, por sua vez, é garantido pela União conforme a capacidade de cada um.

Deparei-me então com a seguinte reflexão sobre a definição de cidadania. Adotarei neste trabalho a concepção dada por Romão (2004, p. 147) que concebe como sendo um constructo burguês que se remete à “universalização do processo decisório, para a inserção competente de todos no sistema produtivo e para a socialização do usufruto da riqueza social”. Em outras palavras, ser cidadão significa atuar de forma ativa, crítica, reflexiva e responsável na transformação do meio para benefício social e para usufruto da sociedade.

Essas três finalidades da educação brasileira – o desenvolvimento pessoal, a formação cidadã e a qualificação profissional – delineadas na Constituição de 1988, são por isso também os desígnios da Educação Básica e da Educação Superior. O Ensino Médio, que caracteriza a etapa final da Educação Básica, tem como objetivo de formação (BRASIL, 1996, Art. 35, grifo nosso):

> I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento dos estudos;
>
> II – **a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando**, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
>
> III – **o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico**;
>
> IV – **a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos**, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Para o Ensino Superior, a Constituição brasileira prevê no Art. 207 que “as universidades gozam de autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, e obedecerão ao princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão” (BRASIL, 1988). O que confere certo grau de emancipação à universidade no que tange às ações didático-científicas, administrativas e financeiras, mas que, como instituição e modelo de referência para as outras instituições de ensino superior, devem promover o ensino e a extensão por meio da produção de conhecimento (pesquisa) (CATANI; OLIVEIRA, 2007).

Severino (2007) define o conhecimento como um diferencial entre o ser humano e outras espécies animais, que influi no processo evolutivo da humanidade. A educação (podemos nos referir mais especificamente à educação universitária) tem assim o papel de produzir, reproduzir, conservar, sistematizar, organizar, transmitir e universalizar o conhecimento.

Outro fator diferenciador do indivíduo humano dos outros seres vivos, segundo Suhr e Silva (2012) é o trabalho com ação transformadora do meio consoante a uma finalidade. A sociedade organiza-se segundo o trabalho, o que, por sua vez, direciona o papel que a escola e a educação devem assumir nesse contexto. As relações traçadas nessa sociedade geram comportamentos e conhecimentos que são aperfeiçoados pelas sucessivas gerações. Cabe à educação atuar como mediadora desse processo de ensino-aprendizagem, mantendo conservada a memória de um povo e de suas condições para sobrevivência.

Esse conhecimento, que antes estava disponível para todos, à medida que passou a ser domínio de poucos, se tornou elitizado. Esse poderio gerou uma sociedade organizada em hierarquias, e as escolas atendiam apenas àqueles a que

elas tinham acesso. Em um movimento pós-feudalismo, a educação passou a visar à educação para todos, mas o analfabetismo ainda mantinha o conhecimento restrito (SUHR; SILVA, 2012).

Essa visão permanece há muito tempo na educação. O ensino superior subsiste desde a Idade Média, mas apenas na Idade Moderna que assumiu uma visão de disseminação da ciência e profissionalização, quando quiseram que atendesse à burguesia. Esses buscavam uma formação científica para compreensão do mundo, visando à ascensão social. Mas quando atingiu o poder, essa mesma burguesia passou a limitar o conhecimento que devia ser ensinado nas escolas para não incitar o trabalhador a questionar o sistema. Suhr e Silva (2012) afirmam que é essa seleção de conteúdos que são ensinados e que são silenciados que define o tipo de sujeito que será formado.

A concepção pedagógica nos séculos XIX e XX, dita tradicional ou convencional, assume o conhecimento já instituído com uma verdade absoluta. Focado no conteúdo enciclopédico, aos alunos cabia uma postura passiva devendo absorver as informações transmitidas pelo professor, sem questioná-lo. Nessa concepção, o professor assume um papel central no processo de ensino-aprendizagem (SUHR; SILVA, 2012). O aluno deveria apenas reproduzir as ordens e processos, ditados pelo professor, exaustivamente. Essa visão corrobora para que o aluno veja o conhecimento apenas como um conteúdo a ser estudado sem ligação com sua realidade e com a sociedade.

> Parte dos alunos de ensino superior ainda espera do professor uma postura autoritária capaz de impor disciplina em sala, a transmissão oral de certos conceitos e saberes, a cobrança de silêncio e a obediência. Tal postura em sala é a de objeto a ser moldado pelo professor e não a de sujeito de sua própria aprendizagem, já que eles esperam que o professor defina quando e o que estudar, referindo-se a eles como exigentes ou molengas, como se coubesse ao docente, unicamente, o papel de garantir a disciplina necessária ao estudo (SUHR; SILVA, 2012, p. 29).

Nas décadas de 1920 a 1940, a escola assumiu uma perspectiva escolanovista. Centrada no aluno, buscava desenvolver a individualidade e a autonomia, e pretendia ensinar o estudante a aprender por si mesmo e aprender fazendo. De acordo com Suhr e Silva (2012), o professor incumbia-se de facilitar a aprendizagem, fornecendo materiais e condições para que o estudante formulasse hipóteses para resolução dos problemas. Os conteúdos eram determinados pelos

interesses de cada estudante, que constituía uma formação única para cada educando.

Esse panorama muda durante a Ditadura Militar, que se fundamenta no tecnicismo. Nesse período, a escola e o Ensino Superior voltam a focar em um conhecimento útil para a inserção dos indivíduos na sociedade e, principalmente, no mercado de trabalho. Seguindo uma visão industrial da educação, o ensino como produto, a subjetividade é deixada de lado, e as relações interpessoais e interesses dos alunos são tratados como dificultadores da aprendizagem (SUHR; SILVA, 2012). O ensino volta-se para conteúdos considerados necessários, sendo o aluno espectador cuja aprendizagem á avaliada. Os conteúdos assumem um papel de "remédio amargo", causando desinteresse por parte do estudante em compreender o raciocínio e o processo analítico por trás do conhecimento, se atendo a decorar apenas as fórmulas e técnica de resolução, ou mesmo, pormenorizando disciplinas que não consideram relevantes para sua profissão, não percebendo o caráter formativo na constituição de sujeitos e cidadãos mais completos e críticos.

Na perspectiva moderna, a ciência e a razão são tidas como elementos centrais na explicação do mundo.

> A ciência, forma mais elaborada da busca do conhecimento, portanto, transforma-se em ferramenta privilegiada não só para explicar a natureza, como também para dominá-la a partir das necessidades e interesses humanos. A partir dessa compreensão, a aplicação da ciência – tecnologia – é fonte de progresso, que deve ser buscado por todas as sociedades e indivíduos (SUHR; SILVA, 2012, p.48).

A produção industrial em larga escala padronizada de forma fragmentada, não exige ao trabalhador conhecer os processos como um todo. Formou-se uma rígida divisão entre aqueles que trabalhavam com processos manuais (produção) e os que executavam trabalhos intelectuais. Mas após a década de 1990, o trabalho humano começou a ser substituído por máquinas e robôs e passa a visar à produção de bens atendendo diferentes nichos. O mercado passa a buscar por profissionais multiespecializados, que compreendam os processos como um todo (SUHR; SILVA, 2012).

Nesse cenário, a ciência também adquire um perfil mais holístico, buscando ser entendida em sua integridade e não de forma fragmentada e especializada. E nesse quadro de sucessivas mudanças na perspectiva cultural, social e

consequentemente educacional, a ciência se transmuta, muda de forma, muda de semblante. A educação atual, em todos os níveis, carrega essas mudanças e traz consigo traços de cada momento da sua evolução.

> Professores e alunos, de certo modo, desejam a autoridade do mestre, mas a negam; desejam a transmissão linear do conhecimento e, ao mesmo tempo, a questionam; defendem que o aluno deve ser autônomo, buscar seu próprio saber, mas, no dia a dia, se posicionam de maneira contrária a esta mesma ideia (SUHR; SILVA, 2012, p.33).

Uma revolução assentada na tecnologia e na busca de uma melhor qualidade de vida procura atualmente a formação de profissionais que compreendam como seu trabalho se combina com o dos outros e tenham um bom relacionamento com o grupo, que desempenhe ações cada vez maiores e que sejam flexíveis e de fácil adaptação (BEHRENS, 2013). As universidades por sua vez não absorveram as necessidades desse momento histórico.

As instituições de ensino superior que se voltam apenas para o ensino, sem práticas de pesquisa, que buscam formar o profissional pela simples transferência de informações e de processos predeterminados, acabam por não cumprir com os objetivos educacionais em nível de graduação: “limita-se a repassar informações fragmentadas e a conferir uma certificação burocrática e legal de uma determinada habilitação, a ser, de fato, testada e amadurecida na prática” (SEVERINO, 2007, p. 29).

A universidade deve então ensinar suscitando a postura investigativa durante o processo de ensino-aprendizagem, e também voltada para as necessidades da sociedade em que se encerra. Podemos afirmar que a pesquisa e o ensino devem assim se voltar para os interesses da sociedade.

> A extensão se torna exigência intrínseca do ensino superior e em decorrência dos compromissos do conhecimento e da educação com a sociedade, uma vez que tais processos só se legitimam, inclusive adquirindo sua chancela ética, se expressarem envolvimento com os interesses objetivos da população como um todo. O que se desenrola no interior da Universidade, tanto do ponto de vista da construção do conhecimento, sob o ângulo da pesquisa, como de sua transmissão, sob o ângulo do ensino, tem a ver diretamente com os interesses da sociedade (SEVERINO, 2007, p. 31).

Essa perspectiva centrada na transmissão desvia-se da produção do conhecimento e da extensão, gerando um equívoco epistemológico, no que se refere à postura investigativa e negligencia os anseios da sociedade, o que atribui à ação um caráter político, possibilitando ao estudante compreender a formação e organização social (SEVERINO, 2007).

O papel da universidade é de promover o conhecimento de forma que esse retorne à sociedade por meio da ação de um profissional ético e competente, da produção de novos conhecimento e solução para os problemas sociais e para a preservação do planeta como um todo (NOGUEIRA, 2012). O ensino deve então transcender o repasse de informações. O professor no ensino superior deve “ajudar o estudante a compreender, a ressignificar, a aprender e a se apropriar crítica e criativamente dos conteúdos. Portanto, seu papel vai além da transmissão [...]” (NOGUEIRA, 2012, p.75).

Diante disso, problematizamos essa formação cartesiana, fundada em uma concepção positivista, que predomina no Ensino das Ciências Física, fomentando uma possibilidade de inserção das necessidades formativas atuais a partir de uma abordagem histórico-filosófica das Ciências.

1.1 OS PARADIGMAS QUE PERMEIAM O ENSINO DA FÍSICA

Apesar das mudanças na sociedade devido ao desenvolvimento científico e tecnológico, que facilitaram e viabilizaram ações cotidianas, ampliaram a velocidade de comunicação e transmissão de informação, assim como acesso a elas, a Educação não segue esse processo, apresentando-se em descompasso com as perspectivas socioculturais atuais. As práticas docentes no Ensino da Física, desde o século XIX, são influenciadas por um pensamento hegemônico que caracteriza um paradigma tradicional das ciências, ou paradigma newtoniano-cartesiano, assim denominado por Behrens (1999). Edificado sob a perspectiva positivista, o

> conhecimento [sob esse paradigma é] concebido a-historicamente e a competência profissional reduzida a uma competência técnica universal e neutra. Essas concepções fundamentam a atuação do professor, excluindo a dimensão política do ato pedagógico, como se as relações educação-sociedade-conhecimento ocorressem numa linearidade tempo-espaço-relações, sem conflitos e nem contradições (FERNANDES, 2013, p.106).

Esses paradigmas podem ser descritos como pensamentos hegemônicos que orientam as ações de uma comunidade que compartilha dessa proposição. Morin (2011, p. 24) entende como paradigma as concepções que caracterizam os "conceitos-mestres selecionados/selecionadores, que excluem ou subordinam os conceitos que lhe são antonômicos", privilegiando ações lógicas específicas em detrimento de outras. Esses paradigmas são inscritos nos indivíduos pela cultura na qual esse está introduzido, orientando seus conhecimentos, pensamentos e atitudes.

> O paradigma desempenha um papel, ao mesmo tempo subterrâneo e soberano em qualquer teoria, doutrina ou ideologia. O paradigma é inconsciente, mas irriga o pensamento consciente, controla-o e, neste sentido, é também supraconsciente (MORIN, 2011, p. 25).

Esse paradigma positivista das ciências dirige as ações dos docentes dessa área, como a Física, tanto na Educação Básica, como na Educação Superior. A tendência dos professores de reproduzir as metodologias que vivenciaram no seu processo educativo, dificulta a aceitação e busca por novas práxis de ensino. Essa visão tradicionalista newtoniana-cartesiana foi responsável pela fragmentação dos conhecimentos, da separação dos conhecimentos em disciplinas, e essas em especificidades, tendo como consequência um trabalho isolado do profissional docente em sala de aula (BEHRENS, 1999). Essa perspectiva visa ainda à reprodução do conhecimento, agindo por meio do "escute, leia, decore, repita" para alunos que atuam como espectadores passivos para assimilar, memorizar e reproduzir os conteúdos expostos pelo professor. Os conteúdos que, por sua vez, foram pesquisados e definidos pelo próprio educador. Uma prática facilmente identificada na Educação Básica, mas que também é observada na Educação Superior, quando os estudantes não conseguem compreender as relações entre as diferentes disciplinas e a importância do ensino dos conhecimentos a elas atribuídos. E os professores também não promovem um ensino que possibilite esse entendimento.

Essa prática pedagógica predominante é descrita por Romão (2004) como uma pedagogia especular que aprisiona o aluno ao universo simbólico do professor, sem permitir que explore o objeto de estudo, mas que apenas reduz suas ações e pensamentos a imitação e repetição do docente. Segundo o autor "o educando não

pode construir sua própria interpretação da realidade, porque ela só lhe aparece como um reflexo do olhar dos seus ‘educadores’” (ROMÃO, 2004, p.149).

Entretanto, essa visão paradigmática não se adéqua as necessidades da sociedade atual. Os paradigmas são construídos no pensamento humano, edificado na sua cultura, e carregam consigo suas crenças, seus valores e seus posicionamentos éticos diante da sociedade em que vivem. E a sociedade atual exige a formação de profissionais capazes de tomar decisões, autônomos, que tomem iniciativas diante dos problemas e dificuldades, que saibam trabalhar em equipe e que busquem uma constante atualização de seus conhecimentos e práticas (BEHRENS, 1999). Os métodos tradicionais e conservadores de ensino, contraditoriamente, “produzem seres incompetentes, incapazes de criar, pensar, construir e reconstruir conhecimento” (BEHRENS, 1999, p. 386). Masson *et al* (2005) sustenta esse mesmo ponto de vista quando afirma que os métodos tradicionais são ineficientes devido à essa recepção passiva de informações por parte dos estudantes que é baseada nos conteúdos dos livros-texto e nas notas de aula, que não promove relação entre avaliação e o conteúdo trabalhado, e que a aplicação dos métodos de resolução de problemas que são memorizados sem necessidade de compreensão dos conceitos e fenômenos tratados, devido uma defasagem já advinda da Educação Básica. Diante desse panorama, paradigmas inovadores visam à construção do conhecimento, não mais fragmentado, e dão importância ao diálogo entre os sujeitos envolvidos no processo de ensino e conjuntura social que a envolve.

> [...] é importante ter o pensamento complexo, ecologizado, capaz de relacionar, contextualizar e religar diferentes saberes ou dimensões da vida. A humanidade precisa de mentes mais abertas, escutas mais sensíveis, pessoas responsáveis e comprometidas com a transformação de si e do mundo (MORIN, 2011, p.13).

Essa metodologia de mera transmissão de conhecimento acaba por propagar concepções errôneas na Educação Científica, distorções que estão presentes na própria ideia de Ciência do docente, derivadas de uma formação que dissemina e reforça uma imagem deturpada, universal e objetiva, das ciências. São essas perturbações (FORATO, 2009, p. 23):

- Concepção empírico-indutivista e ateórica: atribui um papel “neutro” para a observação e a experimentação, não influenciadas por ideias apriorísticas. Desconsidera o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, e dos referentes teóricos;
- Visão rígida, algorítmica, exata e infalível: defende a existência de um “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente, mediante um tratamento quantitativo e controle rigoroso, ignorando a criatividade, o caráter tentativo, e a incerteza;
- Visões aproblemática e a-histórica (dogmática, fechada): transmite os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhes deram origem, qual foi sua evolução, as dificuldades encontradas, e omitem as limitações do conhecimento científico atual;
- Visão exclusivamente analítica: visão compartimentada da ciência que desconsidera as relações entre diferentes campos do conhecimento;
- Visão acumulativa de crescimento linear: a construção do conhecimento científico seria fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo, em que não ocorrem crises nem revoluções;
- Concepção individualista e elitista: os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, e dos intercâmbios entre equipes;
- Visão socialmente neutra da ciência: desconsidera as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade e proporciona uma imagem deformada dos cientistas como seres “acima do bem e do mal”, fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções.

Ademais, essa abordagem convencional acaba por “proliferar” alunos com uma concepção deformada (EL-HANI, 2007), na qual a Ciência se mostra como uma verdade absoluta, criada a partir de visão empírico-indutivista, sem necessidade de criatividade e imaginação, não diferenciando fato, evidência, observação, experimentação, modelos, leis e teorias. Essa concepção diverge do real processo de construção do conhecimento científico, não contemplando as relações complexas envolvidas nessa ação criativa de indivíduos imersos em um contexto social e cultural singular, muitas vezes motivado pelas demandas sociais do momento. Toda a complexidade do ser humano é desintegrada na educação por meio das disciplinas, o que impossibilita a compreensão do que é ser humano (MORIN, 2011), sendo que essa condição deveria ser o cerne de todo o ensino.

> É necessário desenvolver a aptidão natural do espírito humano para situar todas essas informações em um contexto e em um conjunto. É preciso ensinar os métodos que permitam estabelecer as relações mútuas e as influências recíprocas entre as partes e o todo em um mundo complexo (MORIN, 2011, p. 16).

O Ensino Superior hoje visa atender os desígnios do mercado. No entanto, o papel da educação superior é propiciar a inserção de todos os seres humanos na

sociedade, de forma a serem participantes e desfrutadores de seus desenvolvimentos, e engajado na busca por soluções para os problemas criados por essa mesma sociedade (SUHR; SILVA, 2012). A formação em nível superior deve assim extrapolar a mera formação profissional, objetivando preparar “profissionais conscientes da realidade, capazes inclusive de mudar o atual rumo das coisas” (SUHR; SILVA, 2012, p. 56), favorecendo a formação crítica sobre os rumos tomados pela ciência, pela economia, pela política, entre outras áreas de conhecimento, constituindo sujeitos para atuarem de maneira competente na sociedade.

A fragmentação do conhecimento, mesmo na educação superior, inviabiliza a compreensão do aluno das relações entre os diferentes conteúdos propostos pelas disciplinas durante a formação. A práxis docente fundada na visão convencional, não propicia uma real noção geral, não assegura um entendimento da conjunção em que os conteúdos se colocam nem dos vínculos desses conhecimentos com os fenômenos da natureza envolvidos no desenvolvimento e funcionamento de tecnologias desenvolvidas para a sociedade. Esse desmembramento dos conteúdos, e das ciências de forma geral, causa a especialização, não promovendo a visão do todo. Na universidade, a produção do conhecimento (pesquisa), ou seja, o próprio processo de construção da Ciência, deve permear o ensino e dirigir-se para o benefício social e ético. O Ensino da Física como Ciência deve seguir os mesmos preceitos, buscando promover uma perspectiva total e crítica dos conhecimentos, que, segundo Suhr e Silva (2012), não ocorre em um ambiente neutro, mas provem do estabelecimento de relações interpessoais e da percepção da evolução do conhecimento científico.

Essa perspectiva totalizante é descrita pelo Parecer CNE/CES 1.362/2001 como um dos objetivos da formação superior em Engenharia, assim como afirma que a acumulação de conteúdos não garante uma formação adequada. Afirma também que as tendências atuais orientam para uma educação mais flexível, em que a valorização do ser humano e a preservação do meio ambiente sejam preocupações que estejam inseridas no processo de ensino-aprendizagem, assim como a integração social e política do estudante.

> O novo engenheiro deve ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, ele deve ter a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, em sua inserção numa cadeia de causas e

> efeitos de múltiplas dimensões. Não se adequar a esse cenário procurando formar profissionais com tal perfil significa atraso no processo de desenvolvimento. As IES no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas de seus currículos, equacionar esses problemas. Entretanto essas reformas não têm sido inteiramente bem sucedidas, dentre outras razões, por privilegiarem a acumulação de conteúdos como garantia para a formação de um bom profissional (BRASIL, 2002).

Esse olhar para a condição humana e para os impactos ambientais decorre de um processo de conscientização de uma sociedade diante do transcurso histórico e cultural do ser humano. O movimento de produção científica pode ser descrito como um elemento determinante de transformações da história da própria humanidade, e retrata como a ação do sujeito pode modificar o meio em que vive, gerando impactos benéficos ou danosos para o desenvolvimento social e ambiental.

Morin (2011) então sugere o uso de novas práticas pedagógicas que visem uma educação transformadora focalizada no caráter humano, com toda a multiplicidade e enredamento que a relação indivíduo-sociedade-natureza propicia para a composição do conhecimento. Diante disso, podemos destacar que propostas que empregam diretamente conteúdos epistemológicos e elementos da História e Filosofia da Ciência são mais bem sucedidas na aprendizagem do aluno e apresentam caráter explícito e reflexivo (EL-HANI, 2007). A aprendizagem se torna significativa quando os alunos são confrontados com questões epistemológicas que eles mesmos já refletiram sobre ou se questionaram, sendo ainda mais provável quando compreendem conexões com seu conhecimento e sua prática.

Conquanto, no Ensino da Física o paradigma da racionalização ainda guia as práticas educacionais, tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, “o racionalismo que ignora os seres, a subjetividade, a afetividade e a vida é irracional” (MORIN, 2011, p. 23). Uma perspectiva é dita racionalista quando se funda na universalidade e assume um caráter não-histórico, assumindo o conhecimento dito científico como único conhecimento válido porque atende ao “critério universal” estabelecido (paradigma vigente). Os docentes apresentam os conteúdos como verdades absolutas não competentes à discussão entre os alunos e também têm uma tendência a estruturar suas lições de forma rígida, com aulas centradas e dominadas pelo professor (HÖTTECKE; SILVA, 2011). Professores que não se adéquam a esse método ainda sofrem resistência de muitos colegas, como também da sociedade, devido ao fato de que essa cultura se enraizou fortemente e se fechou

em um ciclo vicioso, que se repete nas escolas de ensino de ciências. Apesar disso, esse tratamento do ensino diverge dos objetivos da educação de formação para a cidadania, uma vez que, segundo Höttecke e Silva (2011), uma cultura de discussão e negociação entre os alunos é dificilmente sustentada dessa forma. “O conhecimento, ao buscar construir-se com referência ao contexto, ao global e ao complexo, deve mobilizar o que o conhecedor sabe do mundo” (MORIN, 2011, p.36). É importante que o sujeito se reconheça como ser humano com toda a sua diversidade cultural característica.

A forma como esses paradigmas são tratados pelas partes envolvidas (aceitação ou resistência) infere “diretamente na abordagem teórica e prática da atuação dos profissionais em todas as áreas do conhecimento. [...] O ser humano edifica seus paradigmas e olha o mundo por meio deles” (FLACH; BEHRENS, 2008, s. p.), cabe ao professor conhecê-los e direcionar suas ações para que seja possível a composição de novos paradigmas.

Podemos então definir Educação como mediadora de um processo de formação humana que se impõe diante das necessidades da sociedade. Um processo contínuo ao qual Severino (2008) grifa a necessidade de se levar em conta a historicidade uma vez que essa instaura a humanidade no tempo.

> Não há, pois, como inserir novas gerações no mundo do trabalho, no mundo da participação social, no mundo da cultura, de maneira ingênua, de maneira automática, de maneira mecânica ou de maneira dogmática. Por isso, a função da educação é exatamente de explorar esta que é a nossa única ferramenta: o conhecimento. Para que a educação, os currículos, o ensino possam se tornar fecundos e significativos em qualquer um dos níveis da formação humana, em qualquer de suas modalidades, obviamente é preciso que, ao lidarmos com eles, estejamos lidando adequadamente com o conhecimento (SEVERINO, 2008, p. 166).

A história mostra que as sociedades se desenvolvem a medida que as forças produtivas, suas técnicas e condições também se desenvolvem. Isso significa que a história retrata a evolução dessa produção pelo trabalho dos sujeitos na sociedade. “[...] A natureza é usada pelo homem que nela deposita sua marca, transformando-a. E o próprio homem, pelo trabalho, modifica a si mesmo nesta sua relação com a natureza” (ARAÚJO, 2003, p.77).

Conjuntamente, a Filosofia mostra-se importante nesse processo de ensino e aprendizagem ou, como denota o autor, nesse “processo de produção”. É tida

como formação necessária para que o aluno possa se dar conta do “significado da sua existência histórica, do significado da inserção dele seja onde for, no mundo do trabalho, no mundo da profissão, no mundo da cultura” (SEVERINO, 2008, p. 166). Essa prática de refletir criticamente sobre a significação, a relevância e a incumbência do sujeito ou mesmo dos seus conhecimentos e ações no mundo são fomentados pelo pensamento filosófico. A Filosofia da Ciência , no que lhe concerne, promove um refletir sobre as concepções de verdade, de realidade, de experiência. É responsável pelo movimento de pensar e discute o que é e o que não é científico. A Epistemologia da Ciência discute a natureza e a validade dos conhecimentos humanos, fator que propicia a formação crítico reflexiva sobre a cientificidade dos modelos, leis e teoria com os quais os estudantes se deparam nas diferentes disciplinas, como a Física. Compreender esse processo de validação e de constituição científica nas diferentes épocas promove uma formação holística da ciência, na qual é possível entender como emergiu essa perspectiva da imposição de verdades (postulados e axiomas) e da neutralidade do cientista diante das possíveis consequências do conhecimento científico, assim como refletir sobre o desenvolvimento tecnológico, seu uso na sociedade e os valores, éticos, sociais, culturais que se estruturam.

Referindo-se ao Ensino de Física no Ensino Médio, devemos entender quais os objetivos da instrução dessa ciência vinculados aos objetivos da educação no Brasil. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), o Ensino de Física visa

> construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem (BRASIL, 2015, p. 59).

Para que sejam cumpridos esses desígnios, deve-se desenvolver um conjunto de competências específicas no ensino das Ciências Físicas, de forma a possibilitar ao aluno perceber e lidar

> com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de

> princípios, leis e modelos por ela construídos. [...] também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas (BRASIL, 2015, p. 59).

Os Parâmetros Curriculares chamam ainda a atenção para o caráter histórico da Física mais uma vez, assegurando que essa ciência seja apresentada como “um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e [...] sendo impulsionado” (BRASIL, 2015, p. 59).

De acordo com Moreira (2000), devemos estar conscientes desse fato, de que a grande maioria dos alunos do Ensino Médio não estudará Física posteriormente, e que, por isso, não precisará estudar essa disciplina como físicos em potencial. Entretanto, serão cidadãos que devem possuir conhecimentos físicos que lhes sirvam para a vida, para uma melhor compreensão do mundo e de suas tecnologias. Sendo assim, o objetivo no Ensino Médio é apresentar uma “Física não dogmática, construtivista, para a cidadania, ênfase em modelos, situações reais, elementos próximos, práticos e vivenciais do aluno, do concreto para o abstrato, atualização de conteúdos, Física Contemporânea” (MOREIRA, 2000, p. 98).

Contudo, referindo-se ao Ensino Superior, Moreira (2000, p.97) ressalta que “a Física introdutória universitária é importante na formação de engenheiros e profissionais das áreas afins. É também importante no núcleo comum proposto nas diretrizes curriculares para a formação em Física”. No entanto, o perfil do profissional formado, assim como os propósitos de cada curso divergem, o que exige uma formação diferenciada e uma perspectiva diversa em cada um dos cursos e em cada uma de suas modalidades. O autor, afirma também que é necessário buscar recuperar alunos que vêm com falta de base para a disciplina de Física Geral, o que gera um alto índice de reprovação. Mas esses problemas, segundo o autor, não serão solucionados com mudanças de livro didático ou disponibilizando listas de exercícios na internet. É preciso buscar novos recursos para o Ensino da Física no âmbito da Educação Superior.

No caso das Engenharias, segundo Masson *et al* (2005, p. 2),

> Pelas suas próprias características, o ensino eficiente de engenharia e de tecnologia, só pode ser efetivo com uma forte formação básica científica e

> nesse contexto o ensino de Física é indispensável à formação dos que pretendem exercer profissões que necessitam do desenvolvimento tecnológico que fundamentalmente depende do conhecimento dos fenômenos físicos ou da informação recolhida por técnicas e métodos neles baseados.

Para o engenheiro, assim como o conhecimento matemático, a física é um ingrediente valioso na sua formação porque é o motor do desenvolvimento científico e tecnológico, promovendo assim não apenas o bem estar da sociedade, mas resolvendo problemas e salientando os riscos e impactos que podem ser desencadeados pelo uso de técnicas e instrumentos (MASSON *et al*, 2005).

> O Ensino Superior [...] visa atingir três objetivos, que são obviamente articulados entre si. O primeiro objetivo é o da formação de profissionais das diferentes áreas aplicadas, mediante o ensino/aprendizagem de habilidades e competências técnicas; o segundo objetivo é o da formação do cientista mediante a disponibilização dos métodos e conteúdos de conhecimentos das diversas especialidades dos conhecimentos; e o terceiro objetivo é aquele referente à formação do cidadão, pelo estímulo de uma tomada de consciência, por parte do estudante, do sentido de sua existência histórica, pessoal e social (SEVERINO, 2007, p. 22).

Uma vez que a formação superior é limitada pelo tempo, muitas informações devem ficar a cargo do sujeito, de sua curiosidade e senso crítico. “O engenheiro deve conhecer [...] parte da natureza para que possa tirar o melhor proveito dela para o Homem” (RUFFINO, 1985, p. 45), para tal, a universidade tem o papel fundamental de desenvolver o espírito pesquisador do profissional. O senso crítico se torna assim fundamental para a seleção de informações, e exige do engenheiro um sólido conhecimento dos princípios fundamentais dos fenômenos envolvidos, o que corrobora para uma formação fortemente arraigada nas Ciências Físicas.

Sugerimos assim, para atender aos objetivos e deveres educacionais, promover o remembramento dos conhecimentos provenientes dessa ciência, evidenciando a condição humana no mundo, ou seja, proporcionar o ensino de uma ciência não fragmentada, que delineais as relações entre suas áreas, com seus sujeitos produtores e a conjuntura social, cultural e histórica na qual esses sujeitos se inserem. Para Morin (2011, p. 74), “a realidade não é facilmente legível. As ideias e as teorias não refletem, mas traduzem a realidade [...]. Nossa realidade não é outra senão a nossa ideia de realidade”. Criar e interpretar são subjetivos, mesmo na Física. Entretanto, a perspectiva que permeia a sociedade científica, e que ainda

é transmitida no Ensino de Ciências, é que uma ideia ou teoria torna-se científica a partir do momento em que pode ser testada e verificada experimentalmente, ou seja, torna-se objetiva, sendo comprovada quando o experimento, ainda que sofra diferentes constituições, prove-a. Essa ideia ou teoria, por sua vez, ainda que limitada no seu campo de ação, é aceita quando não há outra teoria que seja mais adequada. Contudo, é uma perspectiva distorcida do movimento de construção da Ciência, pois ignora toda a ação subjetiva envolvida no processo de constituição do conhecimento.

O desenvolvimento do conhecimento científico vem então como forma de detecção de erros e luta contra as ilusões, mas os paradigmas que regem a Física podem ao mesmo tempo clarificar ou ofuscar fatos, não podendo uma teoria científica estar imune ao erro. “O conhecimento científico não pode tratar sozinho dos problemas epistemológicos, filosóficos e éticos” (MORIN, 2011, p.20), e é dever da educação mostrar que não existe um conhecimento que não esteja de certa forma ameaçado pelo erro e pela ilusão.

> O conhecimento não é um espelho das coisas ou do mundo externo. Todas as percepções são, ao mesmo tempo, traduções e reconstruções cerebrais com base em estímulos ou sinais captados e codificados pelos sentidos. [...] O conhecimento sob forma de palavra, de ideia, de teoria, é o fruto de uma tradução/reconstrução por meio da linguagem e do pensamento e, por conseguinte, está sujeito ao erro. Esse conhecimento, ao mesmo tempo tradução e reconstrução, comporta a interpretação, o que introduz o risco do erro na subjetividade de conhecedor, de sua visão do mundo e de seus princípios de conhecimento (MORIN, 2011, p.19).

Ainda que a Ciência tenha permitido um grande desenvolvimento, e propiciado muitos conhecimentos sólidos, da mesma forma, aduziu-nos a incertezas que devem ser incluídas no ensino. É importante compreender que

> A história avança, não de modo frontal com um rio, mas por desvios que decorrem de inovações ou de criações internas, de acontecimentos ou de acidentes externos. A transformação interna começa com base em criações inicialmente locais e quase microscópicas, efetua-se em meio inicialmente restrito a alguns indivíduos e surge como desvios em relação à normalidade. Se o desvio não for esmagado, pode, em condições favoráveis proporcionadas geralmente por crises, paralisar a regulação que o freava ou reprimia, para, em seguida, proliferar de modo epidêmico, desenvolver-se, propagar-se e torna-se tendência cada vez mais poderosa, produzindo a nova normalidade (MORIN, 2011, p.71).

O ensino da Física deve assim integrar os seguintes aspectos das ciências (FORATO, 2009, p. 25):

> - A natureza não fornece dados suficientemente simples que permitam interpretações sem ambiguidades;
> - Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa preexistente;
> - A ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto sociocultural de cada época;
> - Teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir da experiência;
> - O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não inteiramente, na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo.

Ao se deparar com um fenômeno físico, o cientista busca criar um modelo que lhe possibilite estudá-lo. No entanto, esse modelo contempla parcialmente o objeto, negligenciando alguns aspectos do mesmo, tornando-se uma representação aproximada. No entanto, “a conversão de coisas concretas em imagens e sua transformação em modelos teóricos cada vez mais adequados aos fatos é o caminho efetivo para apreensão da realidade pelo pensamento” (RICARDO, 2017, s. p.). Esses modelos são validados por meio de testes experimentais, em que se verifica se correspondem aos objetos de investigação reais. Podemos afirmar então que as ciências não representam fielmente a realidade, mas ainda assim permite entender o mundo. Mas é importante ressaltar que ao transformar a realidade em objeto de estudo, esse fenômeno é modificado, sob as lentes das teorias que orientam o cientista que o modela. “A ciência [...] não atinge a verdade. Mas representa, isto sim, um esforço para fazer progredir o conhecimento e aproximar-se da verdade. Não sabemos, podemos apenas conjecturar” (ARAÚJO, 2003, p.60).

A abordagem da HFC vem então como uma perspectiva que pode proporcionar a contextualização do conhecimento, assim como propiciar a complexidade humana envolvida no desenvolvimento das ciências físicas. Para Ricardo (2017), o conceito de contextualização pode assumir três interpretações: (i) contextualização como elemento motivador atrelado à realidade cotidiana e aos conhecimentos prévios do estudante; (ii) contextualização como uma conjuntura favorável à interdisciplinariedade; e (iii) contextualização como didatização do conhecimento, ou seja, como transposição didática do conhecimento científico em conhecimento escolar.

A contextualização, segundo Ricardo (2017) aparece no discurso docente mas não é necessariamente praticada em suas aulas. É também um elemento comum nos discursos dos professores da Educação Básica, até porque é enfatizada nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Mas ainda não há um consenso sobre o que é o Ensino de Física contextualizado. A primeira interpretação de contextualização (i), que busca incentivar os alunos ao estudo da Física relacionando suas teorias aos seus conhecimentos anteriores e às situações que vivem no dia a dia, é também reforçado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio, que descreve a contextualização como um recurso para promoção de uma aprendizagem que se mostre significativa. A segunda interpretação do conceito sobre contextualização do conhecimento (ii), que vincula a uma etapa anterior que possibilita o tratamento interdisciplinar do conteúdo é destacado pelos PCN+, que orienta para uma perspectiva sócio-histórica de contextualização da ciência e de suas tecnologias, proporcionando uma discussão e reflexão sobre o uso ético desses conhecimentos e instrumentos tecnológicos decorrentes no mundo. E a interpretação (iii) da contextualização como transformação de um conhecimento científico em um conhecimento adequado aos propósitos e organizações escolares, ou seja, como um processo de transposição didática (TD), que também engloba os outros dois entendimentos para esse conceito. Esse último é descrito pelo autor como um movimento de exílio da ciência de suas origens (RICARDO, 2017), sendo afastada da sua estirpe de produção histórica.

A TD modifica o conhecimento científico para um conhecimento escolar de forma que esses conteúdos científicos sofrem uma despersonalização, sendo desvinculados das relações subjetivas e das teorias que influenciam o olhar do pesquisador como um ser social, que se insere em uma história e cultura (RICARDO, 2017). Esses conceitos científicos são então organizados em textos e assumidos como independentes, encadeados em uma sequência conforme a estrutura escolar e ao tempo letivo. É essa separação da condição da Física como Ciência e da Física como conteúdo que pode acarretar a matematização e se ultimar em mera aplicação de fórmulas para resolução de exercícios, de maneira mecânica. No entanto, uma recontextualização pode modificar o caráter desse conhecimento didatizado, por meio de ações problematizadoras. A problematização da realidade deve promover um diálogo, entre os sujeitos envolvidos no processo de ensino-

aprendizagem (professores e estudantes), possibilitando refletir sobre ela e por meio dos aspectos históricos e dos elementos que se põe como obstáculos para o entendimento dessa realidade. O diálogo deve suscitar a abstração e a elaboração de uma representação de realidade e teoria em que o sujeito se reconheça, promovendo uma análise crítica e a exteriorização de suas ideias sobre o mundo. Espera-se que essa compreensão transcenda os limites do seu mundo cotidiano e possa ser extrapolado para outros contextos.

Ricardo (2017) ainda destaca que a História da Ciência pode ser uma forma de tratar esse desenraizamento do conhecimento científico durante a transposição didática, no entanto, ressalta que é importante lembrar que “o significado dos problemas e questões que levam à construção dos saberes científicos não são os mesmos para os alunos e cientistas” (RICARDO, 2017, s. p.), podendo essa recontextualização não ser suficiente uma vez que a localização histórica da constituição de uma teoria não tem necessariamente sentido para o estudante.

> O papel da ciência e do cientista está mais do que nunca ligado aos resultados tecnológicos que impulsionam todo o processo produtivo. A ciência é tanto uma questão de meios (o conhecimento científico é tanto mais válido quanto mais se aproxima de um ideal de objetividade – a pura objetividade sendo impossível) quanto uma questão de fins (ARAÚJO, 2003, p. 64).

Diante disso, ainda podemos afirmar que a HFC proporciona uma visão da relação do progresso científico enraizado na história real da humanidade, necessária ao estudante formado no Ensino Superior para que compreenda o processo de produção científica ao qual deve estar preparado para atuar. “Se a prática científica faz avançar a tecnologia e essa faz avançar a ciência, a ciência por sua vez, não consegue e nem deve permanecer isolada desse movimento social” (ARAÚJO, 2003, p.65).

É assim necessário entender as causas desencadeadoras do fazer ciência, visto que “o conhecimento só se legitima se for mediação da intencionalidade da existência histórico-social dos homens. Aliás, o conhecimento é mesmo a única ferramenta de que o homem dispõe para melhorar sua existência” (SEVERINO, 2007, p. 26). Sendo assim, todo processo de desenvolvimento tecnológico proporcionado pela ciência visa atender as necessidades humanas.

1.2 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Ao concebermos a Ciência como conhecimento historicamente e socialmente construído, é importante compreender como esses conceitos e teorias são fundadas como um saber científico. O próprio conceito de História da Ciência amadurece e se aperfeiçoa no século XX tornando esse estudo mais rigoroso e permitindo que novos modelos de constituição da ciência fossem desenvolvidos nesse período (FORATO, 2009).

Com a publicação de seu livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Thomas Kuhn apresentou um modelo de desenvolvimento científico que rompe com a visão positivista tradicional. Segundo Ostermann (1996, p.184),

> Kuhn encara a observação como antecedida por teorias e, portanto, não neutra (apontando para a inseparabilidade entre observações e pressupostos teóricos), [...] e reconhece o caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento.

Diferentemente de Morin (2001), que insere o conceito de paradigma em um contexto cultural mais amplo, Kuhn (1998) denota como paradigmas as teorias que norteiam os estudos científicos. Esses paradigmas podem ser descritos como pensamentos hegemônicos que orientam as pesquisas da comunidade científica que compartilha dessa proposição.

Para Kuhn (1998, p. 30), “homens cuja pesquisa está baseada em paradigmas compartilhados estão comprometidos com as mesmas regras e padrões para a prática científica”. Segundo ele, a adesão a um paradigma demonstra maturidade no ramo científico em foco.

O estudo dessas teorias científicas, de acordo com Kuhn (1998), prepara o aluno para atuar no mundo científico, na busca de aprimoramentos e aprofundamentos desses paradigmas vigentes. A essa etapa do processo, Kuhn dá o nome de *Ciência Normal*. Pela definição do autor, “‘ciência normal’ significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas [...] proporcionando os fundamentos para sua prática posterior” (KUHN, 1998, p. 29). Essa fase é essencial para o desenvolvimento da ciência, uma vez que é nesse momento que os cientistas buscam resolver o “quebra-cabeça” formado pelos

fenômenos físicos, procurando adequá-los ao paradigma. Também é essa etapa que proporciona o desenvolvimento tecnológico na busca de instrumentos mais precisos.

> Ao fazer ciência, o homem parte de uma determinada concepção a cerca da natureza do real e acerca do seu modo de conhecer. Essas “verdades” básicas não precisam ser demonstradas nem mesmo conscientemente aceitas pelos cientistas, mas elas são pressupostas. A sistematização dessas posições de fundo são assim chamadas de paradigmas [...]. Para que o conhecimento produzido pela ciência tenha consistência, é preciso admitir algumas verdades universais, ou seja, a ciência precisa apoiar-se em alguns pressupostos (SEVERINO, 2007, p.107).

Podemos discutir aqui a importância que Kuhn (1998) traz para o conceito de problema para o desenvolvimento científico. Ele destaca que a resolução é importante desde a formação do cientista (fato que pode ser generalizado para estudantes da disciplina de Física) uma vez que a resolução de problemas possibilita que o aluno tenha “experiência” com situações (teóricas ou experimentais) diante das quais buscam similaridades com outras situações, demonstrações ou problemas que já tenham verificado e resolvido. Esse “exercício” possibilita o desenvolvimento da habilidade de ver semelhanças para identificar o contexto (*Gestalt*) no qual o caso se insere, e com isso, selecionar a lei ou teoria necessária para sua solução. Kuhn (1988, p. 235) afirma ainda que os próprios cientista “resolvem quebra-cabeças modelando-os de acordo com soluções anteriores” mesmo que aplicadas em outro cotexto ou com outra concepção. O desenvolvimento dessa habilidade nos estudantes promove a percepção das situações física, e não apenas das leis e regras.

Entretanto, Delizoicov (2017) ressalta que ainda que, para Kuhn, a resolução de problemas promova uma contextualização conveniente, exemplificando e possibilitando a apropriação dos conteúdos cognitivos dos conceitos, modelos, leis e teorias da Física pelos alunos, há outros sentidos que podem ser entendidos para Problematização. Refere-se ao sentido dado ao “planejamento e desenvolvimento de atividades que não se resumem aquelas que tradicionalmente balizam as atividades de resolução de problemas” (DELIZOICOV, 2017, s. p.), como situações que exigem do aluno apropriação de um conhecimento que ele ainda não tem, e processos em que o professor busca iluminar incoerências nos conhecimentos prévios dos estudantes, explicitando-as para o aluno e o questionando para que busque o conhecimento para resposta.

A adesão a um paradigma pela comunidade científica não significa que não haja outros grupos com outros princípios e teorias vigentes. Kuhn descreve a existência de uma competição entre escolas filosóficas, comunidades científicas que possuem diferentes perspectivas sobre os fenômenos da natureza e que disputam pela supremacia de suas ideias. Ainda que todas essas escolas tenham contribuído de forma significativa para o entendimento dos conceitos científicos, as divergências desaparecem devido ao triunfo de uma das escolas. E, ao assumir um paradigma comum, evita-se a necessidade de construir novamente seu campo de estudos. Métodos de pesquisa e análise também são estabelecidos de forma a garantir a validade dos conhecimentos produzidos a partir do pensamento desse paradigma. De acordo com Kuhn (1998, p. 38), “para ser aceita como paradigma, uma teoria deve parecer melhor que suas competidoras, mas não precisa explicar todos os fatos”. Essa definição de um paradigma torna o campo da Ciência Normal mais rígido e mais especializado.

Ao olharmos para sala de aula, podemos dizer que o positivismo é um paradigma que regula e controla, em geral, as ciências e o ensino de ciências. Esses indivíduos envolvidos na produção do conhecimento científico e no processo de ensino e aprendizagem dessas ciências, por sua vez, não tem consciência desse fato, uma vez que foram formados imersos nessa perspectiva. Isso aponta para elementos da formação de professores que precisam ser revistos, como discutiremos mais a frente na seção 1.4.

O conceito de paradigma é fundamental para a teoria kuhniana, como afirma Ostermann (1996), no entanto, desencadeou muitas polêmicas devido à ambiguidade de significados para os quais é aplicado na obra de Kuhn. Um dos significados é de “modelo ou padrão aceito” (KUHN, 1998, p.43), ainda que não seja totalmente bem sucedido, mas é adotado quando se mostra melhor que seus concorrentes na resolução de problemas mais significativos para a comunidade científica.

No entanto, a hegemonia do paradigma impede que fenômenos que não se enquadrem nessa perspectiva sejam vistos. Para Kuhn (1998, p.45),

> a ciência normal consiste na atualização que se obtém ampliando-se o conhecimento daqueles fatos que o paradigma apresenta como particularidades relevantes, [...] não tem como objetivo trazer a tona novas espécies de fenômenos; na verdade, aqueles que não se ajustam aos limites do paradigma frequentemente nem são vistos.

Essa fase de estudos restringe as áreas de investigação dos pesquisadores e limita a seleção de problemas para resolução, segundo Ostermann (1996). Seria como uma busca por adequar os fenômenos naturais às limitações do paradigma. À medida que a ciência normal se aprimora, surgem problemas ditos extraordinários. Anomalias devido à adequação da natureza ao paradigma. Kuhn (1998, p. 78) afirma que “a descoberta começa com a consciência [dessa] anomalia, isto é, com o reconhecimento de que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas paradigmáticas”.

Essas descobertas seguem de um árduo processo de exploração e mudanças nesse paradigma de forma a incorporar um novo conjunto de fatos e teorias que transformem as anomalias em fatos esperados (KUHN, 1998). Uma descoberta pode ainda exigir uma mudança de tipos de fenômenos assim como das teorias aceitas. O fracasso gera um momento de crise, uma insegurança diante dos paradigmas e prescreve a busca por novas regras, novos conceitos, novos instrumentos, novos métodos.

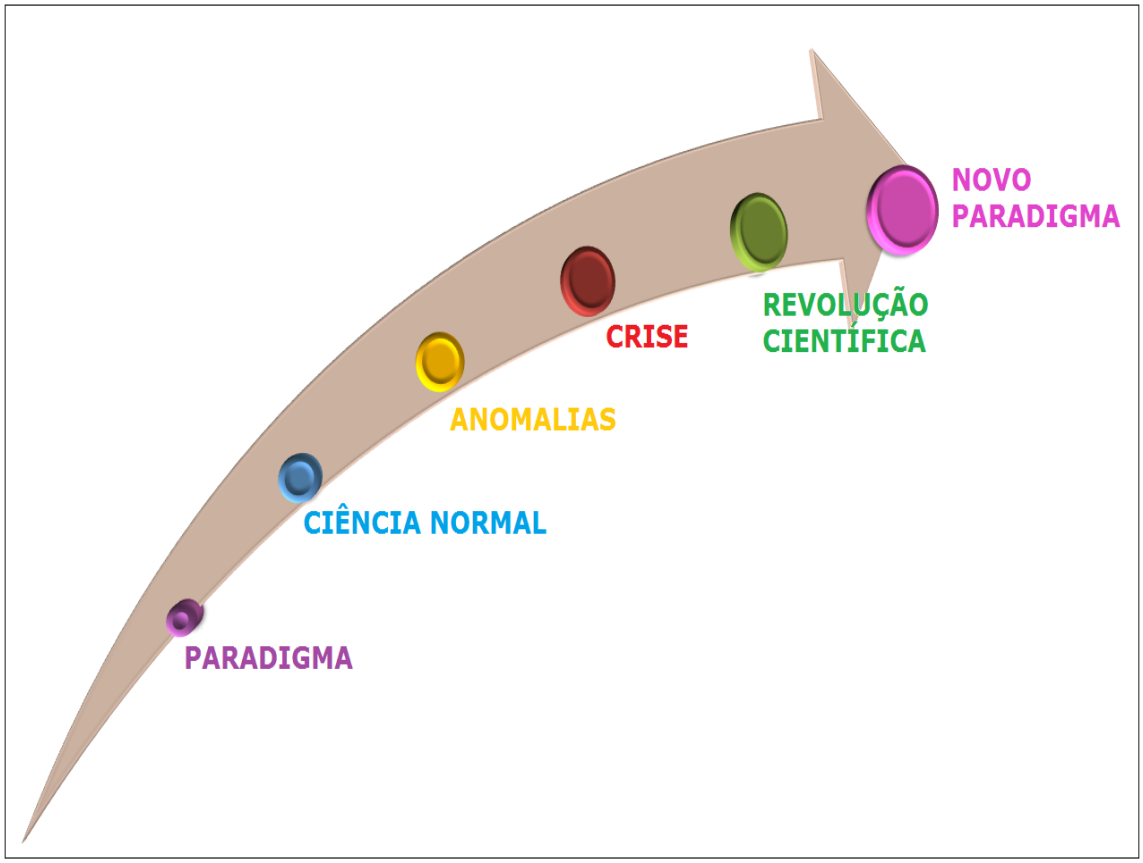
A crise desencadeia uma nova busca por um novo paradigma vigente. Kuhn dá o nome de *Revolução Científica* a esse acontecimento. O autor define essa Revolução como “episódios de desenvolvimento não cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior” (KUHN, 1998, p.125). Nessa fase, as escolas argumentam a favor de seus paradigmas, até que um novo paradigma seja posto em vigor.

> Os cientistas não rejeitam paradigmas simplesmente porque se defrontam com anomalias. Uma teoria científica, após ter atingido o status de paradigma, somente é considerada inválida quando existe uma alternativa disponível para substituí-la. As teorias não são falsificadas por meio de comparação direta com a natureza. Decidir rejeitar um paradigma é sempre decidir simultaneamente aceitar outro. A transição para um novo paradigma é chamada por Kuhn de revolução científica (OSTERMANN, 1996, p. 191).

Para Ostermann (1996), se uma nova teoria vem para suprir a necessidade de resolver as anomalias surgidas no paradigma antigo, “a nova teoria bem sucedida deve permitir predições diferentes daquelas derivadas de sua predecessora”.

Esse processo que descreve a Ciência como uma contínua construção humana pode ser visto no esquema da Figura 1.

FIGURA 1 – MODELO DA EPISTEMOLOGIA DE KUHN.



FONTE: A autora (2017).

Toda essa visão epistemológica da Ciência mostra quão complexo é o processo de construção dos conhecimentos e como fatores que caracterizam o meio no qual o sujeito está imerso afetam sua percepção do mundo. Conhecimentos epistemológicos assim como os históricos se mostram necessários tanto para o professor quanto para o aluno terem um entendimento adequado da Física e da dinâmica que caracteriza o processo de constituição dessa ciência. Segundo Higa e Hosoume (2008), o professor precisa mais do que apenas saber o conteúdo a ser ensinado, precisa conhecer os problemas e discussões que originaram a construção desse conhecimento, assim como permite uma melhor compreensão da natureza, dos conceitos e teorias da Física e proporciona uma concepção da Ciência como uma construção coletiva, ocorrida dentro de uma cultura, num contexto político e social. É importante também que o docente compreenda o movimento na perspectiva de métodos e validações do científico, de formulações de conceitos e

modelos, e o processo de argumentação contido na defesa de uma teoria contraposta a outras, que caracterizam a ciência.

Conforme afirma Severino (2008, p.166), “para formar as novas gerações, é preciso que elas se insiram neste processo todo de formação, de desenvolvimento, obra que é construída coletivamente”. A História e Filosofia da Ciência se mostra então como uma potencialidade no Ensino de Física. Veremos na sequência como essa abordagem pode ser articulada à educação científica de modo a promover uma formação contextualizada e epistemológica.

1.3 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

Há relatos da adoção de uma abordagem pautada na História e Filosofia da Ciência (HFC) desde o século XIX, afirma Biscaino (2012). Países como Inglaterra e Estados Unidos também já debatiam sobre essa abordagem desde antes das décadas de 1960 e 1970. No entanto, na América Latina, o movimento ganha força somente a partir da década de 1990, quando sua utilização começou a ser amplamente discutida, primeiramente como um fator motivador para dar um caráter atrativo ao Ensino das Ciências. Esse atraso ocorre devido a forte oposição positivista que ainda predominava na década de 1980 nos países latinos (BISCAINO, 2012).

No âmbito atual, a visão positivista ainda influencia fortemente as práxis docentes das Ciências, e a adoção de abordagens como a HFC para o Ensino de Ciências é amplamente discutida. Forato (2009) justifica essa forte influência devido ao ensino estar pautado numa visão baseada na racionalidade técnica e da razão instrumental que dominou o cenário educacional do século XX, também utilizada na formação dos professores. É usual na graduação em Física subestimar o caráter histórico e epistemológico da ciência, dando ênfase apenas no aspecto operacional, o que marca o ensino em Física sem dar conta de tratar sobre a Ciência Física (LONDERO, 2015).

A ciência ensinada ainda transmite uma perspectiva positivista, apoiada no empirismo, que recusa a essência do conhecimento e se limita àqueles que são ditos testáveis ou verificáveis, e na constituição de constructos teóricos, úteis e funcionais, que poderão ser verificados à medida que a ciência e suas técnicas avançam (ARAÚJO, 2003). Essa visão objetiva os fenômenos, que segundo os

positivistas, devem ser tratados de forma neutra: “se a ciência se envolver com valores, com as questões de fins, com propósitos éticos ou políticos, ela será invalidada por elementos estranhos e perturbadores da pesquisa científica” (ARAÚJO, 2003, p. 65). O objetivismo exterioriza o conhecimento, retirando-o da conjuntura que envolve as atitudes do pesquisador, suas crenças ou qualquer outro estado subjetivo dos sujeitos envolvidos na pesquisa (CHALMERS, 1993), se fundamentando apenas nos conhecimentos que descrevem o estado atual dessa ciência, como a Física. Os cientistas devem então conhecer e compreender esses conceitos e teorias que são tidos como verdadeiras, e neles se fundamentarem para o desenvolvimento de seus estudos. São esses conhecimentos, tratados como preceitos científicos, que são levados para a sala de aula, transformados em um conhecimento escolar para poderem ser trabalhados pelo docente. Isso acaba constituindo um paradigma que controla tanto o processo de desenvolvimento científico como a compreensão da ciência como cultura – a ciência é vista como um conhecimento mais importante e mais correto que os conhecimentos ditos não científicos.

Essas teorias, por sua vez, muitas vezes podem ter consequências não previstas ou ignoradas pelos seus autores, podendo prever a ocorrência de outros fenômenos físicos inesperados e que necessitem de novas teorias para explicá-los (CHALMERS, 1993). Fato que pode ser visto no estudo do Eletromagnetismo, ocorrido com Maxwell quando propôs a natureza eletromagnética para a luz, que não percebeu a possibilidade de produção de ondas de rádio por fontes elétricas oscilantes.

A HFC permite compreender que postular o progresso científico fundado apenas numa visão positivista

> implica em desconhecer que a ciência está enraizada na história real dos homens [...] (ARAÚJO, 2003 p. 66).
>
> [...] A verificabilidade empírica e a formalização fazem parte do processo metodológico da ciência, de modo geral. Mas além de não representar o todo da ciência, o afastamento dessas regras e o uso de outras mostra que as fronteiras da ciência são mais fluidas e que o método não é ditatorial. A ciência se relaciona com os demais saberes e práticas, como a filosofia, a arte, a religião, o senso comum, a magia, a política, aos governos, aos interesses (ARAÚJO, 2003 p. 67).

Diante disso, Bastos Filho (2012) defende que a não inserção da HFC no Ensino da Física é inaceitável, uma vez que não se deve renunciar a complexidade do mundo. Em concordância, Moura e Silva (2014, p. 345) dizem que “a História da Ciência pode ser um recurso pedagógico não só para contextualizar, mas também para ensinar conceitos científicos”. É importante que se compreenda o que é ciência, como funciona e quais os seus métodos, fundamentos, valores e pressupostos. Uma vez que as descrições de uma realidade feitas pelas ciências, assim como a maneira com que ela se assegura, mudam no decorrer da história, e o entendimento da origem e dos processos evolutivos dos conhecimentos científicos permitem perceber as limitações e as consequências, boas ou ruins, desses saberes (ROSENBERG, 2013).

Contudo, isso não significa que qualquer tipo de inserção didática da HFC no Ensino de Ciências, e no Ensino da Física por sua vez, seja válido (BASTOS FILHO, 2012).

> Tendo a educação superior seu núcleo energético na construção do conhecimento, impõe-se uma prática pedagógica condizente, apta a superar a pedagogia do ensino universitário tradicional, apoiado na transmissão mecânica de informações. O ensino/aprendizagem na Universidade é tão somente uma mediação para a formação, o que implica muito mais do que o simples repasse de informações empacotadas (SEVERINO, 2007, p. 27).

O Ensino de Ciências deve ser visto e apresentado como processo de construção, como afirma El-Hani (2007), não como uma “retórica de conclusões”, mas como conhecimento inserido em um contexto histórico, filosófico, social e cultural da ciência. O autor também destaca que a formação dos professores ainda tem um caráter excessivamente teórico e sem referenciais históricos e filosóficos, e que a aprendizagem de conteúdos de ciência se dá sem reflexão sobre o próprio saber e uso em outras áreas da sociedade. Essa forma de apresentação da Ciência gera uma compreensão errônea sobre a mesma, como uma doutrina dogmática, fortemente enraizada em princípios positivistas, desvinculado da criatividade e da imaginação, sem elo com a condição humana de produção de conhecimento e sem consciência de sua colocação dentro de um sistema de validação orientado pelo olhar científico paradigmático do momento. O uso de elementos da HFC é então sugerido por El-Hani (2007) por apresentar caráter explícito e reflexivo no processo de Ensino de Ciência contextualizado e proposto como uma construção humana.

Essa perspectiva é defendida também por Moura e Silva (2014) para a formação dos professores, mas que também pode ser estendida para a formação superior como as engenharias. Uma vez o professor formado dentro dos preceitos que visam uma compreensão mais complexa da ciência, que suscita sua reflexão e entendimento do caráter histórico e epistemológico da produção do conhecimento científico, permite que esse docente tenha uma visão diferenciada da ciência que deve ser ensinada em sala de aula.

> No contexto atual, a incorporação de conteúdos históricos no ensino tem sido considerada importante por seu potencial em contribuir para a melhoria do aprendizado de conceitos e ideias científicas e para uma formação cultural ampla dos indivíduos. [...] a história da ciência fornece subsídios para compreender como a ciência é produzida, como os cientistas trabalham e quais são as influências sofridas e exercidas por eles, afastando concepções ingênuas e distorcidas sobre o processo de construção do conhecimento científico (MOURA; SILVA, 2014, p. 336).

Apesar de haver currículos que já contemplam elementos de HFC e do aumento significativo de publicações sobre o uso dessa abordagem, poucas são as revisões sobre a eficácia de seu uso (TEIXEIRA; GRECA; FREIRE JUNIOR, 2012), além de que o fato de que as publicações brasileiras estão muito aquém, devido a deficiências metodológicas, em comparação às publicações internacionais. Fato que “limita a credibilidade dos resultados obtidos”, segundo Teixeira, Greca e Freire Junior (2012, p. 28). Os autores afirmam que as pesquisas qualitativas são predominantes na America Latina na área de ensino, principalmente sobre a construção de sequências didáticas, que são implementadas, e cuja investigação se funda em um corpus coletado por meio de questionários, observações e entrevistas. Os rigores metodológicos das pesquisas brasileiras, por sua vez, são considerados inferiores se comparados às investigações internacionais, sob a perspectiva dos critérios apropriados de validade e fidedignidade, em termos de instrumentos e resultados, dos métodos de coleta e tratamento dessas informações, nas descrições e discussões sobre as limitações da pesquisa. Os autores ressaltam a necessidade de pensar sobre a adequação do delineamento do objeto de pesquisa de forma a possibilitar um estudo com profundidade sobre o mesmo e sobre os problemas dele decorrentes quando os resultados são estendidos e se leva em consideração as crenças do docente (TEIXEIRA; GRECA; FREIRE JUNIOR, 2012).

Ao que concerne à HFC, Teixeira, Greca e Freire Junior (2012) apontam que o uso desse enfoque apresenta uma considerável eficácia no que tange ao amadurecimento e mudanças de determinadas concepções sobre a Ciência, mas ainda ressalta que há uma grande resistência por parte dos alunos em modificar suas concepções prévias sobre a Ciência.

> A implementação em nosso país de escolas superiores [visando] apenas a profissionalizar mediante o repasse de informações, de técnicas e habilitações pré-montadas, testemunha o profundo equívoco que tomou conta da educação superior do Brasil. Na realidade, tal ensino superior não profissionaliza, não forma, nem mesmo transmite adequadamente os conhecimentos disponíveis no acervo cultural (SEVERINO, 2007, p.29).

Da mesma forma que o conhecimento científico provoca e exige uma indagação acerca dele próprio, as concepções de alunos, professores e até mesmo de pesquisadores, sobre o que é ciência e como ela se funda, devem ser alvo de questionamento por parte de cada indivíduo. O ensino deve promover esse questionamento, uma reflexão crítica sobre o pensamento científico e o rumo que esse toma, para que esse mesmo conhecimento evolua, se justifique, e reveja e aperfeiçoe seus métodos. Essa ponderação suscita ao estudante elaborar uma representação subjetiva dos conceitos e teorias, assim como o processo constitutivo da ciência, e se reconhecer na sua representação, possibilitando uma reestruturação e modificação das suas concepções prévias.

No Quadro 1, podemos observar os principais fatores favoráveis citados por Biscaino (2012), Bezerra (2014), Teixeira, Greca e Freire Junior (2012), El-Hani, (2007) e Boss (2014) sobre o uso da HFC no Ensino de Física.

QUADRO 1 - FATORES FAVORÁVEIS À INSERÇÃO DA HFC NO ENSINO DE FÍSICA.

Continua

Mudança na concepção de Ciência	Permite transformações na concepção de Ciência e na relação do aluno com o conhecimento científico e com os cientistas, favorecendo uma concepção mais coerente de método científico e modelos de mudanças metodológicas.

QUADRO 1 - FATORES FAVORÁVEIS À INSERÇÃO DA HFC NO ENSINO DE FÍSICA.

Continuação e conclusão

Ciência como produção humana	Apresenta que a Ciência é uma construção humana desenvolvida através de uma pluralidade de métodos científicos e concepções, desmistificando a visão de Ciência construída por gênios.
Contextualização da Ciência	Exibe uma concepção de Ciência não isolada do seu contexto, mas imersa num mundo histórico, político e social, do qual sofre influência e também influencia.
Epistemologia da Ciência	Possibilita uma perspectiva epistemológica da Ciência, propiciando uma compreensão melhor dos conceitos, modelos e teorias científicas por apresentar o processo de evolução do conhecimento.
Modelo científico	Rompe com a concepção do conhecimento cientifico como um conhecimento exato e expõe o caráter mutável e instável o qual torna o pensamento científico suscetível a transformações.
Construção do conhecimento	Confere uma relação entre a construção do conhecimento científico e a construção cognitiva do aluno, assim como com suas concepções prévias,
Formação de indivíduo crítico	Promove uma postura crítica do estudante diante da existência de soluções alternativas.

FONTE: A autora (2016).

Uma vez que há uma grande convergência de fatores favoráveis ao uso da HFC, é também importante destacar que, apesar dessa tendência à adesão da HFC no Ensino de Física, existem autores que lançam atenção para além dos elementos favoráveis, a outros pontos importantes e contrários a essa temática (BISCAINO, 2012; BEZERRA, 2014; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE JUNIOR, 2012; EL-HANI, 2007), os quais são listados no Quadro 2.

QUADRO 2 - FATORES ADVERSOS À INSERÇÃO A HFC NO ENSINO DE FÍSICA.

Continua

Objetividade	Necessidade de ter clareza na concepção de ensino e os objetivos do uso dessa perspectiva bem definidos para evitar fuga aos propósitos educacionais e uso de materiais incoerentes com a visão que se deseja sustentar.
Perspectiva histórica e científica	Apresentação de uma História da Ciência não sob a perspectiva de um historiador da ciência, mas sob o ponto de vista de um cientista, que diferem e propiciam um entendimento errôneo dos fatos.
Falsidade sustentada	Exposição de uma HFC falsa devido à sustentação de uma determinada visão de metodologia científica e do uso de anedotas históricas.
Incredibilidade científica	Exibição de fatos históricos da Ciência que podem ferir a credibilidade científica.
Insegurança dogmática	Destaque para o fato de que a visão de uma ciência em contínua construção pode debilitar a segurança dogmática que a Ciência promove e desmotivar iniciantes.

QUADRO 2 - FATORES ADVERSOS À INSERÇÃO A HFC NO ENSINO DE FÍSICA.
Continuação e conclusão

Inabilidade docente	Despreparo dos profissionais docentes para uso da HFC devido à formação que não fornece uma base sólida nem suficiente para o professor, o que pode causar erros na apresentação da HFC.

FONTE: A autora (2016).

Entretanto, ainda que a insegurança dogmática da Ciência apareça entre essas questões, Guerra, Reis e Braga (2004, p. 244) defendem que a abordagem histórico-filosófica oferece:

> [...] estudo dos conteúdos de forma contextualizada, de modo a levantar questões internas e externas ao processo de produção científica [...]. Ao conhecê-la como algo construído por homens inseridos em um espaço e tempo histórico específico, [os alunos podem enxergar a Ciência] como parte da cultura, que como tal precisa ser por eles conhecida e discutida. Esse olhar crítico à ciência não promove, em momento algum, descrença no conhecimento científico. Uma abordagem histórico-filosófica consistente faz com que entendam a ciência como um conhecimento objetivo e promissor, que permite ao homem, com limites, conhecer a natureza.

A inserção da HFC permite que essa negação positivista a perspectiva dinâmica e complexa do processo de construção da Ciência não cause um desaparecimento das “marchas e contramarchas da história, da dialética viva das polêmicas recorrentes, da imaginação e das conjecturas próprias da natureza da ciência” (BASTOS FILHO, 2012, p. 76).

Salientamos esses elementos contrários ao uso da HFC uma vez que é de grande valor que sejam considerados ao se apresentar uma proposta didática fundamentada na História e Filosofia da Ciência. Segundo Biscaino (2012), é importante notar que HFC não deve substituir o ensino dos conteúdos específicos da Ciência, mas deve complementá-lo de forma que possibilite uma concepção de Ciência como um objeto imerso num contexto histórico, filosófico, político, social e cultural. Da mesma forma, “é preciso se ter cuidado para não apresentar a Ciência como um produto a ser venerado” e como uma sequência linear de constituição (BISCAINO, 2012, p. 11).

Diante desse panorama, Teixeira, Greca e Freire Junior (2012) ressaltam o fato de apenas um pequeno percentual de 9% do total de trabalhos selecionados para análise em seu estudo investigavam intervenções didáticas orientadas por HFC. Os autores atribuem esse fato à dificuldade de se implementar esse tipo de proposta. Essa dificuldade pode ser atribuída a diversos obstáculos enfrentados por professores, alguns desses listados por Martins (2007) como a falta de material adequado, dificuldades com os textos (devido à falta de hábito de leitura), currículo escolar voltado para o vestibular (no Ensino Médio), falta de tempo letivo, tradicionalismo (visão de alunos e de professores), desinteresse (de alunos e de professores), falta de preparo na formação inicial e continuada, custos para obtenção de livros como material. Essas dificuldades conjunturais enfrentadas pelos professores, como denomina Forato (2009), que cita entre elas também o grande número de alunos em sala, a baixa remuneração docente, o grande número de aulas para melhorar a renda, a escassez de laboratórios e bibliotecas, entre outros fatores externos ao ambiente escolar que inferem na atuação profissional, são os mesmo encontrados para levar outros conteúdos curriculares não históricos para a educação científica.

Contudo, elementos como a falta de tempo, são justificados por Martins (2007) pela visão curricular dos professores, que compreendem a HFC como um novo conteúdo e não como uma estratégia/abordagem a ser trabalhada conjuntamente com os conteúdos. Em paralelo, Moura e Silva (2014, p.337) destacam também que, em seu estudo,

> [...] embora muitos professores reconheceram a importância de conteúdos históricos para o ensino de conteúdos científicos, e haviam cursado ou cursavam disciplinas relacionadas à história da ciência, grande parte deles pensava a história da ciência como um apêndice ao ensino, não como parte integrante dele. Ademais, alguns relataram o incômodo em trabalhar com propostas ditas “inovadoras”, uma vez que estavam acostumados com abordagens tradicionais do conteúdo específico.

Essa a influência da visão positivista das Ciências, como a Física, e a forma como HFC é apresentada na formação inicial, que gera dúvidas em relação à forma de utilização desse enfoque no Ensino da Física.

> [...] consideração de elementos históricos e filosóficos na formação inicial de professores das áreas científicas [...] não garante a inserção desses

> conhecimentos nas salas de aula [...] tampouco uma reflexão mais aprofundada do papel da HFC para o campo da didática das ciências (MARTINS, 2007, p. 115).

Em geral, a perspectiva cultural entre os docentes das Ciências, de acordo com Höttecke e Silva (2011), é de que os conteúdos científicos devem ser ensinados como verdades sobre a natureza e devem ser transmitidos aos alunos como uma coletânea de fatos, não sendo passíveis de discussão e negociação com os alunos. Afirmam ainda que a memorização durante as aulas de Física é mais importante do que os próprios professores assumem. A inserção da HFC vem assim demonstrar que a discussão e a busca pelas causas e fatores envolvidos, assim como a compreensão dos processos de constituição do conhecimento e de validação do científico, são importantes para o desenvolvimento da ciência. Essa postura crítica e reflexiva deve estar então atrelada ao estudo do conhecimento científico para que se forme um individuo crítico e questionador que não aceite simplesmente o que lhe foi imposto (HÖTTECKE; SILVA, 2011).

Uma vez que, segundo Teixeira, Greca e Freire Junior (2012), há poucos estudos empíricos que comprovam esses pontos favoráveis da adoção da HFC no Ensino de Física que listamos anteriormente, propomos neste trabalho a organização de uma proposta didática pautada na HFC para o Ensino de Física, que vise os aspectos descritos na literatura, para análise em sala de aula, verificando as contribuições desse enfoque no processo de ensino-aprendizagem. No caso da escolha do Eletromagnetismo como temática, a proposta visa também promover a ruptura com a visão newtoniana do mundo como um sistema material regido pelas leis da Física, depondo a mecânica do éter.

Muitas propostas e trabalhos defendem a importância dessa fundamentação, entretanto Forato (2009) afirma que ações concretas ainda são poucas. Para a autora, os materiais produzidos pelos historiadores da ciência ainda estão muito distantes dos materiais de cunho educacional necessários para implementação em sala de aula, precisando ser adaptados e gerando dificuldades práticas e de interface entre o conhecimento e o sujeito. Mesmo nos livros didáticos, há dificuldade de encontrar materiais de qualidade, tendo espaço apenas para anedotas. A autora ainda ressalta a necessidade de produção de materiais que auxiliem pesquisadores e docentes da área de ensino de ciências para que esse distanciamento seja diminuído.

Segundo Guerra (2014), os pesquisadores da área de ensino de ciência não são historiadores da ciência, mas aqueles que querem compreender essa abordagem no ensino precisam conhecer alguns aportes da área (métodos e teorias) da HFC. A análise apenas das fontes primárias não são suficientes para produzir esse conhecimento, por isso historiadores incorporam suas observações e interpretações sobre o contexto de inserção do trabalho científico analisado. Sendo assim, é importante que o professor compreenda que materiais secundários (fontes secundárias) não são neutros, que carregam as perspectivas do autor do trabalho. Entretanto, defender que apenas os historiadores e pesquisadores da história da ciência devem produzir materiais e práticas fundamentadas na HFC também pode ser errôneo, uma vez que a formação específica em HFC não prepara o sujeito para o ensino de ciências. Essa produção deve ser uma ampla visão do que é publicado na área de Ensino de Ciências, sobre os obstáculos a serem transpostos na educação científica e direcionamentos de implementação com essa abordagem em HFC.

Reforçando essa perspectiva, Seroglou e Adúriz-Bravo (2012) também afirmam que é necessário desenvolver estruturas teóricas concretas, estudos de caso aplicados, orientações para pesquisa e apresentar resultados para um melhor desenvolvimento da área da HFC no Ensino de Ciências. Alguns desses trabalhos, segundo os autores, mostram-se antagônicos, como essa divergência entre a visão dos historiadores da ciência e a visão dos pesquisadores da educação em ciências. E justificam essa dissonância ao fato de que a HFC é constituída por elementos de diferentes áreas como a História da Ciência, a Educação em Ciências, a Sociologia da Ciência, a Psicologia Cognitiva, a Psicologia de Desenvolvimento, ou mesmo estudos em Ciência.

Outros fatores a serem considerados nessa produção é o perfil do público alvo, e lembrar que os alunos vêm com uma expectativa que o professor de ciências lhe traz apenas verdades incontestáveis, o que torna necessário que se estabeleça uma discussão para mostrar que a cultura científica é válida e não relativa, entreposta por motivações e conjecturas temporais específicas (GUERRA, 2014).

> [Podemos afirmar que há] um hiato entre historiadores e educadores. A escolha do tema e, também, o recorte histórico a ser realizado na produção de práticas pedagógicas estão relacionados a especificidades da área de ensino. Se o historiador da ciência produzir uma narrativa histórica para o ensino de ciências sem o diálogo profundo com os educadores envolvidos

> com a pesquisa em ensino, eles escolherão temas e privilegiarão recortes históricos não necessariamente adequados aos propósitos do ensino de ciências. Sem considerar as especificidades do ensino, o material produzido, apesar da qualidade apresentada, pode ser inadequado (MARTINS, 2014, p. 139).

Apesar disso, Boss (2014) afirma que há uma quantidade significativa de materiais em português sobre HFC, mas de qualidade duvidosa. Devido à fundamentação em fontes não seguras e por serem desenvolvidos por escritores não preparados, esses materiais propagam informações inconsistentes e erros históricos. Já aqueles materiais (traduções de fontes primárias) de maior potencial para utilização em sala de aula são de difícil compreensão e leitura. Essa dificuldade é atribuída pelo autor à presença de termos desconhecidos, à parágrafos extensos e ao estilo de escrita, e à falta de familiaridade com os aparatos e os experimentos descritos, o que dificulta a criação de uma representação mental do mesmo.

1.4 A FORMAÇÃO PARA ENGENHARIA E A FORMAÇÃO DOS PROFESSORES QUE ATUAM NA EDUCAÇÃO PARA A ENGENHARIA

Como a pesquisa é voltada para a formação tecnológica das Engenharias, é pertinente elucidar os objetivos de formação de cada curso envolvido (Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia de Química) de acordo com o projeto da instituição em que essa investigação foi desenvolvida. Entretanto, ainda que tenhamos solicitado por várias vezes junto à coordenação o Projeto Pedagógico de Curso (PPC) de cada engenharia, tivemos acesso apenas ao documento de Organização Curricular dos cursos.

Segundo o documento de Organização Curricular do Curso de Engenharia Mecânica, a formação deve capacitar o estudante a (DOCUMENTO ORGANIZAÇÃO CURRICULAR DA INSTITUIÇÃO[b], 2013, p.1):

- planejar, gerenciar, orientar, realizar análise de custo/benefício e tomar decisões, levando em conta cenários conjunturais;
- pesquisar, extrair conclusões e propor soluções para problemas de engenharia;
- demonstrar noção de ordem de grandeza na estimativa de dados e na avaliação de resultados (padronização, mensuração e controle de qualidade);

- utilizar tecnologias e recursos adequados para o exercício da profissão, assimilar e aplicar novos conhecimentos, através da produção técnica e especializada;
- selecionar materiais, métodos e processos, levando em conta aspectos éticos, sociais e ambientais;
- identificar necessidades no sentido de desenvolver a educação continuada;
- gerenciar equipes de trabalho técnico;
- desenvolver novos equipamentos, visando a melhorar a qualidade e características dos processos industriais, bem como aumentar a melhor produtividade do setor de produção;
- desenvolver novos processos e novos produtos dentro da compreensão da inter-relação dos sistemas de produção com o meio ambiente, desde a obtenção da matéria prima até a disposição final do produto, atentando para a exigência de sustentabilidade.

Segundo o documento de Organização Curricular do Curso de Engenharia de Produção, a formação deve capacitar o estudante a (DOCUMENTO ORGANIZAÇÃO CURRICULAR DA INSTITUIÇÃOª, 2013, p.1):

- dimensionar e integrar recursos físicos, humanos e financeiros de forma eficaz;
- prever e analisar demandas, selecionar tecnologias e know-how, auxiliando na melhoria das características e funcionalidade de produtos;
- incorporar conceitos e técnicas da qualidade em todo o sistema produtivo, tanto nos seus aspectos tecnológicos quanto organizacionais, aprimorando produtos e processos;
- projetar, implementar e aperfeiçoar sistemas, produtos e processos, levando em consideração os limites e as características de clientes, fornecedores e meio produtivo;
- compreender a inter-relação dos sistemas de produção com o meio ambiente, tanto no que se refere a utilização de recursos escassos quanto à disposição final de resíduos e rejeitos, atentando para a exigência de sustentabilidade;
- utilizar indicadores de desempenho, sistemas de custeio, bem como avaliar a viabilidade econômica e financeira de projetos;

- prever a evolução dos cenários produtivos, percebendo a interação entre as organizações e os seus impactos sobre a competitividade;
- reduzir custos associados com novas tecnologias, permitindo que uma maior fatia da população se beneficie com os avanços da tecnologia.

Segundo o documento de Organização Curricular do Curso de Engenharia Química, a formação deve capacitar o estudante a (DOCUMENTO ORGANIZAÇÃO CURRICULAR DA INSTITUIÇÃO[c], 2015, p.1):

- elaborar, executar e controlar projetos de pesquisa e desenvolvimento, de instalação e de expansão das indústrias químicas;
- planejar, operar, dirigir e fiscalizar a fabricação, o controle e a garantia da qualidade de toda a gama de produtos químicos;
- realizar análises química e físico-química, químico-biológica, bromatológica, toxicológica e legal, padronização e controle de qualidade;
- projetar, dimensionar, selecionar e desenvolver equipamentos, tanto para as indústrias químicas quanto de controle ambiental;
- modificar técnicas de produção, uso e disposição de matérias primas e rejeitos industriais, de modo a proteger o meio ambiente;
- realizar pesquisa e desenvolvimento de métodos e produtos voltados para indústria química.

Percebe-se que a formação superior desses cursos visa não apenas o preparo profissional, mas também a formação para uma atuação ética do indivíduo, que busque o desenvolvimento tecnológico e acadêmico (voltado para a pesquisa na área), e a percepção da responsabilidade ambiental da ação humana no meio. Para isso, o sujeito deve levar em consideração as condições no qual o trabalho se desenvolve, observando os “fatores conjunturais” nos qual se insere. Podemos compreender esses fatores como elementos que afetam diretamente ou indiretamente o mercado de trabalho e os interesses das instituições empregadoras, como o quadro político, a situação econômica e as demandas da comunidade local.

No entanto, os docentes que atuam na formação para a engenharia, e para o ensino superior de forma geral, nem sempre apresentam todas as competências específicas necessárias para sua atuação, que não se restringe apenas ao título de bacharel, mestre ou doutor, ou à experiência de uma profissão (MASETTO, 2013). E

a falta dessa formação (a partir de uma formação continuada, por exemplo) decorre da falta de uma real consciência das faculdades e universidades brasileiras de que

> a aprendizagem dos alunos é o objetivo central dos cursos de graduação e que nosso trabalho de docentes deve privilegiar não apenas o processo de ensino, mas o processo de ensino aprendizagem, em que a ênfase esteja presente na aprendizagem dos alunos e não na transmissão de conhecimento por parte do professor (MASETTO, 2013, p. 12).

É necessário que as faculdades e universidades, e sociedade de forma geral, compreendam que os professores não são apenas repassadores de conhecimento. Os docentes formados pelos métodos tradicionais não podem oferecer aos seus alunos as mesmas práticas pedagógicas de sua formação, pois a atualidade exige uma formação que vai além da reprodução mecânica. O planejamento da ação docente deve ser guiado pelas necessidades de aprendizagem dos estudantes para que se tornem “cidadãos profissionais competentes numa sociedade contemporânea” (MASETTO, 2013, p.13). No entanto, os conhecimentos pedagógicos necessários para a docência, ainda que sejam tão importantes quanto os outros conhecimentos, são tratados com menos atenção, deixando todo o aprendizado desses conhecimentos a cargo apenas do tempo e da experiência na profissão de professor, se atendo apenas a prática de atuação (OLIVEIRA; SILVA, 2012).

> Seja pela marca de seu paradigma inicial, [...] seja pelo desenvolvimento das ciências e sua consequente necessidade de especialização, seja ainda pela fragmentação do saber e das qualificações profissionais cada vez mais bem delimitadas, os cursos do ensino superior, cada vez mais, concentraram-se e fecharam-se na formação específica de seus profissionais (MASETTO, 2013, p. 13).

Como grande parte dos docentes que atuam no ensino das Engenharias são bacharéis, desconhecem os conhecimentos teóricos e epistemológicos do processo de ensino-aprendizagem (OLIVEIRA; SILVA, 2012). Adquirem esse conhecimento aqueles que buscaram uma formação devido às reflexões diante dos problemas encontrados e das dificuldades na atuação docente (formação continuada), uma vez que a formação docente para o ensino superior no Brasil compete à pós-graduação (VEIGA, 2010). Entretanto, isso não se restringe apenas a formação dos bacharelados, nas licenciaturas também há deficiências e lacunas na educação para

docência devido à organização do curso em um modelo em que o contato com as teorias pedagógicas ocorre apenas no último ano (OLIVEIRA; SILVA, 2012).

Em relação ao Ensino da Física, mesmo os licenciados nessa ciência mostram uma concepção dicotômica. De um lado, há uma visão conteudista, de um professor que detém o saber e que se funda em um método de ensino centrado na memorização e passividade dos alunos. Do outro lado, com base nas teorias pedagógicas, uma perspectiva ativa de busca e a aplicação de estratégias organizadas por especialistas (HIGA; HOSOUME, 2008). Um professor é constituído por seus saberes pessoais, pelos saberes de sua formação escolar anterior a graduação, por sua formação profissional (graduação), pelos programas e livros didáticos e pelos saberes de sua experiência na profissão. E, uma vez que é professor de Física, deve conhecer a natureza da Ciência pela HFC, compreender os obstáculos e dificuldades discentes, entender a Ciência como um constructo coletivo e histórico, relacionado à técnica, cultura e sociedade. Higa e Hosoume (2008) afirmam que a imagem construída pelos estudantes sobre a Ciência é influenciada pela forma como o professor compreende a natureza dessa ciência. E destacam que a concepção de ciência de professores e universitários das licenciaturas em Física é inadequada, e mostram que ainda apresentam uma forte tendência empírico-indutivista, o que impacta na ação em sala de aula.

Ainda que os pesquisadores da área de HFC afirmem que essa abordagem pode trazer muitas contribuições para o Ensino de Ciências, ao elaborar os currículos e em suas práticas em sala de aula, os professores e educadores adotam suas próprias teorias e utilizam elementos da HFC apenas para suprir cronogramas e auxiliar suas próprias políticas educacionais (SEROGLOU; ADÚRIZ-BRAVO, 2012). Melo e Urbanetz (2008) afirmam que o ato educacional é uma ação proposital que visa um fim, o qual, por sua vez, depende das concepções dos atores envolvidos. O ser humano assimila conhecimentos advindos da experiência de outros, acumulados pela humanidade, no processo de ensino-aprendizagem, diferente dos outros seres vivos. A aprendizagem, por sua vez, é direcionada pelas necessidades do processo produtivo, sendo formado para a sociedade. Por isso, “aprender significa, assim, atender a determinadas necessidades sociais e individuais” (MELO; URBANETZ, 2008, p.117), promovendo assim a transformação dessa sociedade, e se moldando pelas exigências do mercado de trabalho.

Para promover tal formação, o professor deve conhecer e compreender as normas que regem a educação nacional; as relações interpessoais e as formas de comunicação para possibilitar o desenvolvimento e o crescimento intelectual e emocional do estudante; o contexto social, político e econômico no qual todo o processo de ensino-aprendizagem se encontra imerso assim como os elementos desse processo – objetivos, conteúdos, estratégias de ensino e de avaliação, entre outros (MELO; URBANETZ, 2008). Isso representa compreender a relação entre a teoria e a prática, sendo que a prática deve guiar a teoria, propiciando a reflexão a partir da realidade educacional.

O docente da Engenharia deve estar preparado para, segundo Cordeiro *et al* (2008) formar um profissional que tenha um bom embasamento nos conhecimentos matemáticos e científicos, assim como fatores que fazem parte da formação de cidadãos. Esses profissionais precisam estar preparados para desafios maiores, que exige uma visão do todo, em todos os seus elementos. Isso exige uma formação com habilidades diversas visando assegurar o desenvolvimento social e econômico sustentável do país.

2. PROPOSTAS DIDÁTICAS EM HFC

Para planejarmos nossa sequência didática, pesquisamos trabalhos nas duas principais revistas e nos dois principais eventos da área de Ensino de Física – Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) – que sugeriam atividades para Ensino de Física sob a perspectiva da HFC.

Classificamos como proposta didática aqueles trabalhos que descrevem uma atividade a ser realizada em sala de aula, ou seja, que propõem e discriminam implementações de ensino e modo de uso de materiais e recursos didáticos no ambiente escolar e/ou universitário. Para essa classificação, foram lidos os resumos e, daqueles que não deixam claro os objetivos e características, o trabalho completo.

No RBEF, realizamos uma busca nos títulos e palavras-chaves por *História da Física*, *História da Ciência, Filosofia da Ciência e Epistemologia*. Foram encontradas 71 publicações, sendo apenas 11 classificadas como propostas didáticas. Nessas proposições há predomínio de uso de textos (63,6%) e atividades experimentais e simulações (18,2%) como recurso didático. Dentre tais propostas, quatro delas trabalham com tópicos de Eletromagnetismo.

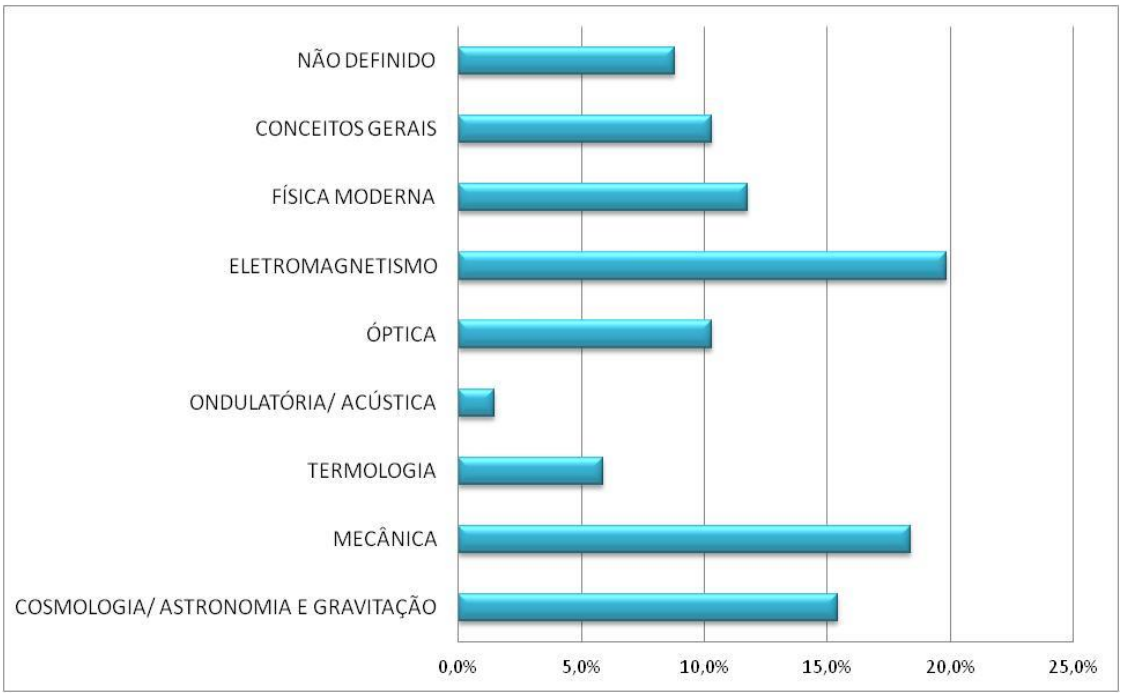
No CBEF, realizamos uma busca nos títulos e palavras-chaves por *História da Física*, *História da Ciência, Filosofia da Ciência e Epistemologia*. Foram encontradas 116 publicações, sendo apenas 15 classificadas como propostas didáticas. Nessas proposições há predomínio de uso de textos (46,7%) e atividades experimentais e simulações (33,3%) como recurso didático. Dessas propostas, apenas uma trabalha com tópicos de Eletromagnetismo.

Ao levantarmos os trabalhos apresentados nos EPEF, algumas edições desse evento não disponibilizam as publicações. Não foram encontrados os anais dos I EPEF, II EPEF, III EPEF e VI EPEF. Das outras edições, 42 trabalhos foram classificados como propostas didáticas (entre pôsteres e comunicações orais), mas apenas 8 abordam tópicos de Eletromagnetismo. Nessas proposições há predomínio do uso de textos (73,8%), atividades experimentais e simulações (42,9%) e vídeos e animações (26,2%) como recurso didático para implementação da proposta.

Ao enumerarmos os trabalhos apresentados nos SNEF, algumas edições desse evento não disponibilizam as publicações. Não foram encontrados os anais

dos IV SNEF e VIII SNEF. Das outras edições, 68 trabalhos foram classificados como propostas didáticas, no entanto, as publicações do XIV SNEF não foram classificadas uma vez que nem os resumos dos trabalhos estão disponíveis para leitura, apenas a lista com o título e autores das publicações separados por áreas temáticas. Nas proposições classificadas, há predomínio do uso de textos (58,8%) e atividades experimentais e simulações (32,4%) como recurso didático para implementação da proposta. Foram encontradas 13 propostas didáticas sobre tópicos de Eletromagnetismo.

GRÁFICO 1 - CONTEÚDOS EXPLORADOS NAS PROPOSTAS DIDÁTICAS.



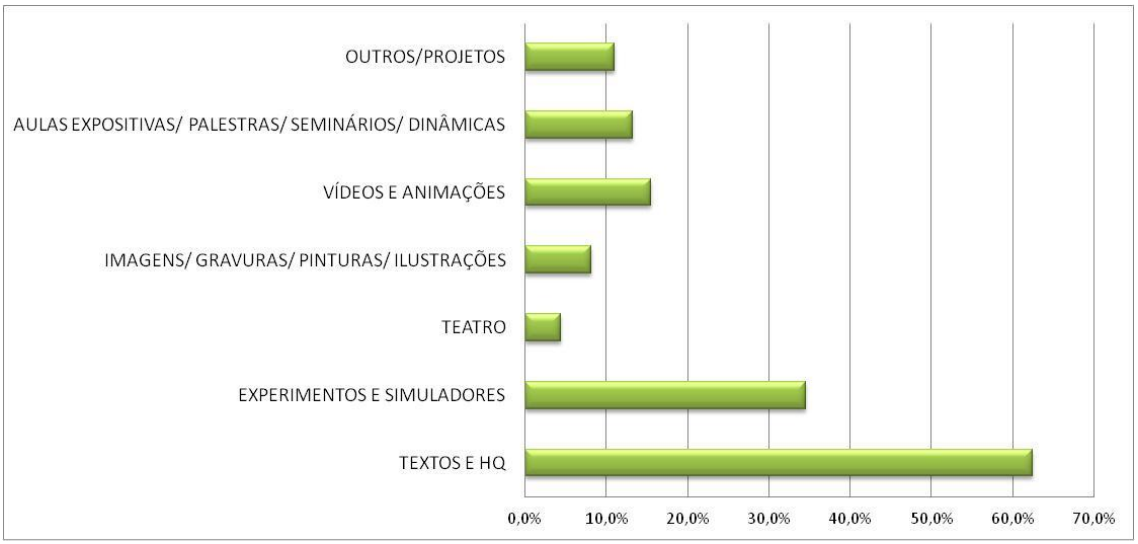
FONTE: A autora (2016).

No total foram encontrados 136 trabalhos sobre HFC que foram classificados como propostas didáticas, sendo que 27 dessas trabalham com tópicos de Eletromagnetismo (19,9%), seguido de tópicos de Mecânica (18,4%) e Gravitação e Astronomia (15,4%) como mostra o Gráfico 1. A área da Física menos explorada é de Ondulatória e Acústica, contabilizando apenas (1,5%) das propostas didáticas encontradas.

De forma geral, os recursos que mais aparecem nessas proposições são o uso de textos (62,5%) – fontes primárias, secundárias, livros didáticos e paradidáticos, reportagens, obras literárias, história em quadrinhos (HQ) - e de

atividades experimentais e simuladores (34,6%). No entanto, outros recursos aparecem em menor escala, como o uso de vídeos e animações (15,4%), aulas expositivas com uso de projetor de slides, dinâmicas, palestras e conversa com pesquisadores (13,2%), uso de gravuras, imagens, ilustrações ou pinturas (8,1%), atividades teatrais (4,4%) e outros meios ainda menos representativos como música, abordagem matemática e uso de plataformas para Educação a Distância (EAD). A síntese dos resultados desse levantamento sobre os recursos pode ser observada no Gráfico 2.

GRÁFICO 2 - RECURSOS EXPLORADOS NAS PROPOSTAS DIDÁTICAS.

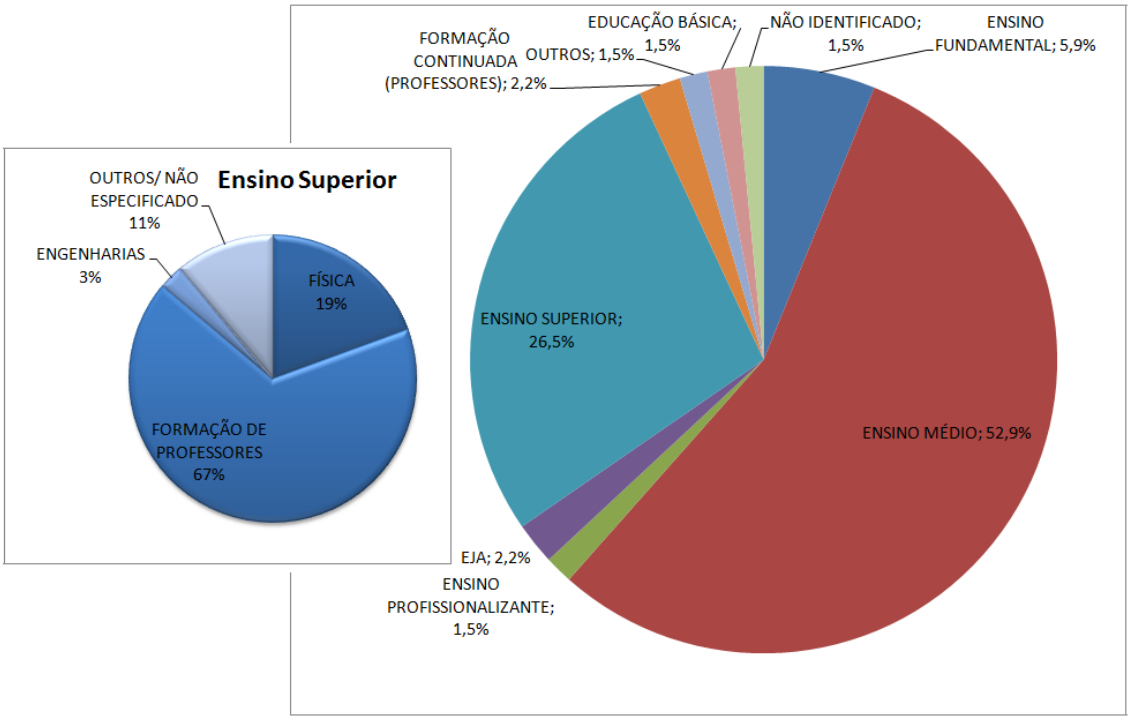


FONTE: A autora (2016).

Essas proposições são em grande parte voltadas para o Ensino Médio (47,4%), mas também se mostram significativas para o Ensino Superior (23,4%), em especial visando uma melhoria na formação de professores de Física. Apenas um dos 136 trabalhos visa à formação de Engenheiros, o que compõe 0,7% das propostas publicadas, sendo essa voltada para o ensino de Mecânica (Gráfico 3).

Os percentuais aqui apresentados podem caracterizar sobreposição de trabalhos daqueles que apresentam mais de um elemento. Por exemplo, uma proposta pode explorar diferentes recursos, como textos e experimentos. Para o estudo aqui desenvolvido, optamos por nos aprofundar nas propostas sobre tópicos de Eletromagnetismo, uma vez que a ementa da disciplina de Física III abrange apenas esse ramo da Física.

GRÁFICO 3 - NÍVEL DE ENSINO PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS.



FONTE: A autora (2016).

2.1 PROPOSTAS DIDÁTICAS SOBRE ELETROMAGNETISMO

A caracterização das propostas didáticas sobre tópicos de Eletromagnetismo podem ser observadas no Quadro 3, em que apresentamos o evento de publicação dos trabalhos, títulos e autores, temática dentro dos tópicos do Eletromagnetismo que são focadas na proposição, tempo para implementação das atividades, instrumentos e recursos didáticos e nível de ensino.

QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS FUNDAMENTADAS NA HFC PUBLICADAS NOS PERIÓDICOS CBEF E RBEF E NOS EVENTOS EPEF E SNEF.

Continua

PERIÓDICO OU EVENTO	TÍTULO	AUTOR	CONTEÚDO	PERÍODO DE EXECUÇÃO	RECURSOS DIDÁTICOS	NÍVEL DE ENSINO	NÚMERO DE ALUNOS
RBEF	A carga específica do elétron: um enfoque histórico e experimental.	Luiz C.M. da Silva, Wilma M. S. Santos e Penha M.C. Dias	Eletromagnetis-mo	Não informado	Uso de textos históricos	Ensino Médio	Não informado
RBEF	Demonstração didática da interação entre correntes elétricas.	Souza Filho, M.P.; Chaib, J. P. M. C.; Caluzi, J. J.; Assis, A. K. T.	Eletrodinâmica: Interação entre correntes elétricas	Não informado	Uso de experimen-tos históricos	Não informado	Não informado
RBEF	Dois problemas práticos de eletricidade Vitoriana e sua discussão no ensino secundário e universitário.	Tort, A.C.	Eletricidade Vitoriana	Não informado	Reprodução da análise de Preece	Não informado	Não informado
RBEF	O conceito de "campo" em sala de aula: uma abordagem histórico-conceitual.	José Fernando Moura Rocha	Conceito de Campo	Não informado	Uso de aulas expositivas	Ensino Superior	Não informado

QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS FUNDAMENTADAS NA HFC PUBLICADAS NOS PERIÓDICOS CBEF E RBEF E NOS EVENTOS EPEF E SNEF.

Continuação

RBEF	Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da física	Murilo Magalhães, Wilma M. S. Santos e Penha M. C. Dias	Conceito de campo elétrico e campo magnético	Não informado	Uso de textos	Ensino Médio	Não informado
CBEF	História da ciência e o uso da instrumentação: construção de um transmissor de voz como estratégia de ensino	Enoque Rinaldi, Andreia Guerra	Ondas Eletromagnéticas	10 encontros (em três meses)	Uso de textos de livro paradidático e experimentos históricos simples	Ensino Médio	7 alunos
IX EPEF	Uma contribuição da história da ciência para a pesquisa em ensino de ciências	Valéria Silva Dias, Alberto Villani	Laboratório de Faraday	Não informado	Uso de atividades experimentais	Ensino Superior	Não informado
X EPEF	A dialética entre fenômenos elétricos e magnéticos e o ensino do eletromagnetismo	Moacir Pereira de Souza Filho; João José Caluzi	Eletromagnetismo	60 horas-aula	Uso de seminários e debates	Ensino Superior	15 alunos
XI EPEF	Perfil e obstáculo epistemológico na aprendizagem do conceito de ímã	Moacir Pereira de Souza Filho ; Sérgio Luiz Bragatto Boss ; João José Caluzi	Magnetismo	60 horas-aula (divididas em 20 encontros de 3 horas-aula)	Uso de textos históricos	Ensino Superior	15 alunos

QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS FUNDAMENTADAS NA HFC PUBLICADAS NOS PERIÓDICOS CBEF E RBEF E NOS EVENTOS EPEF E SNEF.

Continuação

XI EPEF	Diferenças e semelhanças entre eletricidade e magnetismo: o diálogo histórico entre o erro e a verdade subsidiando o ensino de física	Moacir Pereira de Souza Filho, Sérgio Luiz Bragatto Boss, João José Caluzi	Eletricidade e Magnetismo	60 horas-aula (divididas em 20 encontros de 3 horas-aula)	Uso de textos primários, seminários e experimentos históricos	Ensino Superior	15 alunos
XI EPEF	História da ciência e aprendizagem significativa: o conceito de carga elétrica	Sérgio Luiz Bragatto Boss, Moacir Pereira de Souza Filho, Paulo Noronha Lisboa Filho, João José Caluzi	Conceito de carga elétrica	Não informado	Uso de textos originais	Ensino Superior	33 alunos
XIII EPEF	Anomalias dos estudantes acerca da interação entre os corpos: uma análise à luz da epistemologia de Thomas Kuhn	Donizete Aparecido Buscatti Junior, Moacir Pereira de Souza Filho, Sérgio Luiz Bragatto Boss, Ana Maria Osório Araya	Interação entre os corpos	Não informado	Uso de experimentos simples	Ensino Médio	28 alunos
XIV EPEF	Textos históricos e experimentos - a construção de subsunçores para aprendizagem significativa de conceitos de eletrostática no ensino médio	Sergio Luiz Bragatto Boss, Antonio Albérico Oliveira de Andrade, Moacir Pereira de Souza Filho, João José Caluzi	Eletrostática	4 horas (dividida em quatro etapas)	Uso de textos primários e experimentos	Ensino Médio	29 alunos

QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS FUNDAMENTADAS NA HFC PUBLICADAS NOS PERIÓDICOS CBEF E RBEF E NOS EVENTOS EPEF E SNEF.

Continuação

XIV EPEF	O conceito de campo elétrico em debate: possibilidades para o ensino de física apoiado pela história da ciência	Wagner Moreira da Silva, Winston Gomes Schmiedecke	Campo Elétrico	Não informado	Uso de seminários, vídeos, arranjos experimentais, textos e aulas expositivas	Não informado	Não informado
VII SNEF	História e Filosofia da Ciência na formação do Licenciado	G. R. Carolino; I. G. de Abreu; I. de L. Batista; J. J. Lopes; M. Serzedello; F. D. Prado	Conceitos de física	Não informado	USO DE TEXTOS	Ensino Superior	36 alunos
XV SNEF	Uma abordagem historico-filosofica para o eletromagnetismo no ensino médio	José Claudio Reis, Marco Braga, Andreia Guerra	Eletromagnetismo	Não informado	Uso de textos secundários e originais	Ensino Médio	Não informado
XVI SNEF	"Do início até você": um curso de história da ciência e tecnologia através de filmes no ensino médio.	Evilásio Perez da Silva, Daniela Lúcio Ferreira), Edson Eduardo Reinehr, José Maurício de Andrade	Eletromagnetismo	24 horas (12 encontros de 2 horas - trimestre)	Uso de filmes de ficção e textos	Ensino Médio	Não informado
XVI SNEF	A leitura de textos originais de Faraday por alunos da terceira série do ensino médio	Anisabel da Glória P. de M. Montenegro; Maria José P. M. de Almeida	Indução Eletromagnética	Não informado	Uso de textos originais e práticas experimentais	Ensino Médio	32 alunos

QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS FUNDAMENTADAS NA HFC PUBLICADAS NOS PERIÓDICOS CBEF E RBEF E NOS EVENTOS EPEF E SNEF.

Continuação

XVII SNEF	A Utilização da História da Ciência no Ensino de Física: investigando o contexto da construção do espectroscópio de chamas	Maria Amélia Monteiro; Roberto Nardi	Eletromagnetimo	6 horas-aulas (3 encontros de 2 horas-aula)	Uso de textos primários e secundários	Ensino Superior	54 alunos (divididos em 4 turmas)
XVIII SNEF	A história da ciência no processo ensino-aprendizagem	João Ricardo Quintal, Andréia Guerra	Eletromagnetismo	Não informado	Uso de experimentos históricos	Ensino Médio	90 alunos
XIX SNEF	Física na história: um projeto pedagógico concreto de inserção de um curso histórico-filosófico de física no ensino médio	João Ricardo Quintal, Andréia Guerra	Eletricidade e Eletromagnetismo	Não informado	Uso de textos e experimentos históricos	Ensino Médio	Não informado
XIX SNEF	Uma proposta para trabalhar o tema modelo em sala de aula a partir da história da ciência.	Sergio Luiz Bragatto Boss, Moacir Pereira de Souza Filho, Donizete Aparecido Buscatti Júnior, João José Caluzi,Maria Fernanda Bianco Gução	Eletrostática	100 minutos (divididos em duas aulas)	Uso de textos, aula expositiva e experimentos	Ensino Médio	Não informado
XX SNEF	Experimentando a história e a filosofia da ciência no ensino do magnetismo	Evaldo Victor Lima Bezerra, Sérgio Camargo	Magnetismo	8 horas-aula (4 encontros de 2 horas-aula)	Uso de textos e experimentos históricos	Ensino Médio	Não informado

QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS FUNDAMENTADAS NA HFC PUBLICADAS NOS PERIÓDICOS CBEF E RBEF E NOS EVENTOS EPEF E SNEF.

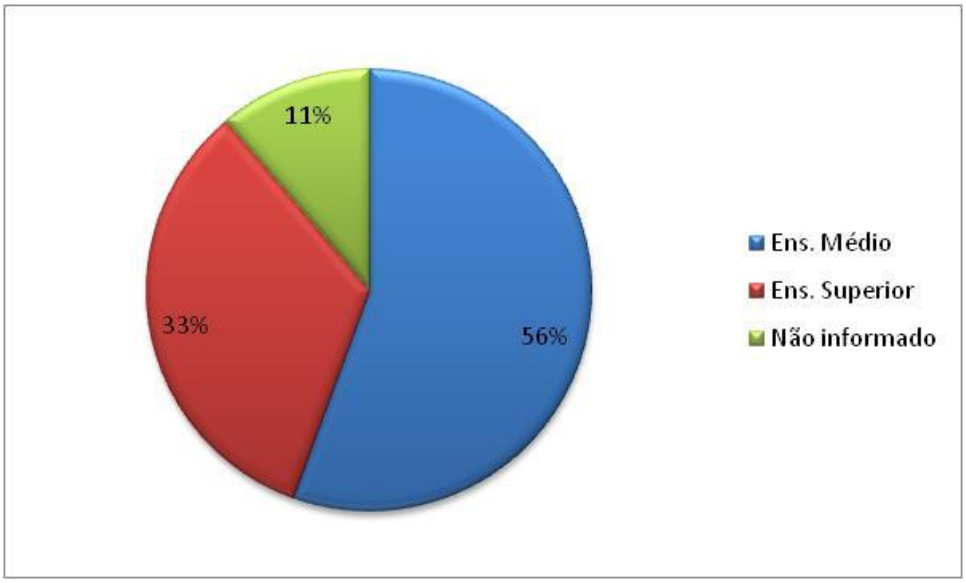
Continuação e conclusão

XX SNEF	História e filosofia da ciência: desafios e possibilidades	Hebert Roberto Araújo da Silva, Andreia Guerra	Eletricidade e Magnetismo: Carga Elétrica, Correntes Elétricas, Lei de Ohm e Efeito Joule	23 horas-aula (em um bimestre)	Uso de textos didáticos e paradidáticos, aulas expositivas e experimentos	Ensino Médio	27 alunos
XX SNEF	O estudo do eletromagnetismo clássico: as linhas de faraday e alguns conceitos de filosofia da ciência no ensino médio	Marcus Vinícius Russo Loures	Conceito de Linhas de Força	Não informado	Uso de slides e textos de apoio	Ensino Médio	Não informado
XX SNEF	Uma abordagem histórica e experimental à eletricidade em uma disciplina sobre a evolução dos conceitos da física	Anabel Cardoso Raicik, Luiz O. Q. Peduzzi	Eletricidade	1h40	Uso de experimentos históricos qualitativos simples e seminário	Ensino Superior	Não informado
XXI SNEF	Apropriação do conceito de campo magnético a partir do experimento histórico de Oersted	Bismarck de Araújo Freitas, Marcos Antônio Barros	Conceito de campo magnético	Não informado	Uso de textos secundários e de experimentos históricos	Ensino Médio	10 alunos

FONTE: A autora (2016).

O número de propostas sobre tópicos de Eletromagnetismo para aplicação em série de Ensino Médio se mostra significativamente maior que dos trabalhos que visam o Ensino Superior, como podemos observar no Gráfico 4.

GRÁFICO 4 - DA DIVISÃO DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS EM HFC SOBRE ELETROMAGNETISMO POR NÍVEL DE ENSINO.

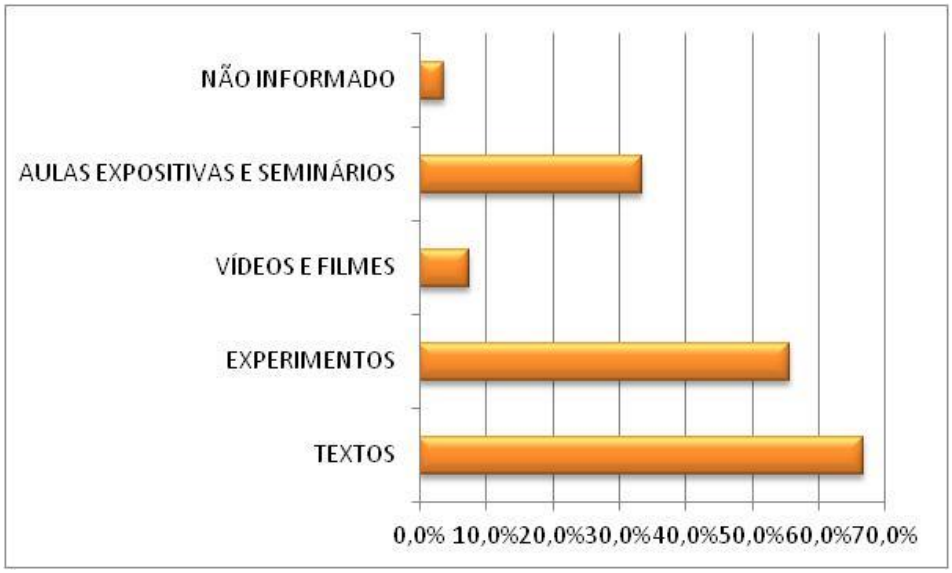


FONTE: O autor (2016).

Seguindo o mesmo padrão das 136 proposições publicadas, as propostas aqui analisadas utilizam, de forma mais representativa, textos originais ou secundários (66,7%) e atividades experimentais (55,6%), não sendo encontradas sugestões para exploração de outros recursos como o teatro ou ilustrações e gravuras, como mostra o Gráfico 5.

A realização de atividades experimentais é, segundo Silva, Santos e Dias (2011), um recurso que tem mostrado bons resultados ao aprendizado e que proporciona, pela coleta e análise dos dados, a criação de ideias e hipóteses como ocorre no processo de construção científica. Essas experiências permitem também ao aluno compreender melhor conceitos e significados de modelos teóricos.

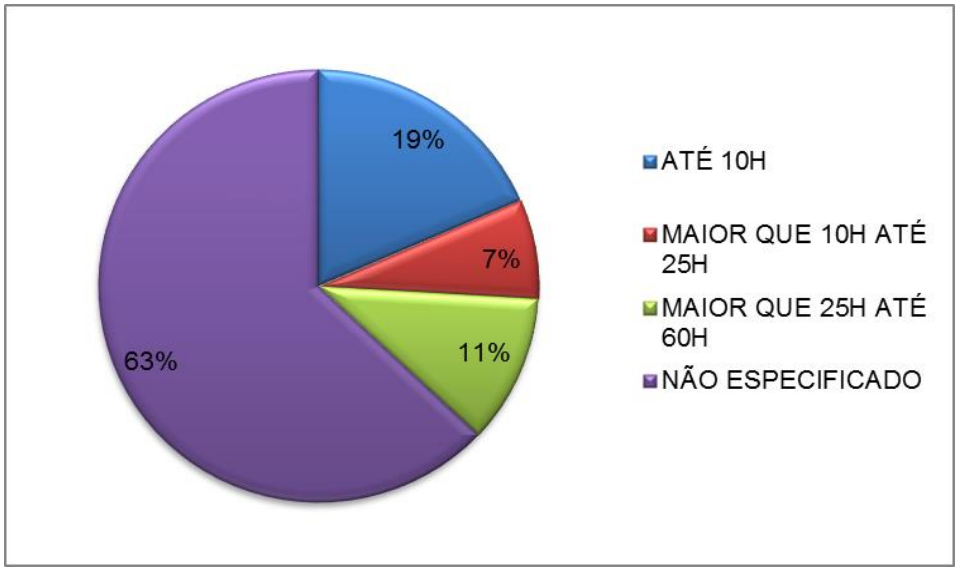
GRÁFICO 5 - RECURSOS E INSTRUMENTOS DIDÁTICOS UTILIZADOS NAS PROPOSTAS DIDÁTICAS EM HFC SOBRE ELETROMAGNETISMO.



FONTE: O autor (2016).

As proposições didáticas sobre Eletromagnetismo de curto prazo (até 10 horas) se mostram mais representativas (Gráfico 6) – compondo 19% das propostas – que as de longo prazo (entre 25 e 60 horas) – que compõe 11% das propostas. Entretanto, é importante ressaltar que mais da metade desses trabalhos sobre Eletromagnetismo não informam qual o nível de ensino para o qual são propostas as atividades.

GRÁFICO 6 - DURAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS.



FONTE: A autora (2016).

Seguindo os aspectos mais expressivos das propostas didáticas sobre Eletromagnetismo publicadas, buscamos elaborar uma sequência de atividades para implementação na turma de Física III, que é descrita no próximo capítulo.

2.2 A HFC NAS PUBLICAÇÕES DA REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA E NO CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Para compreendermos melhor as características das publicações e propostas didáticas em eventos voltados para a Educação em Engenharia, buscamos nas edições da Revista de Ensino de Engenharia e no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE).

Na Revista de Ensino, buscamos pelas palavras-chave História da Ciência, Filosofia da Ciência e Epistemologia. Foram encontradas quatro publicações. Pela leitura do resumo, observamos que nenhuma dessas quatro publicações é realmente voltada para o estudo da HFC.

No Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, foram verificados os registros dos eventos de 1998 (XXVI COBENGE) até 2013 (XLI COBENGE) que possuíam a lista de trabalhos publicados disponível. Os anais dos eventos anteriores a essa data e dos anos de 2014 até 2016 não estão disponíveis. Buscamos pelas palavras-chave História da Ciência, Filosofia da Ciência e Epistemologia. Foram encontradas quinze publicações relacionadas à HFC. Dessas publicações apenas duas caracterizam propostas didáticas.

A proposta publicada por Fürstenberger[1] (2003) visa o ensino o uso do Método Científico em conjunto a perspectiva bachelardiana. Utiliza como recursos didáticos Palestras e seminários, visitas técnicas, produções textuais e questionário, em um planejamento que visa o Ensino Superior (Engenharias), descrevendo uma implementação em 34 encontros (a duração dos encontros não é especificada no trabalho).

Essa proposta de Franca Filho e Lindenberg Neto[2] (2004) trabalha o conteúdo de Estática (Mecânica) e utiliza como recursos didáticos experimentos e aulas expositivas, planejada para Ensino Pós-Médio.

1 FÜRSTENBERGER, O. H. Introdução à engenharia civil e metodologia científica: uma abordagem conjunta com base epistemológica. In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2003, Rio de Janeiro. **Anais do XXXI COBENGE**, Rio de Janeiro: Abenge, 2003.

2 FRANCA FILHO, L; LINDENBERG NETO, H. Resistência dos materiais com descrição, modelo e história do conceito. In: Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2004, Brasília. **Anais do XXXII COBENGE**, Brasília: Abenge, 2004.

Nenhuma das propostas encontradas trata de temas relacionados ao Eletromagnetismo. Sobre os recursos didáticos, percebemos que seguem o mesmo padrão das propostas didáticas publicadas nos periódicos e eventos de Ensino de Física.

As outras publicações encontradas trazem reflexões a partir de perspectivas epistemológicas para o Ensino da Engenharia (como exemplo a Epistemologia de Ludwig Fleck e de Popper), ou apresentam estudos históricos sobre a formação do perfil do engenheiro, da concepção do currículo ou uma discussão de caráter histórico sobre o processo de avaliação dos cursos de Engenharia. Alguns desses trabalhos também discutem a importância de adotar uma fundamentação histórica ou epistemológica na formação do engenheiro.

3. METODOLOGIA

Essa pesquisa de natureza qualitativa, também denominada por Moreira (2011, p. 77) como pesquisa interpretativa, pelo fato do interesse do estudo estar na interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos, objetivando compreender “o significado humano em um contexto social e sua elucidação e exposição pelo pesquisador”. Esse tipo de pesquisa visa não à generalização, mas sim a particularização. Algumas situações dos estudos relacionados ao ensino podem ser generalizadas, mas Moreira (2011) ressalta que outras não, o ambiente da sala de aula é visto pelo autor como um espaço com uma microcultura própria,

> um ambiente organizado social e culturalmente, no qual ações mudam constantemente, significados são adquiridos, trocados, compartilhados. Naturalmente, o contexto assume então um papel de destaque, pois os significados e as ações são contextuais (MOREIRA, 2011, p.49).

Na investigação qualitativa, o pesquisador fica imerso no ambiente de estudo e no fenômeno, observando, registrando, identificando particularidades e características que podem ser generalizadas. A análise desses dados depende da interpretação do pesquisador diante dos seus significados e dos significados dos sujeitos envolvidos.

Por esse motivo, é importante que seja realizada a descrição da metodologia de constituição e dos procedimentos de análise e avaliação dos dados. Esse detalhamento é o que dá fidedignidade e validade a uma pesquisa científica.

> A fidedignidade na perspectiva qualitativa se refere ao grau de reciprocidade das medidas (ou estudos), enquanto a validade tem a ver com a acuidade dos resultados, com o grau em que as conclusões efetivamente representam a realidade empírica, com o grau em que os instrumentos realmente estão medindo o que se pretende medir (MOREIRA, 2011, p. 65).

A possibilidade de triangulação de dados mostra-se importante na pesquisa científica, uma vez que “as maiores críticas ao enfoque qualitativo é que os estudos [...] geralmente não tem fidedignidade e validade” (MOREIRA, 2011, p.65). Fato decorrente da dificuldade de reproduzir esse tipo de pesquisa que, segundo o Moreira (2011, p. 66), “ocorre em ambientes naturais, [...] lida com comportamentos humanos, de modo que, a rigor, nenhum estudo pode ser replicado exatamente”.

Nesse trabalho a pesquisadora assume o papel de professora regente da disciplina, sendo um sujeito participante e diretamente envolvido no processo de execução da proposta didática. Por isso determina-se uma Pesquisa Participativa, na qual a pesquisadora atua de forma direta no processo de aprendizagem dos sujeitos que compõem o estudo. Nessa imersão tem-se a descentralização do sujeito-objeto e, segundo Moreira (2011), as interações entre os sujeitos e pesquisador são centrais.

Nesse tipo de pesquisa, o pesquisador “compartilha a vivência com os sujeitos pesquisados, participando de forma sistemática e permanente, ao longo do tempo de pesquisa, das suas atividades. [...] Passa a interagir com eles em todas as situações, acompanhando todas as ações praticadas pelos sujeitos” (SEVERINO, 2007, p.120).

Em uma investigação de abordagem dialógica e participativa, o estudioso interage como membro, se envolve e assume um papel no grupo. Podendo as atividades propostas pelo investigador passar por modificações de acordo com as percepções do pesquisador.

3.1. CONSTITUIÇÃO DO *CORPUS*

O *corpus* dessa pesquisa é constituído por Questionário, cujos resultados direcionaram a elaboração da sequência didática; Produções Textuais dos estudantes que participaram da implementação das atividades; e Entrevistas, que visam aprofundamento das concepções e compreensões dos alunos sobre as temáticas trabalhadas. Todos esses documentos foram analisados pela Análise de Conteúdo cujos métodos são descritos na seção 3.3.

Por meio de um Questionário (Anexo 1), levantamos as concepções prévias dos graduandos sobre os conceitos do Eletromagnetismo. Essa sondagem foi importante para o planejamento das atividades da sequência didática de forma direcionada para o público discente.

O Questionário é um instrumento definido por Günther (2003) como um conjunto de perguntas sobre um determinado tema que objetiva testar as habilidades, medir opiniões, interesses, observar aspectos da personalidade, e obter outras informações particulares. Ao elaborar um questionário, deve-se levar em consideração os seguintes elementos (CHAGAS, 2000):

- O ponto da pesquisa que o questionário contempla, no caso, um pré-teste para levantamento dos conhecimentos prévios dos graduandos sobre Eletromagnetismo.
- Predisposição dos respondentes em responder o questionário.
- Formato das questões: abertas permitem que os respondentes escrevam permitindo cobrir pontos além das perguntas fechadas e permitindo que explanem e esclareçam melhor suas respostas. No entanto, também podem permitir que o respondente fuja do assunto ou sejam parciais ou incompreendidos devido às suas dificuldades de redação. Questões de múltipla escolha ou dicotômicas são de fácil e rápida aplicação, mas podem influenciar a resposta escolhida ou não contemplar todas as possibilidades. Chagas (2000) afirma que questões de múltipla escolha com palavras, há uma tendência de serem selecionadas as palavras que aparecem como primeiras opções de resposta, no caso de opções com números, há uma propensão à seleção daquelas que estão na posição central.
- A linguagem das questões deve ser simples e não ambígua, evitando perguntas dúbias ou que possam influenciar as respostas.
- Deve haver uma sequência lógica para as questões.
- Garantir o anonimato do respondente.

O questionário implementado foi dividido em dois módulos. O primeiro módulo, com oito questões, foi desenvolvido com objetivo de definir o perfil da turma, buscando identificar a faixa-etária, gênero, curso e áreas de atuação profissional dos integrantes. O segundo módulo (18 questões) buscou identificar os conhecimentos iniciais dos alunos sobre: partículas elétricas; força elétrica e transmissão; conceito de campo elétrico e influência no espaço; energia elétrica; força magnética e transmissão; conceito de campo magnético e influência no espaço; e indução eletromagnética e relação entre eletricidade e magnetismo.

É importante ressaltar que o questionário deve ser testado antes da aplicação para verificar a necessidade de modificações, para que as informações coletadas sejam efetivas (CHAGAS, 2000), por esse motivo foi aplicado anteriormente a um graduando de outra turma para ensaio. O questionário foi aplicado para 53 alunos no segundo dia de aula do período letivo, antes da professora iniciar o trabalho com os conteúdos investigados nessa pesquisa.

Durante a aplicação do instrumento, a grande maioria dos alunos parecia interessada em participar da pesquisa, mas se mostravam inseguros com suas respostas. Várias vezes perguntavam à professora buscando uma confirmação para suas proposições, ou queriam consultar os colegas. E por muitas outras vezes a professora repetiu que não era necessário se preocuparem com respostas incorretas, era importante apenas que respondessem segundo seus conhecimentos.

Outro recurso de constituição de dados utilizado foi o diário de bordo. Nele foram feitas anotações e descrições de eventos significativos após as aulas. Tivemos como objetivo registrar percepções das características e postura da turma durante diferentes atividades e durante a implementação da sequência didática. Como nesse trabalho pesquisadora e professora é a mesma pessoa, a execução da série de atividades planejadas foi filmada apenas para complementar esses apontamentos.

Para triangulação de informações, foram também analisadas as redações sobre o desenvolvimento dos conhecimentos do eletromagnetismo feitas pelos alunos para investigar quais são as compreensões desse processo e dos modelos e teorias que o constituem. Foram recebidas 30 redações de um total de 42 alunos participantes da atividade (71%).

Finalizamos a constituição do *corpus* com uma Entrevista de Investigação que, segundo Rosa e Arnoldi (2008, p.35) é uma "técnica de obtenção de informação relevante para todos os objetivos de um estudo, podendo adotar formatos e estilos variados". Essa entrevista foi do tipo Semi-estruturada, e foi realizada com os alunos que se disponibilizaram a participar dessa etapa, uma vez que todos os participantes da sequência foram convidados via e-mail. Para Rosa e Arnoldi (2008, p.30) numa entrevista semi-estruturada

> as questões, nesse caso, deverão ser formuladas de forma a permitir que o sujeito discorra e verbalize seus pensamentos, tendências e reflexões sobre os temas apresentados. O questionamento é mais profundo e também, mais subjetivo. [...] Exigem que se componha um roteiro de tópicos selecionados. As questões seguem uma formulação flexível, e a sequência e as minúcias ficam por conta do discurso dos sujeitos e da dinâmica que acontece naturalmente.

Nesse tipo de entrevista, as questões que compõe o roteiro são flexíveis, ou seja, a sequência das perguntas é direcionada pelo discurso do entrevistado (ROSA;

ARNOLDI, 2008). A inserção de novas perguntas no decorrer da entrevista ocorre com o aparecimento de lacunas nas respostas ou quando é necessário que alguns pontos sejam complementados.

Podemos também classificar essa entrevista como uma Entrevista Focalizada, preparada para contrastar e verificar hipóteses já derivadas de análises prévias do pesquisador. Nesse trabalho, a entrevista busca indícios de contribuições já previstas pelo uso da HFC no ensino da Física, assim como contribuições ainda não antevistas ou mesmo a negação dos aportes preditos. Assim, é preciso seguir quatro critérios para que os resultados sejam produtivos (ROSA; ARNOLDI, 2008): não forçar ou induzir as respostas, deixando o entrevistado falar livremente; direcionar a entrevista para que não permita que o entrevistado responda de forma genérica ou vaga; indagar sobre as lembranças das experiências do entrevistado; investigar a significação e valor dessas experiências para o entrevistado, no seu contexto social.

A entrevista (Roteiro no APÊNDICE 8) visa verificar as impressões dos graduandos em relação às atividades desenvolvidas (Módulo 1) e ao uso da abordagem da HFC, suas compreensões dos conceitos, modelos e teorias características do Eletromagnetismo e evoluções do pensamento científico (Módulo 2).

Quanto ao número de entrevistados, Sapieri, Collado e Lucio (2013) afirmam que “o principal fator é que os casos devem nos proporcionar um sentido de compreensão profunda do ambiente e do problema de pesquisa” (SAPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013, p.404), podendo variar o número de amostras. A importância de manter uma heterogeneidade da amostra é ressaltada por Rosa e Arnoldi (2008, p.52), que definem alguns critérios para seleção dos sujeitos a serem entrevistados:

> - Quantos têm a informação relevante?
> - Quantos são os mais acessíveis fisicamente e socialmente (entre os informados)?
> - Quantos são os mais dispostos a informar?
> - Quantos são os mais capazes de comunicar a informação com precisão (entre os informados acessíveis e dispostos)?

O importante numa pesquisa qualitativa não é o número de entrevistados, mas sim da relevância que os sujeitos têm para a pesquisa (ROSA; ARNOLDI,

2008). Muitas vezes o número de entrevistados previamente não atende a necessidade da pesquisa, sendo necessária a ampliação dessa quantia.

Salientemos a importância de um planejamento e descrição dos procedimentos de análise e da aplicação correta dessa metodologia de análise e avaliação dos dados, uma vez que é o que valida a entrevista (ROSA, ARNOLDI, 2008) e a pesquisa de forma geral.

Optamos por convidar todos os alunos participantes do desenvolvimento da atividade para participar da entrevista, de modo a evitar qualquer possível intervenção do pesquisador que o ato de apontar entrevistados poderia gerar sobre os resultados. Consideramos que todos os 33 discentes partícipes da implementação possuíam informações relevantes para a pesquisa aqui desenvolvida, mas apenas quatro desses alunos convidados retornaram o e-mail e aceitaram colaborar com a pesquisa.

3.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMPLEMENTADA

Definimos como uma sequência didática uma série de atividades planejadas que visam o ensino de determinados conhecimentos. De forma similar, Queiroga *et al* (2012) elucidam que sequências didáticas são um conjunto de atividades organizadas de maneira sistemática em torno de um conteúdo. Nossas atividades foram embasadas nas características das propostas didáticas publicadas nos periódicos e eventos, analisadas anteriormente, e de acordo com a ementa da disciplina e os objetivos de formação dos cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia de Química.

A ementa da disciplina de Física III contempla os conteúdos: Lei de Coulomb; Campo elétrico; Lei de Gauss; Potencial Elétrico; Capacitância e propriedade dos dielétricos; Corrente e Resistência; Circuitos Elétricos; Campo e Forças magnéticas; Indução e indutância. Essa disciplina tem como pré-requisitos[3] que os alunos tenham realizado as disciplinas de Cálculo I, Cálculo II e Física I devido conceitos e conhecimentos que fundamentam o estudo da Física III.

Uma vez que as bibliografias básicas e complementares, que devem fundamentar o estudo de Eletromagnetismo dos cursos, não são iguais para as três

[3] As disciplinas definidas como pré-requisitos para a disciplina de Física II contemplam os seguintes conteúdos: Cálculo I contempla o estudo de funções de uma variável, limites e diferenciação de funções de uma variável; Cálculo II contempla o estudo de integração, funções com várias variáveis e diferenciação de funções de várias variáveis; e Física I contempla o estudo da Mecânica.

modalidades, a professora utilizou três livros[4] como referência bibliográfica durante o semestre letivo, comuns às três bibliografias, mas buscando também outras fontes e recursos auxiliares para complementar o processo de ensino-aprendizagem.

Na sequência didática implementada, optamos por dividir a turma em nove equipes de três a seis alunos para leitura e discussão de textos e trechos de textos originais, de fontes secundárias e atividades experimentais que problematizassem e propiciassem a compreensão de fenômenos eletromagnéticos. Foram selecionados objetivando trabalhar os seguintes tópicos: Comportamento e características dos imãs; Diferenças entre a eletricidade e o magnetismo; Relação entre eletricidade e magnetismo; Emissões e campo magnético; Geradores elétricos; Motores elétricos; Unificação das teorias eletromagnéticas.

Esses temas foram escolhidos a partir da análise sobre as concepções prévias dos alunos – que serão descritas no Capítulo 4 –, através da análise dos questionários (ETAPA 1), que apontam uma dificuldade dos graduandos em diferenciar características elétricas de características magnéticas e suas relações.

ETAPA 2: As equipes receberam os materiais (textos e/ ou roteiros experimentais) sem possibilidade de escolha pela temática, já que todas as equipes mostravam interesse pelos tópicos que envolviam atividades experimentais. As temáticas foram inicialmente trabalhadas pela leitura dos materiais pelos integrantes das equipes e por discussões tomadas entre eles, na busca de uma melhor compreensão e de levantamento de dúvidas encontradas. As três equipes que trabalharam montagens experimentais seguindo um roteiro criado pela autora, também receberam um texto sucinto de introdução ao tema, para observação de fenômenos, problematização e discussão sobre as características dos eventos observados. No Quadro 4 temos a identificação dos materiais oferecidos a cada equipe, que estão disponíveis nos anexos e apêndices dessa pesquisa. O objetivo da leitura dos textos era de suscitar a reflexão sobre a forma/métodos de investigação científica e seu registro no período em que foram produzidas, diante assim com do processo de criação de modelos que possibilita o estudo e o desenvolvimento de teorias científicas. Os experimentos foram selecionados e planejados de acordo com sua relevância diante dos fatores históricos discutidos

[4] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física: eletromagnetismo. v. 3. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
TIPLER, Paul A. Física para cientistas e engenheiros: eletricidade e magnetismo. v. 2. 4. ed. Janeiro: LTC, 2000.
SEARS, F.; YOUNG, H.; FREEDMAN, R. A.; ZEMANSKY, M. W. Física III: Eletromagnetismo. v. 3. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

para compreensão do processo de desenvolvimento do Eletromagnetismo e para propiciar uma comparação com os métodos de pesquisa nos diferentes momentos da história. A reprodução da Experiência de Oersted, por exemplo, visava não apenas a compreensão da relação entre eletricidade e magnetismo, mas com o uso de equipamentos mais modernos, comparar a mudança das técnicas de investigação científica. Os outros dois experimentos – sobre Linhas de Campo e do funcionamento do Motor Elétrico Simples – visavam compreender os fenômenos físicos inerentes a eles, utilizando materiais mais simples, de fácil acesso e de baixo custo.

Nessa etapa, os alunos ficaram livres para buscar e pesquisar informações necessárias para uma melhor compreensão dos textos e experimentos, sob orientação da professora para utilizarem materiais de procedência confiável (livros, artigos, dissertações, teses, sites, entre outros), Assim como para movimentar-se pela sala e conversar com as outras equipes sobre suas temáticas. As dúvidas decorrentes da linguagem dos textos ou referentes às montagens dos experimentos foram sanadas pela professora durante a efetivação dessa atividade.

QUADRO 4 - LISTA DE TEXTOS E ROTEIROS APLICADOS.

Continua

	TÍTULO	**AUTOR**	**REFERÊNCIA**
1	EPÍSTOLA DE PETRUS PEREGRINUS SOBRE O IMÃ (Tradução dos capítulos III, V e VI)	PETRUS PEREGRINUS	PEREGRINUS, P. The letter of Petrus Peregrinus on the magnet. New York: McGraw Publishing Company, 1296.
2	A ATRAÇÃO MAGNÉTICA; E, PRIMEIRO, A ATRAÇÃO EXERCIDA PELO ÂMBAR, OU MAIS APROPRIDAMENTE A LIGAÇÃO DE CORPOS AO ÂMBAR. (Tradução de trecho do capítulo II do Livro II)	WILLIAM GILBERT	GILBERT, W. O imã: sobre a pedra-imã e corpos magnéticos e sobre o grande imã a Terra. Londres: Bernard Quaritch, 1893.
3	A DESCOBERTA DE OERSTED	JOSÉ FERNANDO M. ROCHA	ROCHA, J. F. (org.) Origens e evolução das ideias da Física. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 246-250.

QUADRO 4 - LISTA DE TEXTOS E ROTEIROS APLICADOS.

Continua

4	EXPERIÊNCIA DE OERSTED EM SALA DE AULA (BREVE APRESENTAÇÃO HISTÓRICA)	CHAIB E ASSIS	CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 41-42.
	EXPERIÊNCIA DE OERSTED (ROTEIRO)	-	-
5	A DESCOBERTA DE FARADAY E O ÉTER ELÉTRICO	ALDO G. PEREIRA	PEREIRA, A. G. Um estudo histórico da evolução do conceito de potencial vetor no eletromagnetismo clássico. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Física, Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009. p. 25-27.
6	FARADAY E O CONCEITO DE CAMPO	JOSÉ FERNANDO M. ROCHA	ROCHA, J. F. (org.) Origens e evolução das ideias da Física. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 259.
	LINHAS DE CAMPO (ROTEIRO)	-	-
7	AS PRIMEIRAS CONSEQUÊNCIAS DAS DESCOBERTAS DE OERSTED	JOSÉ FERNANDO M. ROCHA	ROCHA, J. F. (org.) Origens e evolução das ideias da Física. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 250-256.
8	MOTOR DE FARADAY	RAPHAEL SANTARELLI E ALBERTO VAZQUEZ SAA	SANTARELLI, R.; SAA, A. V. Motor de Faraday. Relatório Final - Instituto d Física "Gleb Wataghin", UNICAMP. Campinas, 2007. Disponível em: <www.ifi.unicamp.br>. Acesso em: 20/10/2015.
	MOTOR ELÉTRICO SIMPLES (ROTEIRO)	-	-

QUADRO 4 - LISTA DE TEXTOS E ROTEIROS APLICADOS.

Continuação e conclusão

9	AS EQUAÇÕES DE MAXWELL E A NATUREZA DA LUZ	JOSÉ FERNANDO M. ROCHA	ROCHA, J. F. (org.) Origens e evolução das ideias da Física. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 261-265.

FONTE: Produção da autora.

ETAPA 3: Os alunos produziram seminários sobre a temática recebida pela sua equipe para explanar aos colegas sobre os processos criativos, modelos e teorias observados. Iniciaram essa organização durante a etapa anterior com a leitura dos materiais e exploração do experimentos, e também pela discussão sobre as temáticas com outras equipes. Ficaram livres para pesquisar e buscar outras fontes para planejamento de tal ação, podendo usar apenas o quadro branco, caneta e instrumentos experimentais para exposição de suas considerações. Os seminários foram apresentados na ordem dos materiais enumerados no Quadro 4.

Foi também pedido que cada equipe expusesse uma pergunta ao grupo que apresentasse posteriormente, visando criar uma discussão entre os graduandos. Essa solicitação foi incluída porque a turma em estudo não apresentou um perfil dialógico, problematizador e crítico no decorrer do semestre. No entanto, durante a etapa anterior (ETAPA 2), todos pareciam bem envolvidos nas discussões, apresentando suas dúvidas e pontos de vista, e argumentando com os colegas.

As perguntas que foram levantadas sobre os seminários ou assuntos relacionados que os integrantes das equipes não souberam sanar foram explicadas pela professora.

ETAPA 4: Após as apresentações, foi solicitado que cada aluno redigisse um texto explicando todo o processo de construção do Eletromagnetismo, embasado em notas realizadas pelo próprio graduando durante os seminários. Devido ao curto tempo disponível para implementação das atividades, esses textos foram desenvolvidos fora de sala de aula. Os alunos ficaram livres para pesquisar e buscar outras fontes para melhor compreensão dos temas.

ETAPA 5: No semestre seguinte, foi realizada uma entrevista, embasada nos resultados do questionário e no desenvolvimento da sequência didática, para verificar as concepções dos graduandos sobre as características elétricas e magnéticas, suas diferenças e relações, e sobre sua percepção das atividades

desenvolvidas. Essa entrevista visa identificar como essa abordagem histórico-filosófica contribui para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

As etapas 2, 3 e 4 foram desenvolvidas em um período de apenas duas semanas (totalizando 8 horas-aula divididas em quatro encontros de 2 horas-aulas) devido à antecipação da semana de avaliações na instituição. Para uma melhor compreensão do planejamento, o Quadro 5 apresenta o plano de aula para o desenvolvimento das atividades.

QUADRO 5- PLANO DE AULA.

TEMA	Eletromagnetismo
CONTEÚDOS	• Magnetismo; • Campo Magnético; • Indução Eletromagnética; • Gerador elétrico; • Motor elétrico; • Equações de Maxwell (Ondas Eletromagnéticas).
OBJETIVOS	• Compreender o comportamento de imãs; • Diferenciar os fenômenos elétricos e magnéticos; • Compreender e representar campos magnéticos; • Compreender o fenômeno de indução eletromagnética; • Compreender o funcionamento de geradores e motores elétricos; • Compreender a relação entre campos elétricos e magnéticos nas ondas eletromagnéticas.
PERÍODO/DURAÇÃO	8 HORAS-AULA: divididas em quatro encontros de 2 horas-aula
	1º ENCONTRO: Leitura e discussão dos textos e montagem dos experimentos pelas equipes
	2º e 3º ENCONTRO: Apresentação dos Seminários
	4º ENCONTRO: Entrega dos textos redigidos pelos alunos
ESTRATÉGIAS E RECURSOS DIDÁTICOS	• Leitura de traduções de textos originais e textos de fontes secundárias; • Atividades experimentais (históricas e não-históricas); • Discussão e seminários.
AVALIAÇÃO	Produção textual individual sobre o processo de constituição do Eletromagnetismo.

FONTE: A autora (2016).

A sequência didática teve como cerne um estudo qualitativo do Eletromagnetismo. Essa opção de planejamento ocorreu diante do curo período para desenvolvimento das atividades e diante dos conhecimentos exigidos como pré-requisito para essa disciplina, como já descrevemos anteriormente. Alguns temas de caráter mais matemático exigiam dos estudantes um conhecimento mais complexo e avançado dessa ciência que o exigido para a disciplina.

3.3 A ANÁLISE DE CONTEÚDO COMO METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DOS DADOS CONSTITUIDOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

A análise dos elementos do *corpus* da pesquisa (questionários, redações e entrevistas) é efetivada por meio da Análise de Conteúdo (AC). Baseada nos estudos de Bardin, essa metodologia visa “compreender as características, estruturas e modelos que estão por trás dos fragmentos de mensagens” (CAMARA, 2013, p.182). É definida como um conjunto de técnicas para análise de comunicações (BARDIN, 1977), podendo ser aplicadas a objetos de análise de diferentes naturezas.

Uma vez que a pesquisa qualitativa busca uma caracterização completa do objeto de pesquisa, Moraes (1999) ressalta a importância de levar em conta todos os significados do entrevistado/produtor, assim como contexto, valores, cultura e linguagem. Para isso, é importante que os objetivos da pesquisa estejam bem definidos. A análise de conteúdo pode ainda seguir uma abordagem objetiva, que parte da teoria para teste ou verificação da mesma, como pode adotar uma abordagem subjetiva, que parte dos dados, construindo a partir deles as categorias e em decorrência, as teorias (MORAES, 1999).

Bardin (1977) divide o método de análise em três etapas, não sendo obrigatórias, mas a falta de uma delas torna o processo de análise incompleto. São essas etapas a pré-análise, a exploração do material e o tratamento de dados, inferências e interpretação.

A pré-análise é um momento de organização dos dados. A partir de uma leitura flutuante é feita a escolha do material a ser analisado e cria-se uma impressão e orientação sobre o mesmo. Essa seleção deve seguir as seguintes regras (BARDIN, 1977):

- Regra da exaustividade: pela qual deve-se considerar todos os elementos do corpus que satisfazem aos critérios de seleção do estudo.
- Regra da representatividade: a amostra deve ser representativa no todo, ou seja, deve possibilitar uma visão geral do conjunto. Por esse motivo, amostras que apresentam uma homogeneidade podem ser menores que amostras heterogêneas.

- Regra da homogeneidade: a escolha dos materiais que constituem o corpus de pesquisa deve obedecer a critérios precisos e sem grandes variações de direcionamento.
- Regra de pertinência: os materiais devem ser adequados aos objetivos da pesquisa.

Nessa primeira fase da AC que há a formulação de hipóteses e a definição dos objetivos de análise, ou seja, determinação da finalidade da análise. A hipótese é definida por Bardin (1977) como afirmações provisórias a serem verificadas (confirmadas ou refutadas) pela análise dos materiais, não sendo obrigatória já numa pré-análise, alguns estudos efetuam-se sem ideias pré-concebidas. “Formular hipóteses consiste, muitas vezes, em explicitar e precisar – e, por conseguinte, em dominar – dimensões e direções de análise, que apesar de tudo funcionam no processo” (BARDIN, 1977, p.99).

É durante a Pré-análise também que se estabelecem os indicadores para interpretação. Ao designar índices, palavras ou frases de uma mensagem, para análise, instauram-se indicadores da frequência desses índices no material em análise, de forma relativa, absoluta ou relativa aos outros elementos. A eficácia e a pertinência de um indicador podem ser verificadas testando-o em uma amostragem pequena.

Faz-se então a preparação do material, recortando, editando e numerando os elementos do *corpus* para posterior exploração. Na segunda fase da AC, a fase de exploração do material, em que é feita uma codificação e transformação dos dados brutos em textos para análise (índices/unidades) que descrevem exatamente as características do conteúdo. Essa codificação deve seguir regras bem definidas em um processo de recorte (escolha das unidades), enumeração (escolha das regras de contagem) e classificação e agregação (escolha de categorias).

A determinação das unidades deve ser pertinente às características do material e aos objetivos do estudo. Essas unidades devem ser divididas em (BARDIN, 1977):

- Unidades de registro: aquelas unidades de significação representadas por um segmento de conteúdos, como palavras e frases (tema);
- Unidades de contexto: são unidades de compreensão para significação das unidades de registro. Descrevem a conjuntura na qual a pesquisa se insere,

sendo importantes para a análise avaliativa e das possibilidades de estudos futuros.

O processo de codificação é realizado a partir de regras que determinam como é feita a contagem:

- Por presença e ausência: quando a presença e ausência dos elementos é significativa, torna-se um indicador.
- Pela frequência: a medida frequencial da aparição do termo. Parte do princípio que todos os elementos têm mesma relevância e que o com maior recorrência tem mais significância.
- Por frequência ponderada: quando a presença de determinados elementos são mais significativas que de outros, sendo estabelecidos pesos à análise frequencial dos termos.
- Pela intensidade: devido à variação semântica no modo de expressão, podendo ser avaliada pela intensidade do verbo, pelo tempo verbal, pelo uso de advérbios de modo, adjetivos e atributos qualificativos.
- Pela direção: definida pelo caráter qualitativo da ponderação frequencial, indicando em qual direção os elementos apontam, e cuja intensidade é medida pela análise quantitativa.
- Pela ordem: em que a ordenação de aparição das unidades de registro é um indicador.
- Pela coocorrência: a reincidência de uma unidade de registro em uma unidade de contexto, a distribuição dos elementos e sua associação pode ser significativa.

Na terceira e última etapa da AC se tem o tratamento dos resultados obtidos e a interpretação, submetendo os resultados a análises estatísticas e testes de validação. As unidades são organizadas em categorias para análise (agrupamento) que possibilitam uma inferência sobre o fenômeno em estudo.

A categorização, segundo Bardin (1977, p. 117) é uma “operação de classificação dos elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com critérios previamente definidos” sob um título genérico. Pode ser de caráter semântico (por temas), sintático (devido aos verbos e adjetivos), léxico (pelo sentido) ou expressivo.

Para o processo de classificação é feito primeiramente um inventário, ou seja, os elementos são isolados, e depois a repartição ou classificação dos mesmos.

> A categorização tem como primeiro objetivo (da mesma maneira que a análise documental), fornecer, por condensação, uma representação significada dos dados brutos. [...] A análise de conteúdo assenta implicitamente na crença de que a categorização (passagem dos dados brutos a dados organizados) não introduz desvios (por excesso ou por recusa) no material, mas que dá a conhecer índices invisíveis, ao nível dos dados brutos" (BARDIN, 1977, p.119).

Essa categorização pode ocorrer previamente e definir e determinar a organização dos elementos nas mesmas, ou emergir ao final do processo de agrupamento dos elementos. Mas em ambos os casos, é de suma importância definir boas categorias. Para isso, devem deter as seguintes qualidades:

- Exclusão mútua: cada elemento deve estar em apenas uma classificação, não permitindo ambiguidades e não permitindo a existência de aspectos que permitam outras classificações para o mesmo.
- Homogeneidade: a classificação deve ser regida por um único princípio.
- Pertinência: a categoria deve ser adequada ao material de análise e à fundamentação teórica adotada.
- Objetividade e fidelidade: ainda que submetidas à diversos processos de análise, a unidade a codificação deve ser recorrente, a partir de organizadores de análise claros que orientam de forma precisa a classificação dos elementos.
- Produtividade: as categorias devem ser capazes de proporcionas a criação de índices de inferência, de novas hipóteses e dados exatos.

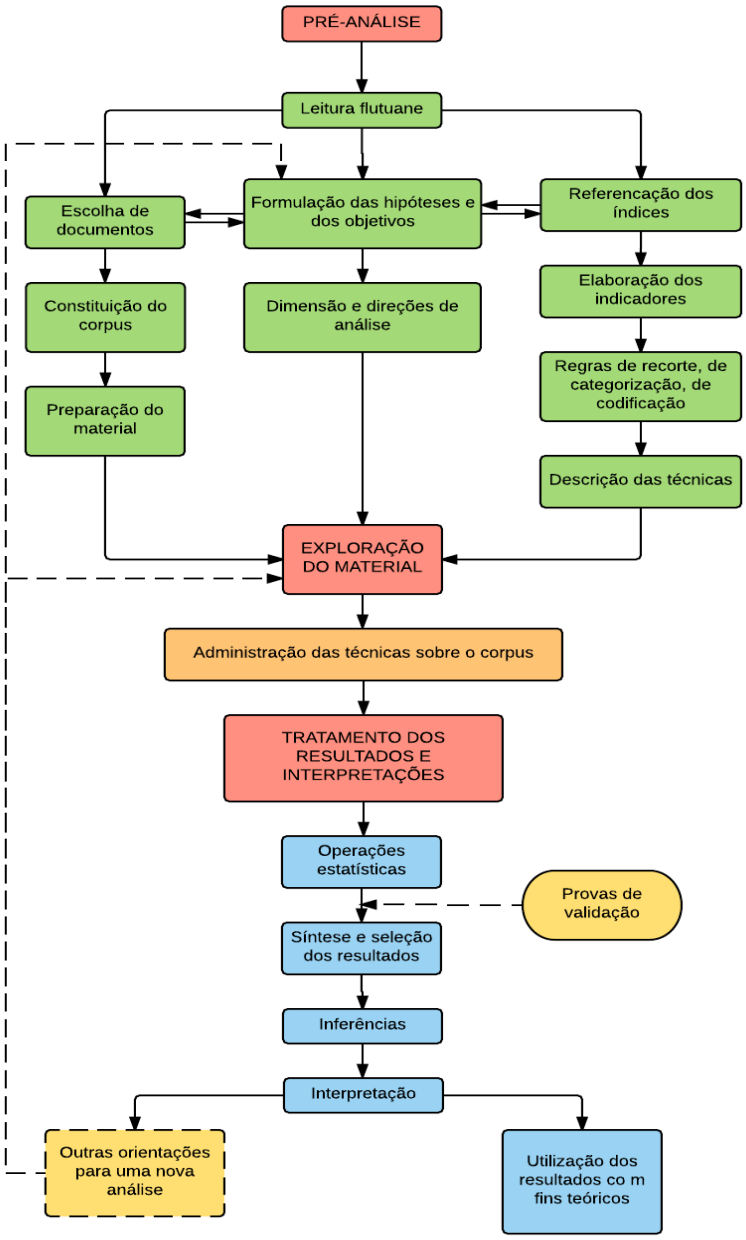
Cada categoria deve ter uma justificativa para estar inserida no trabalho. A partir dessas categorias, é feita uma inferência articulada com a teoria para sustentação dessa interpretação. Nesse momento busca-se ir além dos dados.

No processo de inferência é preciso identificar os polos de análise, ou seja, a definição da perspectiva para interpretação. Esse polo pode estar no emissor, quando a mensagem exprime e representa esse locutor; no receptor, quando a mensagem fornece informações do recebedor ou do público alvo da comunicação; na mensagem, quando é realizada a análise do continente e do conteúdo, ou dos

significantes e dos significados, ou do código e da significação; no médium, ou seja, no instrumento (canal) do código.

“A análise de conteúdo constitui um bom instrumento de indução para se investigar as causas (variáveis inferidas) a partir dos efeitos (variáveis de inferência ou indicadores; referências no texto)” (BARDIN, 1977, p.137). Essas inferências, por sua vez, podem ser específicas – quando respondem uma questão definida – ou gerais – quando busca-se compreender e caracterizar a situação em estudo.

FIGURA 2 - DESENVOLVIMENTO DE UMA ANÁLISE DE CONTEÚDO.



FONTE: Adaptado de BARDIN ,1977, p. 102.

Essa metodologia de análise de dados é enumerada por Moraes (1999) em cinco etapas, baseadas nas etapas já descritas por Bardin. O primeiro passo é para preparação no qual se seleciona as amostras e as codifica para melhor identificação. A segunda etapa é de unitarização, em que são selecionados os fragmentos relevantes das amostras e são criadas as unidades que, por sua vez, são codificadas. Na terceira etapa, os dados são organizados em conjuntos, denotando a fase de categorização. Essas categorias devem ser válidas, isto é, devem ser significativas para os objetivos do estudo e para a fundamentação teórica; exaustivas, de forma que todas as unidades possam ser classificadas pelas categorias; homogêneas, significa que devem ser fundamentadas em um único critério; exclusiva, classificando cada elemento em apenas uma única categoria; e objetiva, que descreve de maneira clara os critérios de classificação (MORAES, 1999).

A descrição dessas categorias é essencial para suscitar uma interpretação dos dados coerente, constituindo a quarta fase da análise de conteúdo. Segundo Moraes (1999, p.17), “para cada categoria, será produzido um texto síntese que expresse o conjunto de significados presentes nas diversas unidades de análise incluídas em cada uma delas”. Por meio desses textos que o pesquisador busca conjecturar uma interpretação para os dados analisados, caracterizando a quinta etapa do processo de análise de conteúdo. Nessa fase ocorre uma “compreensão mais aprofundada do conteúdo das mensagens através da inferência e interpretação” (MORAES, 1999, p. 19). Entretanto, diferentes perspectivas possibilitam múltiplas interpretações.

Uma vez que essa metodologia ainda é questionada segundo a sua cientificidade, Oliveira *et al* (2003) enfatiza a necessidade da construção de registros explicativos dos procedimentos e decisões tomadas no curso da análise desses materiais para uma maior transparência e fidedignidade do estudo. Essa metodologia se apresenta como um procedimento para estudos tanto qualitativos como quantitativos para compreensão não apenas das mensagens manifestas nas falas ou documentos que compõem o *corpus* da pesquisa, mas possibilita identificar informações mais profundas, do contexto social, político e cultural no qual foram constituídas.

4. MAPEANDO OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS GRADUANDOS SOBRE ELETROMAGNETISMO

Em um primeiro processo de unitarização, a resposta de cada pergunta foi tratada como uma unidade, essas unidades que foram agrupadas, inicialmente, segundo as respectivas perguntas (categorias). Em um segundo processo de fragmentação das unidades e reclassificação (subcategorização), as unidades primárias foram quebradas e reagrupadas em subcategorias segundo conceitos e perspectivas de cada temática tratada nas questões. Foram então criados metatextos descritivos de cada subcategoria, e metatextos das categorias características das temáticas de cada questão. Por fim, essas categorias foram reunidas em três grandes classes representativas do conhecimento investigado nos questionários: eletricidade e as características dos corpos eletrizados, imã e características dos corpos imantados e relação entre eletricidade e magnetismo.

4.1 A DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS DE CONHECIMENTO PRÉVIO DOS GRADUANDOS

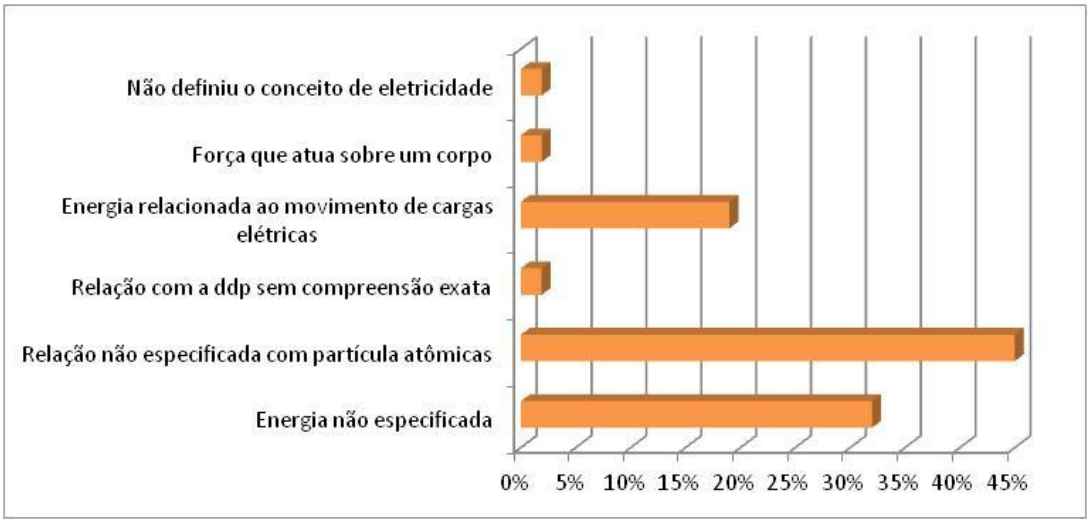
Os resultados desse processo de Análise do Conteúdo (AC) das respostas dos questionários podem ser observados dentro de três categorias de conhecimentos sobre Eletromagnetismo apresentados pelos graduandos no início do período letivo: Eletricidade e as características dos corpos eletrizados, Imã e características dos corpos imantados, Relação entre eletricidade e magnetismo.

4.1.1 Eletricidade e as características dos corpos eletrizados

Sintetizado no Gráfico 7, para 32% dos respondentes, a eletricidade é definida como uma forma de energia de origem não definida. Os alunos citam que se utilizam fontes naturais, como o vento e a água, na produção de energia, mas não sabem descrever como esse processo ocorre. Essa energia pode também ser armazenada e utilizada para diversos fins, como no funcionamento de eletrodomésticos e lâmpadas. Para 45% dos alunos, entende-se que há uma relação com partículas atômicas e/ou cargas elétricas (não definidas) e o movimento dessas partículas (correntes elétricas). Apenas um aluno faz menção à tensão elétrica

nesses fenômenos, mas demonstra não saber seu real significado por citar a diferença de potencial (ddp) em seguida como um novo fator. Cerca de 19% dos graduandos descrevem a eletricidade como energia derivada do movimento de elétrons ou de cargas elétricas, sendo que apenas um aluno entende eletricidade como “uma força que atua sobre um corpo” (aluno A45), sem explicitar caráter elétrico ao objeto. Apenas 1,9% não respondeu a questão sobre definição de eletricidade.

GRÁFICO 7 - DEFINIÇÃO DE ELETRICIDADE.

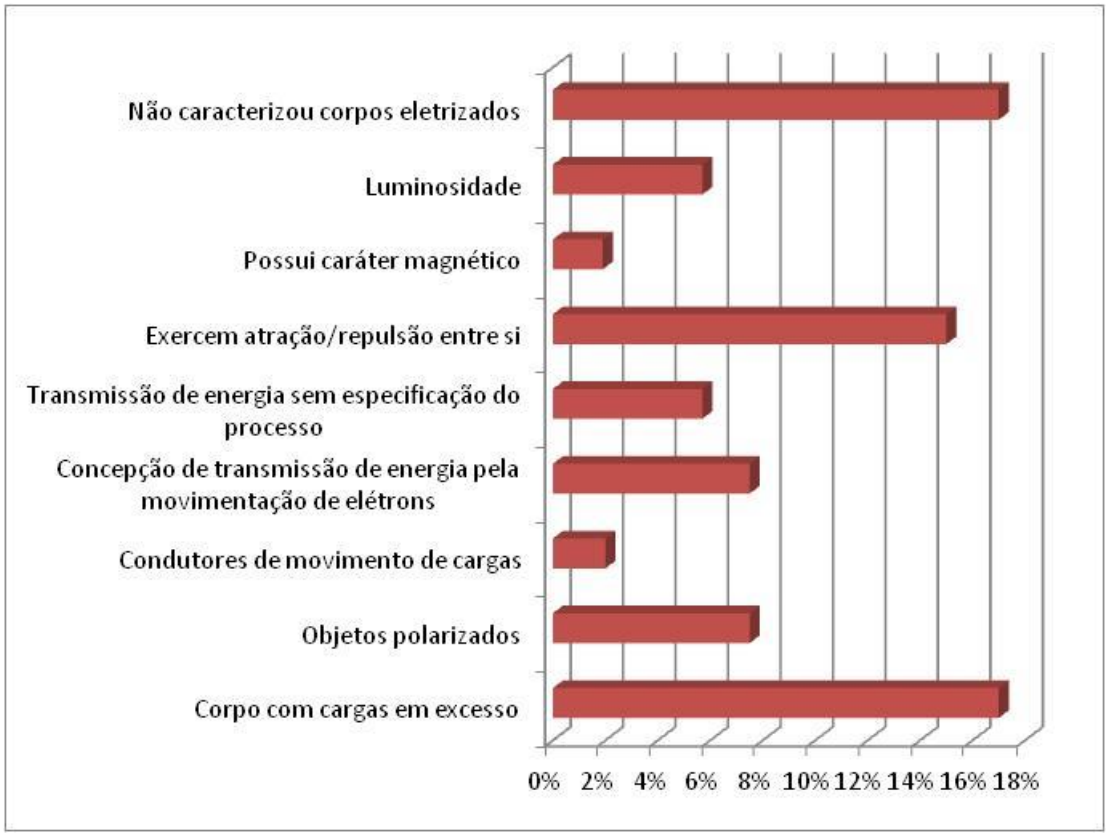


FONTE: A autora (2016).

Representado no Gráfico 8, cerca de 17% dos respondentes reconhecem como um corpo eletrizado aquele que possui cargas elétricas em excesso (elétrons ou prótons a mais), sendo que 7,5% acreditam que os objetos ficam polarizados, apresentando um polo positivo e outro negativo. O movimento de cargas é vista por 2% dos alunos como uma propriedade de corpos eletrizados, capazes de conduzir eletricidade e que possibilitam o funcionamento dos eletrodomésticos, reconhecido também pelo choque causado pela descarga elétrica. Esse movimento é atribuído à tendência de equilíbrio entre corpos que possuem excesso de cargas, gerando uma ddp entre os corpos e ocasionando um fluxo de elétrons. Aproximadamente 7,5% dos graduandos afirmam que o movimento dos elétrons transmite energia, e menos de 5,7% identifica uma transmissão de energia, mas não identificam um agente causador dessa transmissão.

Outra característica dos corpos eletrizados é citada por 15% dos discentes é o fenômeno de atração e repulsão entre eles devido à carga elétrica. Sendo que apenas um aluno dentre 53 respondentes atribuiu um caráter magnético devido à carga armazenada no corpo. Já o efeito de luminosidade foi identificado por três discentes (5,7%) do total de respondentes. Um total de 17% não soube responder ou não respondeu a questão sobre as características dos corpos eletrizados.

GRÁFICO 8 - CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS ELETRIZADOS.

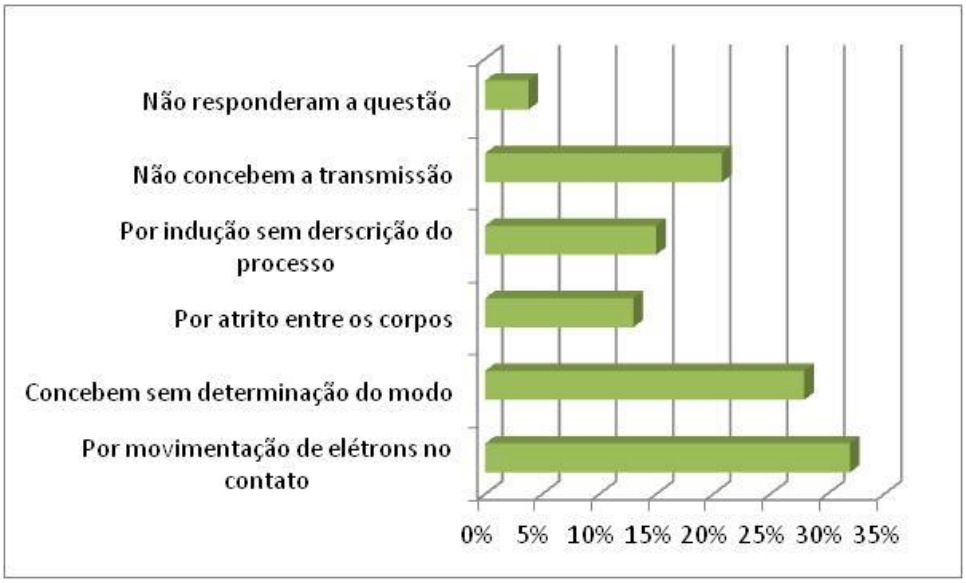


FONTE: A autora (2016).

Um percentual de 79% dos indivíduos concebe que há transmissão das características elétricas entre corpos eletrizados, como mostra a Gráfico 9. Os outros 20,8% afirmam que o caráter elétrico não pode ser transmitido. Dentre os que compreendem essa transferência de propriedades elétricas, 32% afirmam que ela decorre da movimentação de elétrons ou de cargas elétricas no contato entre objetos condutores. Outros 28%, vislumbram essa passagem das qualidades elétricas, mas não discriminam os meios e processos para tal evento. Apenas 13% entendem que essas propriedades podem ser transmitidas por meio do atrito, e 15%

por indução, mas nenhum desses descreve como a eletrização realmente ocorre. Somente um graduando afirma que a permuta pode ocorrer em um fenômeno de radiação e outro entende que há transmissão, mas não descrevem como a ação ocorre. Apenas 3,8% dos graduandos não responderam ou não souberam responder a questão sobre transmissão das qualidades elétricas entre corpos.

GRÁFICO 9 - TRANSMISSÃO DAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS ENTRE CORPOS.

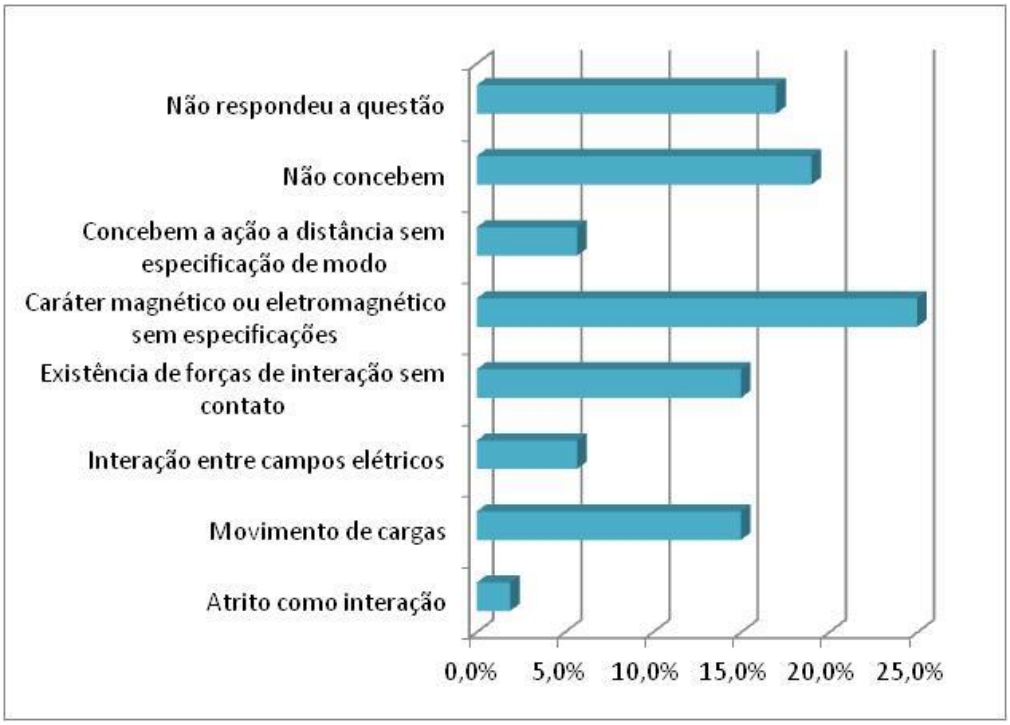


FONTE: A autora (2016).

Ao problematizar a ação à distância entre corpos eletrizados (sem contato), 81% reconhecem esse atributo da natureza elétrica (Gráfico 10). Os outros 19% não reconhecem essa característica. Um aluno cita o atrito como uma forma de interação entre corpos eletrizados, assim como 15% prevê uma movimentação de cargas ou descargas elétricas, havendo ocorrência de formação de um arco voltaico entre os corpos, segundo três desses sujeitos. Outros 5,7% compreendem como uma interação entre os campos elétricos formados em torno dos corpos eletrizados na aproximação. Cerca de 15% percebem a existência de forças de interação entre os corpos, sem que haja contato entre eles, em uma aproximação. Sustentam também que há atração entre objetos de cargas positivas e negativas. Nessa reflexão, um quarto dos respondentes (25%) atribuiu um caráter magnético ou eletromagnético à ação à distância entre corpos eletrizados, mas sem especificação desse fenômeno. Consequente da interação entre campos eletromagnéticos, ou pelo campo magnético suscetível a ondas magnéticas. Três dos graduandos (5,7%) aceitam que

há interação sem contato por meio da transmissão de algo não definido: “se o copo estiver muito eletrizado ele pode ter uma influência muito grande em outros corpos gerando algum tipo de transmissão” (Aluno A34). Um total de 17% não respondeu ou não soube responder a questão sobre ação à distância e interação entre objetos eletrizados.

GRÁFICO 10 - ÀÇÃO À DISTÂNCIA ENTRE CORPOS ELETRIZADOS.

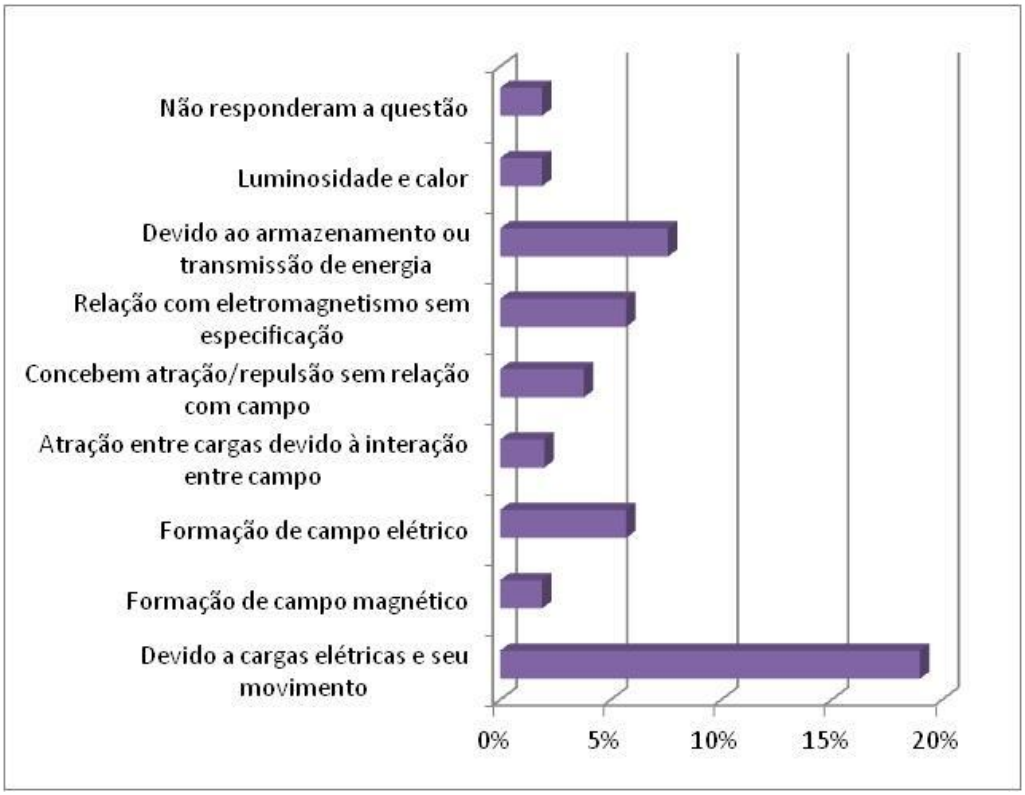


FONTE: A autora (2016).

Dentre todos os questionários, 44 dos respondentes (83%) compreendem que um corpo eletrizado influencia o espaço em torno dele. Dos questionários analisados nesse estudo, 19% dos alunos, atribuem essa influência a cargas elétricas, ao movimento de cargas, mas sem especificar qual seria essa influência, como mostra a Gráfico 11. Apenas um aluno atribui a formação de um campo magnético devido à descarga elétrica. Outros 17%, atribuem a campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos, sem especificação das causas da formação dos mesmos, sendo que desses apenas três referem-se a campo elétrico. Menos de 2,0% dos respondentes atribui a interação entre campos os fenômenos de atração entre cargas, e 3,8% concebem a atração ou repulsão entre os objetos sem concepção de campo.

Relações com o eletromagnetismo também são traçadas por 5,7% sem especificações sobre as mesmas, e 7,6% entende que essa influência no espaço decorre do armazenamento ou transmissão de energia, mas sem especificar o tipo de energia e como se dá essa influência. Essa influência é ainda descrita por 1,9% dos alunos pela luminosidade e o calor gerado por objetos eletrizados. Um total de 19% dos graduandos não respondeu ou não soube responder a questão sobre influência no espaço por um corpo eletrizado.

GRÁFICO 11 - INFLUÊNCIA DE CORPOS ELETRIZADOS SOBRE O ESPAÇO.



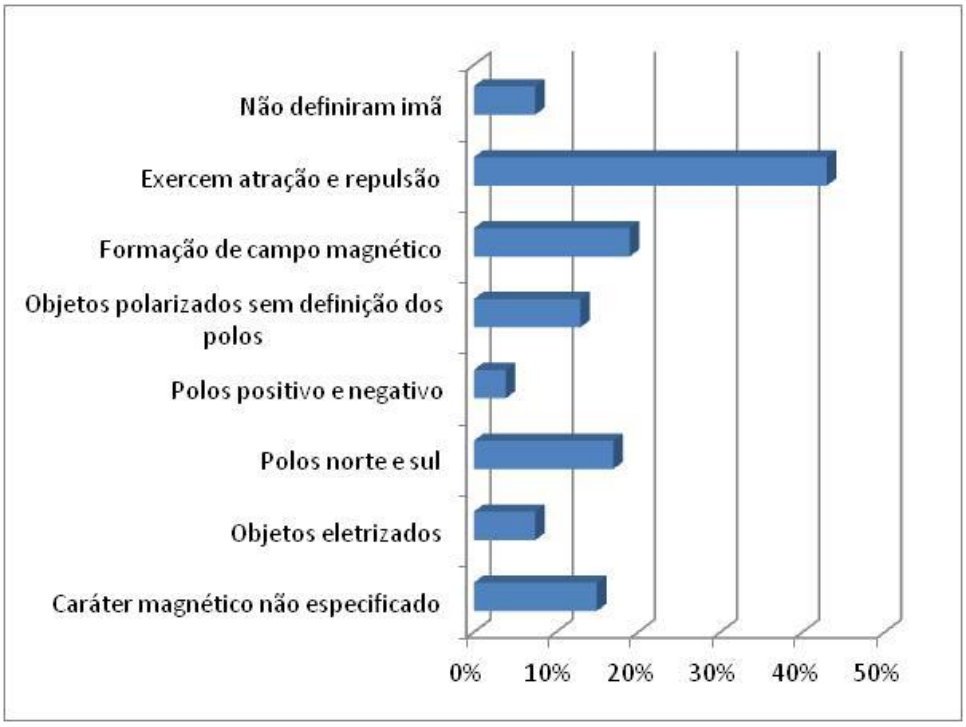
FONTE: A autora (2016).

4.1.2 Imã e características dos corpos imantados

Sintetizado no Gráfico 12, imãs são descritos por 15% dos alunos como objetos com características magnéticas não especificadas. Outros 7,5% definem como objetos eletrizados. São reconhecidos polos por 36% dos alunos, sendo que 17% identificam como polos norte e sul, 3,8% definem como polos positivo e negativo e 13% não identifica os polos ou não faz distinção entre norte e sul ou positivo e negativo. Dos questionários analisados, 19% entendem que há formação

de um campo magnético em torno do corpo imantado e mais de 43% reconhecem a capacidade atrativa e repulsiva dos imãs, atribuindo essa propriedade à composição dos objetos atraídos (objetos metálicos) ou a polaridade, ou mesmo à carga. Cerca de 7,5% dos respondentes não responderam ou não souberam responder a questão sobre definição de imã.

GRÁFICO 12 - DEFINIÇÃO DE IMÃ.

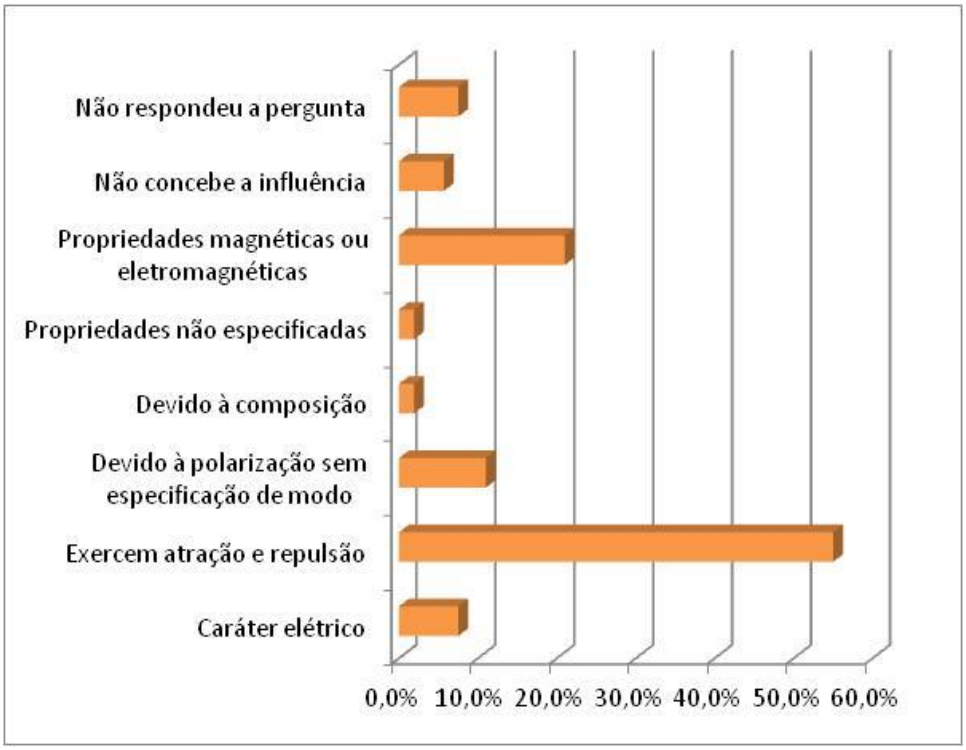


FONTE: A autora (2016).

Tem-se que 92% dos respondentes compreendem a influência de imãs sobre outros objetos, 5,7% não acredita nessa afetação e 1,9% não respondeu a pergunta (Gráfico 13). Essa influência é atribuída por 7,5% respondentes a características elétricas como a presença de cargas elétricas ou a um campo elétrico. Outra característica reconhecida por 55% dos alunos é a capacidade de atração e repulsão dos objetos magnéticos, principalmente a atração de metais. Atribui-se a possibilidade de afetar outros objetos em virtude da polaridade dos imãs (11%), sem explanação do modo como o fenômeno ocorre, devido à composição (1,9%) do próprio objeto magnético ou a propriedades não especificadas do imã (1,9%). Ainda tem-se 21% dos discentes que atribuem essa influência a propriedades magnéticas ou eletromagnéticas como a existência de um campo magnético, a transmissão de

ondas eletromagnéticas ou qualidades magnéticas não especificadas. Quatro alunos (7,5%) não responderam ou não souberam responder a questão sobre a influência de corpos magnéticos sobre outros corpos.

GRÁFICO 13 - INFLUÊNCIA DE UM IMÃ SOBRE OUTROS CORPOS.



FONTE: A autora (2016).

Sobre a influência de um imã sobre o espaço em torno dele, é concebida por 41 dos 53 respondentes (77%), não é aceita por 21%, e um total de 3,8% não responderam ou afirmaram que não sabem se há ou não essa afetação. Como mostra o Gráfico 14, aqueles que entendem a ocorrência de uma interferência no espaço por um corpo imantado, 19% entendem que há formação de um campo magnético ou eletromagnético, ainda que não saiba explicar exatamente como ocorre essa influência "*campo magnético gerado, não sei explicar*" (aluno A53). Apenas 3,8% dos respondentes atribuem uma a influência não especificando qual seria ela exatamente, ao movimento de cargas, atribuindo à liberação das mesmas ou a uma corrente que passa por um meio não identificado. Outros 5,7% entendem que a influência ocorre devido a ondas magnéticas sem descrição da produção das mesmas. O fenômeno é explicado apenas pela atração ou repulsão de corpos por 9,4% dos graduandos, e por fenômenos de caráter magnético não especificado por

9,4% de respondentes. É possível perceber que alguns utilizam o termo magnético sem compreender seu significado “não sei exatamente sem a palavra magnético” (aluno A21). E 5,7% atribui à influência no espaço um caráter elétrico relacionado às cargas do corpo ou ao redor do corpo. Cerca de 28% dos alunos não respondeu ou não soube responder a questão sobre a influência de corpos imantados sobre o espaço.

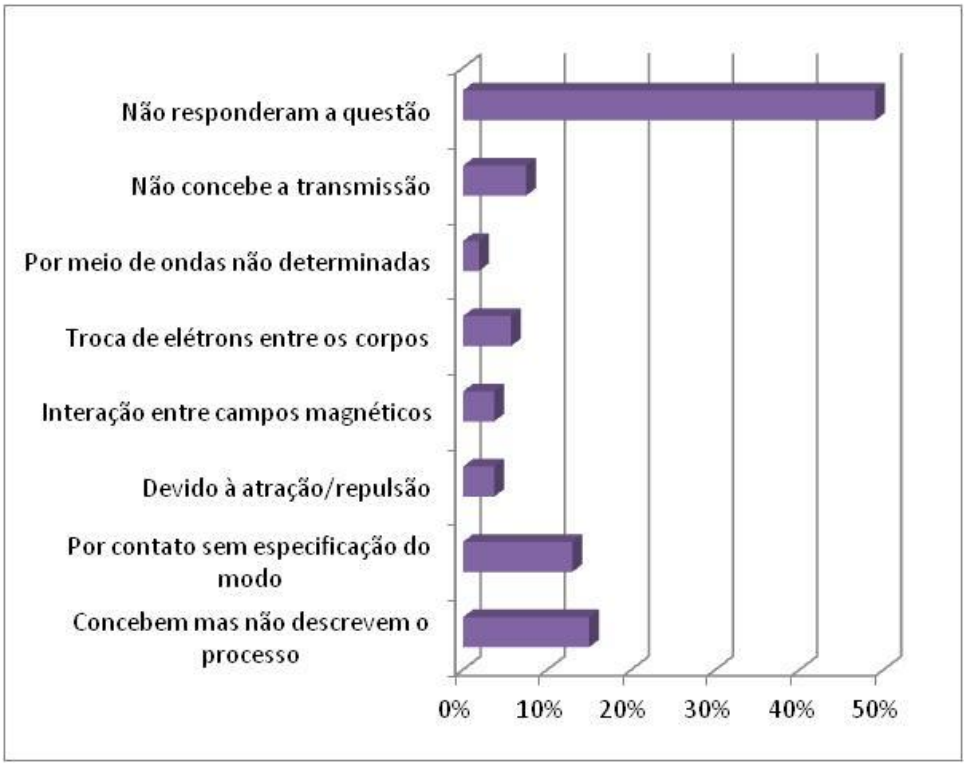
GRÁFICO 14 - INFLUÊNCIA DOS CORPOS IMANTADOS SOBRE O ESPAÇO.

FONTE: A autora (2016).

As características magnéticas podem ser transmitidas para outros corpos (imantação), segundo a maioria dos respondentes (15%), mas não sabem explicar como esse fenômeno acontece, como estão representados no Gráfico 15. Outros 13% explicam que há transmissão pela imantação com contato entre os corpos, mas sem especificação de como essa transmissão ocorre. Apenas 3,7% entendem que esse fenômeno ocorre pela atração e repulsão, sem explanar a forma de transferência, outros 3,7% pela interação entre campos magnéticos que afetam os corpos, e, ainda, 5,7% atribuem a troca de elétrons entre os corpos. Somente 1,9% dos alunos acreditam que essa transmissão de qualidades magnéticas advém de ondas de tipo não identificado. Tem-se que 7,5% não concebem a possibilidade de

transmissão das características magnéticas de um corpo imantado para outros objetos. Um total de 49% dos graduandos não respondeu ou não soube responder a questão sobre processos de imantação de um corpo por outro corpo magnético, sendo que um total de 17 alunos (32% do total de respondentes) afirma não saber sobre o assunto.

GRÁFICO 15 - TRANSMISSÃO DAS CARÁCTERÍSTICAS MAGNÉTICAS.



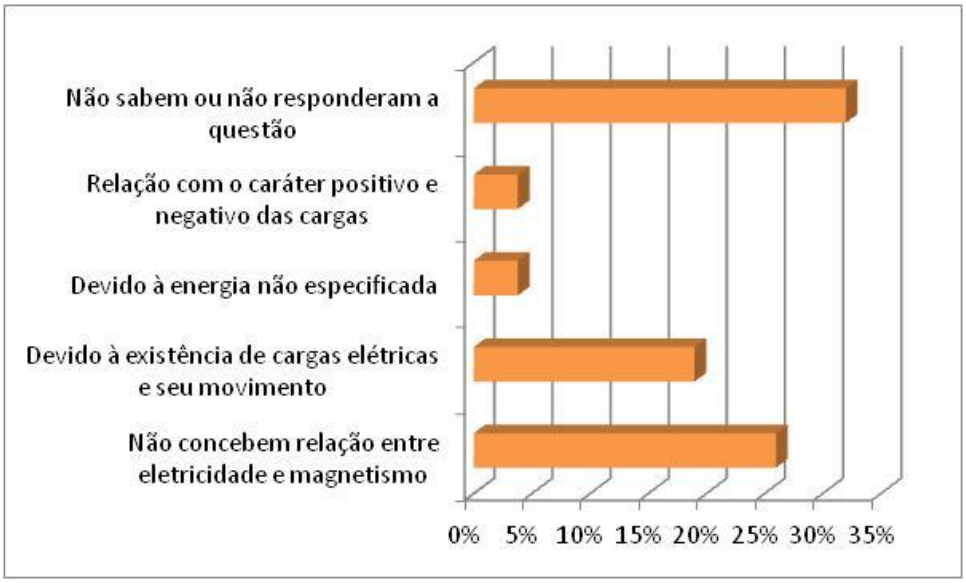
FONTE: A autora (2016).

4.1.3 Relação entre eletricidade e magnetismo

Sobre a existência de uma relação entre os fenômenos elétricos e os fenômenos magnéticos, 55% afirmam que há uma relação, 26% afirmam que não há nenhuma conexão entre os fenômenos, e 26% dos alunos relatam que não sabem ou não responderam a pergunta sobre a existência dessa relação (Gráfico 16). Pela análise das respostas dos questionários, esse vínculo entre eletricidade e magnetismo ocorre com a existência de cargas elétricas, de correntes elétricas ou pela capacidade de condução dos corpos, sem maiores explicações sobre como esses fatores inferem em uma ligação entre os fenômenos em questão. Outros 11%

que entendem que há essa relação, conferem-na a elementos cuja ligação com a temática não é bem definida, como à instabilidade da última camada elétrica do corpo, à eletricidade envolvida, à produção de campo elétrico por objetos eletrizados e a produção de campo magnético por objetos imantados, ao sentido da corrente em motores. Outros 3,8% dos discentes explicam o vínculo entre os eventos elétricos e magnéticos pela transmissão ou simples existência de energia de tipo relatado, e 3,8%, ao caráter positivo e negativo das cargas. Tem-se que 32% dos alunos não responderam ou não souberam responder qual a relação entre fenômenos de origem elétrica e fenômenos de origem magnética, e 9 graduandos (17% do total de respondentes) afirmam não saber qual é exatamente essa relação.

GRÁFICO 16 - RELAÇÃO ENTRE ELETRICIDADE E MAGNETISMO.

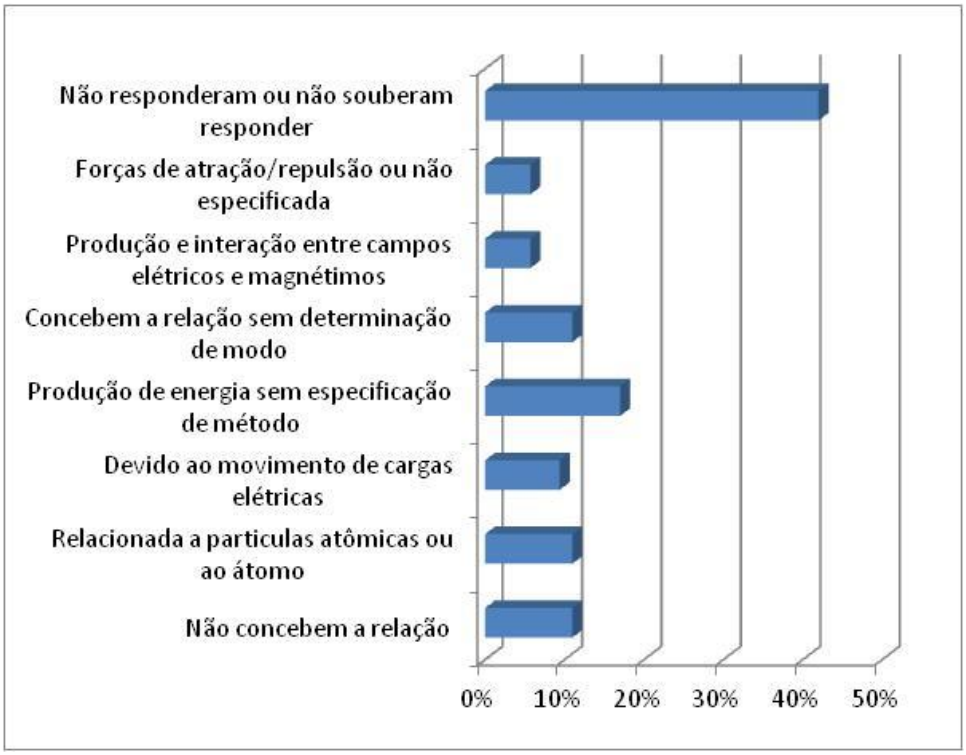


FONTE: A autora (2016).

Sobre uma ligação entre o conceito de energia (armazenamento ou produção) e fenômenos elétricos e magnéticos, 84% dos respondentes compreendem que essa conexão existe, 11% acredita que não há relação entre energia e os fenômenos, e 7,5% não responderam a questão. Essa ligação entre os fenômenos (cujas concepções dos alunos estão representadas no Gráfico 17) é associada a partículas atômicas ou ao átomo por 11% dos alunos, e 9,4% do total de respondentes atribuem ao movimento de cargas ou de partículas elétricas, sem descrição dos efeitos consequentes dessa mobilidade. São 17% os que entendem que a energia é gerada, mas sem especificação de métodos, citando em alguns

casos a produção de trabalho ou citando usinas hidroelétricas como exemplo, mas sem maiores explanações sobre os procedimentos de produção de energia. Tem-se que 11% dos alunos afirmam que há uma relação sem uma descrição específica de qual seria, sendo citados eletroímãs como exemplo, motores elétricos, a transmissão de eletricidade e magnetismo entre corpos e a interdependência entre eles, mas não explanando com mais detalhes como essa transmissão ou como é essa dependência entre os fenômenos elétricos, magnéticos e o conceito de energia. Apenas 5,7% dos alunos atribuem essa relação à produção e interação entre campos elétricos e magnéticos, e outros 5,7% graduandos associam à atração e repulsão ou mesmo a uma força de tipo não especificado, mas sem descrição dos processos. São no total 42% de alunos que não souberam ou não responderam a questão sobre relação entre energia e os fenômenos elétricos e magnéticos, com cerca de 19% do total de respondentes que afirmam que não sabem qual a relação entre as grandezas e fenômenos em questão.

GRÁFICO 17 - RELAÇÃO ENTRE ENERGIA, ELETRICIDADE E MAGNETISMO.



FONTE: A autora (2016).

4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS EM ELETROMAGNETISMO DOS GRADUANDOS

Avaliando apenas os conhecimentos prévios sobre Eletricidade, percebemos que quase metade dos graduandos compreendem que tem relação com as partículas atômicas e cargas elétricas, mas muitos ainda atribuem a um conceito de energia não muito claro, talvez até mesmo não compreendido pelos alunos. Um corpo eletrizado é definido por cerca de um sexto da turma como um corpo com cargas em falta ou em excesso, entretanto, não é descrita de forma clara a maneira como esse corpo é eletrizado e como transmite essas características. Outro sexto da turma ressalta o caráter atrativo e repulsivo desses corpos, enquanto outro sexto não demonstra conhecimentos sobre o tópico. A maioria entende que é possível transmitir para outros objetos o caráter elétrico, ou seja, existem formas de eletrização, mas um quinto da turma ainda acredita que essa interação não é permitida. O processo de eletrização mais citado é por intermédio de contato, entendendo a ocorrência de movimentação de cargas para tal. Há também uma parcela menor de alunos que identificam outros processos como por atrito e por indução, mas sem compreender claramente como a eletrização acontece. Assim como a ação a distância que a maior parte dos alunos concebe como possível, mas atribuem a uma natureza magnética (um quarto da turma). Os fenômenos de atração e repulsão também são fortes nesse aspecto, assim como a ocorrência de descargas elétricas, mas não demonstram identificar a formação de um campo elétrico e aqueles que utilizam o conceito de campo magnético e eletromagnético mostram não conhecer as especificidades desses fenômenos físicos. Podemos observar aqui que, ainda que o entendimento sobre os fenômenos elétricos, como se compreende no âmbito científico, não esteja claro para parte dos graduandos, é marcante a obscuridade no conhecimento e diferenciação entre eventos de origem elétrica e de origem magnética.

Nos conhecimentos sobre Magnetismo, a característica mais reconhecida em um imã é o fenômeno de polarização, mas ainda demonstram confusão entre definição de polo norte e sul ou positivo e negativo. O entendimento do que é um objeto magnético ainda se mostra muito raso, havendo alusão à formação de campo magnético, sem maiores explanações, e, principalmente ao caráter atrativo e repulsivo dos imãs e interação com metais. Observa-se que pouco menos de um

terço dos graduandos parece não compreender como ocorre a influência dos corpos magnéticos no espaço, abstendo-se de apresentar qualquer concepção sobre tal temática ou afirmando desconhecimento. Apenas um sexto da turma entende a existência de um processo de imantação de corpos, apontando o contato como um fator que permite essa ocorrência, mas não sabem descrever como acontece. A maior parte da turma não apresentou nenhuma resposta ou afirmou desconhecer o evento.

E por fim, avaliando os conhecimentos sobre a união da Eletricidade e Magnetismo (Eletromagnetismo) e efeitos dessa interação, mais da metade dos discentes acreditam haver uma relação entre eles, mas um quarto afirma desconhecer qual é a mesma. Um quinto afirma que decorre da existência de cargas elétricas, correntes elétricas e devido à capacidade de condução dos corpos, mas não especificam detalhes e características desse fenômeno. Um terço dos alunos demonstra desconhecer ou não apresentam seus conhecimentos sobre essa relação. Assim como quase a metade dos graduandos afirmam ou mostram não conhecer como é possível produzir energia devido à interação eletromagnética.

Diante da verificação de que as concepções mais deturpadas ou mais vagas são aquelas relacionadas aos fenômenos magnéticos e eletromagnéticos, optamos por elaborar uma sequência didática focando o processo de estudo do magnetismo, e sua distinção dos fenômenos elétricos, e da descoberta do eletromagnetismo quando essa ligação foi confirmada. Selecionando materiais para estudo coletivo desde os primeiros estudos publicados sobre a pedra-ímã por Peregrino em 1269, até a publicação das Equações de Maxwell, para ensinar o processo complexo que está por trás da construção dos modelos e teorias que ainda hoje são legitimados pela Física.

5. ANÁLISE DOS DADOS CONSTITUÍDOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Depois da leitura inicial dos textos produzidos pelos alunos, iniciamos o processo de fragmentação das produções textuais em unidades. Os textos foram identificados com a letra T maiúscula para organização de dados como TEXTO e numerados. Cada fragmento foi identificado pelo código do seu texto com uma letra maiúscula do alfabeto romano (T3C, por exemplo). Quando todas as letras desse alfabeto foram utilizadas, iniciamos o uso das letras do alfabeto grego (T3β, por exemplo). Com novas leituras e análise das unidades, novas fragmentações foram realizadas, ocasionando a necessidade de uma atualização dos códigos de identificação. Utilizamos assim letras do alfabeto romano minúsculas em sequência à codificação anterior para assinalar a nova fragmentação (T3Ca e T3βb, por exemplo).

Os fragmentos in9cialmente foram organizados em categorias definidas *a priori* pela literatura, sendo essas categorias de referência: Mudança na concepção de Ciência; Ciência como produção humana; Contextualização da Ciência; Epistemologia da Ciência; Modelo científico; Construção do conhecimento; Formação de indivíduo crítico.

No entanto, houve a necessidade de alterações na nomenclatura de algumas dessas classes para melhor discriminação dos elementos textuais, assim como surgiram algumas unidades que não se adequavam a essas categorias pré-estabelecidas, o que desencadeou a criação de novas classificações (categorias emergentes): Divulgação Científica; Erros Conceituais nos textos.

Após uma leitura inicial das transcrições das entrevistas, iniciamos a fragmentação das mesmas em unidades. As entrevistas foram identificadas com a letra E maiúscula para organização de dados como ENTREVISTA e numeradas. Cada fragmento foi identificado pelo código da entrevista com uma letra maiúscula do alfabeto romano (E3C, por exemplo). Quando todas as letras desse alfabeto foram utilizadas, iniciamos o uso das letras do alfabeto grego (E3β, por exemplo). Com novas leituras e análise das unidades, novas fragmentações foram realizadas, ocasionando a necessidade de uma atualização dos códigos de identificação.

Utilizamos assim letras do alfabeto romano minúsculas em sequência à codificação anterior para assinalar a nova fragmentação (E3Ca e E3βb, por exemplo).

Os fragmentos seriam organizados nas mesmas categorias definidas a priori citadas para organização das unidades dos textos produzidos pelos alunos, no entanto, a partir da análise dessas unidades, percebemos que os fragmentos não se adequavam a essas categorias, uma vez que não respeitavam as qualidades das categorias descritas por Bardin (1977) para análise desses dados: exclusão, homogeneidade, pertinência, objetividade e fidelidade, produtividade. Por esse motivo, optamos por trabalhar com categorias emergentes, ou seja, que surgem a partir da organização das unidades.

As categorias encontradas foram nomeadas como: Opinião sobre a aprendizagem; Sobre a metodologia da sequência didática implementada; Opinião sobre outras metodologias de ensino (metodologia convencional); Informações que chamaram a atenção dos alunos; Interesse pelos temas trabalhados; Opinião sobre o caráter histórico-filosófico da ciência na atividade implementada; Compreensão dos conceitos, modelos, leis e teorias científicas; Incompreensões e confusões conceituais na fala durante as entrevistas; Mudança de conceito devido à reflexão durante a entrevista; Relações entre as diferentes áreas da Física.

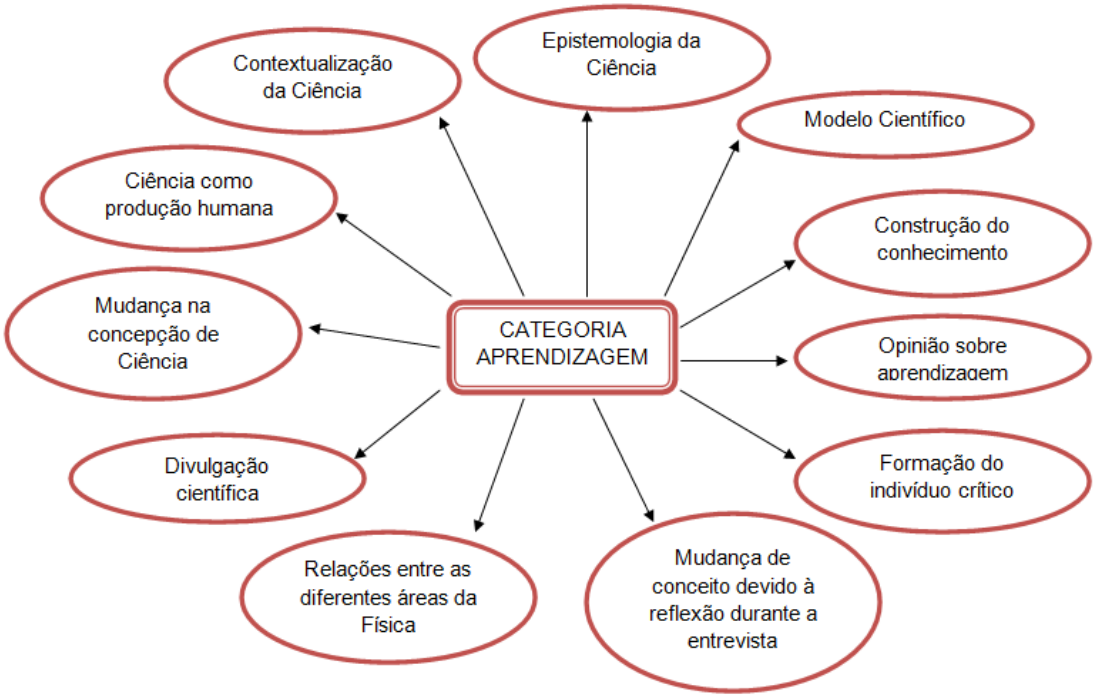
Diante do grande número de categorias encontradas (dezenove categorias de análise dos textos e entrevistas), essas foram organizadas em três grandes categorias finais segundo tema ao qual se referiam: aprendizagem, ensino e conhecimento. As categorias Aprendizagem e Ensino continuaram divididas em subcategorias para uma melhor caracterização. No entanto, a categoria Conhecimento, inicialmente dividida em três subcategorias (Compreensão dos conceitos, modelos, leis e teorias científicas; Incompreensões e confusões conceituais na fala durante as entrevistas; e Erros Conceituais nos textos) foi consolidada em apenas uma grande categoria (sem subdivisões), uma vez que todas essas subcategorias referiam-se a mesma temática: a compreensões e incompreensões sobre os conhecimentos científicos trabalhados durante a sequência didática.

5.1. DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS

5.1.1 Aprendizagem

A categorai Aprendizagem apresenta as concepções dos estudantes sobre sua aprendizagem e também indícios de desenvolvimento de saberes não relacionados especificamente à compreensão do conhecimento científico. Essa categoria se subdivide em 11 subcategorias como mostra a Figura 3.

FIGURA 3 - CATEGORIA APRENDIZAGEM.



FONTE: A autora (2017).

Na subcategoria Mudança na concepção de Ciência, as unidades categorizadas mostram uma notável apreensão sobre as mudanças da metodologia de análise científica experimental. Mais da metade dos textos (63%) descrevem as experiências realizadas com a pedra-ímã realizadas por Petrus Peregrino no século XIII. Trechos apontam para a compreensão de que, nesse século, as análises sobre os fenômenos magnéticos se davam por meio de observação a partir dos cinco sentidos do pesquisador. Experiências já eram realizadas para possibilitar mais observações dos fenômenos, mas utilizavam instrumentos rústicos e simples como é

descrito no texto *“neste estudo o ímã foi colocado sobre um pedaço de madeira em um recipiente com água. Com isso foi possível verificar que o pedaço de madeira sempre apontava para o norte. Junto com outras análises foi possível concluir que possuía dois polos assim como a terra, e que sul e norte se atraiam e polos iguais se repeliam”* (T3B). Outro texto chama a atenção para o foco no objeto de estudo e suas características “*No ano de 1296, pesquisadores iniciaram experimentos de pedra na água, onde a pedra apontava para o norte celeste. Tinha foco na pedra, objeto natural. Os nomes que determinaram para os polos era Norte e Sul, nomes [dos polos] geográficos*” (T27A).

Destacam também a busca por rigores metodológicos e o uso do método científico a partir do século XVI, como mostram os trechos “*somente no século XVI desenvolveu-se trabalho metódico sobre as propriedades do magnetismo este mesmo trabalho também foi a primeira aplicação do método científico*” (T12B) e “*A partir do século XVI, a eletricidade e o magnetismo são estudados com rigor científico*” (T12D). Esses recortes demonstram o reconhecimento de um marco para a investigação científica, no entanto, há indicadores de que é percebido que essa mudança se aperfeiçoa de forma gradativa. Inicialmente os estudos são fortemente fundamentados pela observação. Como expõe o texto 35 “*Gilbert teve todo o seu estudo e trabalho desenvolvido somente em observações dos fenômenos*” (T35Fb), mas que demonstra seu rigor na pesquisa definindo objetivos claros e investigando diferentes conjunturas para uma compreensão mais ampla dos fenômenos. Os trechos que explicitam esses elementos notam que “*Gilbert trabalhou na parte qualitativa sobre ímãs e corpos que apresentassem um comportamento magnético, Gilbert percebeu que um corpo eletrizado por uma pedra âmbar era muito diferente de um corpo magnético, com os experimentos foi descoberto que mesmo quando o ímã é dividido em vários pedaços ele nunca perde suas características. Uma de suas maiores afirmações dele é que a terra era um ímã*” (T15C) e “*observou vários materiais diferentes e suas características magnéticas; [...] Ele conseguiu entender que aqueles acontecimentos semelhantes não tinham a mesma causa*” (T21Da).

Por sua vez, as descrições dos experimentos de Oersted (século XIX) trazem indícios de um entendimento de que os processos de investigação científica foram se tornando mais metódicos e já utilizavam equipamentos mais sofisticados, “*o experimento de Oersted consistia em aproximar uma bússola de um fio de arame que unia os dois polos de uma pilha elétrica, descobriu que a agulha imantada da*

bússola deixava de apontar para o norte, orientando-se para uma direção perpendicular ao arame. Descobrindo que o efeito magnético da corrente tem um movimento circular em torno do fio" (T5G). Salientando a busca por impedir qualquer interferência de fator externo quando, no recorte "*foi feito um experimento com um fio fino paralelo a uma agulha coberta com vidro. A agulha magnética mesmo fechada no vidro foi perturbada, mas com efeito muito fraco e deveria parecer muito irregular*" (T7Cb), chamamos a atenção para o isolamento da bússola em um recipiente de vidro.

Ainda assim, é notado que os estudos de Oersted e de Faraday ainda se fundamentam apenas na observação e nos estudos qualitativos quando os textos descrevem que "*O experimento [de Faraday para compreender a atração magnética] consistia em utilizar um ímã e partículas de limalha de ferro, onde conforme o ímã se movia, as limalhas também se movimentavam, indicando a direção do campo*" (T5Hc) e "*criou também o Rotor magnético [buscando compreender as relações entre magnetismo e eletricidade descritas por Oersted], transformava energia elétrica em movimento circular (energia mecânica) - recipiente com mercúrio e barra que girava. Primeira ideia de motor elétrico*" (T21Ic). E identifica-se a concepção de que era necessário ir além do estudo qualitativo quando afirmam que "*Michael Faraday tinha um talento para tirar conclusões a partir de observações cuidadosas*" (T24Da) como se não fosse suficiente e reafirmam que "*era preciso algo para poder medir e controlar isso [os fenômenos de indução eletromagnética]*" (T25H).

Todos esses elementos demonstram que os textos apontam para uma percepção das mudanças metodológicas que direcionam os estudos científicos no decorrer do tempo. Há indícios também do entendimento da importância do rigor metodológico da ciência para constituição de um conhecimento científico válido.

A subcategoria Ciência como produção humana apresenta ainda a percepção da ação de pesquisadores na investigação dos fenômenos eletromagnéticos e da importância dos estudos de outros pesquisadores como fundamentação, ora direcionando as análises por concepções afins, ora por contraposições devido a percepções antagônicas.

A importância da distinção entre os fenômenos elétricos é um marco destacado nos textos, como salientam os trechos "*Gilbert verificou a diferença de um campo eletrizado e um campo magnético através de estudos realizados*" (T14C) e "*Gilbert se aprofundou nos estudos para comprovar que isso tinha uma explicação*

científica. Conseguiu explicar a diferença entre a pedra "âmbar" extraída da natureza assim como a pedra ímã possui característica de atração. E o ímã é algo com as mesmas características" (T1D). Essa referência aos trabalhos de Gilbert demonstra o entendimento da importância dessa diferenciação para os estudos da Eletricidade e do Magnetismo.

Entretanto, descrevem que efeitos ainda causavam inquietações que aparentavam uma relação proximal entre esses ramos da Física. Os textos apontam para o trabalho de Oersted como um processo com entraves, mas que promoveu a compreensão das relações eletromagnéticas. "*No século XIX, Oersted conseguiu provar experimentalmente, que quando uma corrente elétrica passava ao longo de um fio, surgia um campo magnético esclarecendo o efeito de uma corrente sobre um ímã*" (T13E), no entanto, essa observação não ocorre de forma simples e espontânea "*Oersted passou muito tempo desenvolvendo hipóteses para entender o motivo desta variação [desvio da bússola por raios]*" (T24Ca). Os textos também apresentam indícios de que é percebida a importância dessa relação entre Eletricidade e Magnetismo para a ciência em si e também para o desenvolvimento tecnológico, uma vez que esse conceito motivou e esteou as pesquisas (a favor e contra essa perspectiva) de vários outros nomes da comunidade científica. "*Depois desta descoberta vários outros cientistas de nome como Ampère, Faraday e Maxwell surgiram tentando alcançar o resultado inverso*" (T8Gb) e afirmam ainda que "*a partir disso [experimento de Oersted], os cientistas tiveram maior embasamento para desenvolver seus estudos, levando a novas invenções e a consequente evolução*"(T19B).

Trechos dos textos também apontam para um entendimento de que a ciência é um processo de construção coletiva, em que todo o conhecimento deve ser validado pela comunidade científica, como nota o recorte "*pesquisas semelhantes [a de Oersted] foram desenvolvidas por Ampère e logo depois por Faraday*" (T4F). Relatam que pesquisas foram direcionadas pelas descobertas de Oersted como a de Ampère que "*agrupou as descobertas de Oersted e continuou a sua pesquisa sobre o eletromagnetismo em correntes elétricas*" (T6G).

As produções mostram também que a fase de validação de um conhecimento pode levar tempo. Referindo-se ao trabalho de Oersted, um dos recortes descreve que "*seu trabalho não foi aceito de imediato. Faraday estudou o problema e defendeu a ideia de Oersted*" (T28Ic). Outros textos afirmam que

"*Faraday comprovou os estudos de Oersted*" (T23Fc) indicando que isso ocorre após investigações experimentais: "*com o experimento de Faraday, foi provado que Oesterd estava correto*" (T7G). Assinalando também que os alunos compreendem que pesquisas científicas exigem longo tempo de dedicação, como descreve o trecho "*em seguida [após os estudos de Oersted], Faraday deu sequência aos estudos e experimentos ao longo dos anos e descobriu vários fenômenos elétricos*" (T14Ha). Esses anos mostram-se repletos de obstáculos a serem vencidos como retratam os estudos de Faraday que "*após vários fracassos experimentais, que foram repetidos nos anos subsequentes até que, em 29 de agosto de 1831, ele conseguiu observar a formação de uma corrente elétrica a partir de outra corrente. Meses depois, em 17 de outubro, Faraday conseguiu obter eletricidade por meio de uma variação em um campo magnético*" (T19Db).

Os textos retratam também pontos de vista e ideias que permeiam os estudos científicos, como no caso de Faraday que "*enquanto "todos" estavam estudando o eletromagnetismo pela teoria de ação a distância, Faraday tinha uma visão completamente diferente, que era a presença de um meio entre os corpos, e a ação entre eles se dando através desse meio*" (T21K). Um indício da percepção de que a ciência não é neutra, mas direcionada pela perspectiva do pesquisador. E, da mesma forma como foi notado pelos trabalhos de Oersted, a visão de Faraday é descrita como um fator influente nos trabalhos de Maxwell que "*juntando esses princípios, Maxwell desenvolveu seu estudo sobre eletricidade e magnetismo, principalmente com ideias vindas de Faraday*" (T25Kd). Ao perceber isso, podemos afirmar que esses recortes apresentam indícios de que é percebido pelos alunos que a ciência é construída por diversas pessoas com visões e ideias diversas. Descrevem que com os trabalhos de Maxwell isso não foi diferente. Um texto relata que "*Maxwell pesquisou os matemáticos e físicos, criou quatro fórmulas matemáticas em 1880*" (T31Ia), e também que "*Maxwell fez toda a teoria do eletromagnetismo elaborando as fórmulas baseado nos estudos que já existiam dos outros pesquisadores. Ele uniu o trabalho de todos completando uns com os outros, conseguindo assim fazer toda a parte teórica do eletromagnetismo*" (T10F).

Percebe-se a compreensão de que o conhecimento científico é dinâmico e está em constante aperfeiçoamento quando afirmam que "*baseando-se nos estudos de Michael Faraday, Maxwell unificou, em 1864, todos os fenômenos elétricos e magnéticos observáveis em um trabalho que estabeleceu conexões entre as várias*

teorias da época, derivando uma das mais elegantes teorias já formuladas" (T12Ha). E essa mudança ocorre devido à diversidade ideológica da comunidade científica como quando "*Faraday não concordou [com os modelos propostos por Maxwell]*" (T26H).

Descrevem que a teoria proposta por Maxwell também passou pela avaliação da comunidade científica quando relata que "*por fim, para que todos esses estudos chegassem aos conhecimentos e aplicações de hoje em dia sabemos, sobre os efeitos elétricos e os magnéticos, foram elaboradas as Equações de Maxwell, outro estudioso responsável em elaborar equações de modo que fosse possível medir e definir níveis desses efeitos*" (T20I) e que "*Hertz conseguiu provar na prática a teoria de Maxwell*" (T31Ib).

Podemos perceber assim que os textos trazem indícios de que é entendido que a ciência é construída por pessoas no decorrer da história, que se fundamentam nas ideias de outros pesquisadores. O conhecimento científico, por sua vez, é instituído no diálogo entre diferentes perspectivas que direcionam o olhar do pesquisador sobre seu objeto de estudo.

Outro ponto percebido nos recortes é de que toda pesquisa científica demanda tempo e dedicação, assim como todo pesquisador precisa transpor obstáculos no seu desenvolvimento, não sendo esta uma tarefa simples e fácil de ser realizada. O conhecimento decorrente da pesquisa, por sua vez, deve ser avaliado pela comunidade científica, que busca garantir a sua validade. E ainda que esse seja validado, passa por modificações e aperfeiçoamentos, e assim continuará em um processo dinâmico e não linear.

Na subcategoria Contextualização da Ciência, os textos produzidos pelos alunos demonstram ainda que a curiosidade humana é um dos principais fatores desencadeadores das pesquisas científicas na procura por compreender o mundo. "*A ciência desde os tempos mais remotos guarda seus mistérios, no entanto a curiosidade humana vem para nos ajudar a desvendar os mesmos, com grandes intervalos de tempos entre uma descoberta e outra muitas vezes*" (T8A). Os estudos pioneiros com materiais magnéticos são apresentados nos textos como observações de fenômenos de atração e repulsão cuja origem era desconhecida, "*em 1296 foi realizado o primeiro estudo relacionado dos ímãs naturais [e] as pedras de âmbar. O magnetismo ainda não era conhecido ou conceituado*" (T3A) o que desencadeou a criação de "*lendas, mitos e crenças foram gerados desde as primeiras descobertas*

sobre o assunto [Eletricidade e Magnetismo]" (T8B). É importante ressaltar o destaque dado nos textos ao fato de que "*como não era um comportamento conhecido, comumente as pessoas atrelavam o efeito ao místico*" (T3C). Essa perspectiva era característica da época do estudo de Petrus Peregrino, que foi tratado durante a implementação da sequência didática, demonstrando o interesse dos estudantes pelo cenário cultural da época (século XIII). Trechos descrevem que "*muitas ou a maioria das pessoas acreditavam que não só a pedra ímã, mas também outras coisas ligadas ao eletromagnetismo, que tem como característica a atração, se tratava de bruxaria ou 'magia negra'*" (T1C) e também que "*no começo as pessoas achavam que o magnetismo era magia, pois eles não tinham conhecimento de tal fenômeno. Algumas das crenças era que o ímã atraía mulheres infiéis, e que o alho retirava o magnetismo. Logo após, em 1600, começaram os estudos e as histórias foram desmistificadas*" (T9C).

Os textos indicam uma compreensão de que a própria conceituação desses fenômenos naturais como magia foi um elemento desencadeador dos estudos de Gilbert, que demonstrou interesse por compreender esses eventos. "*Em 1600 Gilbert começou a estudar o fenômeno com a intenção de provar que não passa de um acontecimento natural. Antes de Gilbert, acreditava-se que rochas poderiam atrair madeiras, carnes, até mesmo construir navios com pinos de madeira, pois se acreditava que montanhas poderiam atrair pregos de navios*" (T4B). Observando o fenômeno por meio de experimentos, "*Willian Gilbert, após muitas experiências, [...] provou que não existia esse algo mágico e mostrou a diferença do Magnetismo da Eletricidade*" (T10Bb), ainda assim, é percebido nos textos que suas análises e interpretações dos fenômenos não foram suficientes para ocasionar uma nova compreensão dos fatos pela comunidade leiga, como mostra o recorte que expõe a visão das pessoas na época, referindo-se aos estudos de Gilbert, "*no qual eles [âmbar e imã natural] apresentavam atração por razões diferentes, as pessoas ainda não acreditavam nisso*" (T15B).

Entretanto, é notado nas produções textuais que há a consciência de que o desenvolvimento desse estudo sobre o Magnetismo "*foi fundamental na ciência e na navegação*" (T28Da). No entanto, esse mesmo cenário das navegações, a partir do século XV, suscitou a busca por *"entender o funcionamento da bússola. Também, o efeito de corrente elétrica se tornava item de pesquisa*" (T30C), uma vez que nesse período, navegadores observaram que "*quando nas navegações, no ambiente de*

tempestades com descargas elétricas fortes provindas dos raios, as bússolas mudavam de sentido" (T32Cb). Assim, Oersted aparece nos textos como um dos cientistas que, analisando os fatos, solucionou "*um grande problema na navegação. Em uma tempestade a bússola começa a oscilar, deixando o marinheiro sem localização. Foi descoberto, então, que os raios têm influência sobre o magnetismo da bússola*" (T1E). Esse evento fomentou Oersted e outros estudiosos a investigarem o fenômeno e "*tinham como função fazer uma relação entre corrente elétrica e campo magnético*" (T34H).

Toda a conjuntura provocadora dos estudos sobre essa relação entre Eletricidade e Magnetismo aparece de forma muito marcada nos textos, que expõe uma compreensão da relevância desse feito "*a ligação entre magnetismo e eletricidade foi finalmente encontrada pelo professor dinamarquês da Universidade de Copenhague, Hans Christian Oersted, que, em 1819, observou que a agulha de uma bússola ao se aproximar de uma corrente elétrica mudava sua direção. Se a agulha magnética da bússola é guiada por um campo magnético, somente a existência de um campo como esse na corrente elétrica explicaria o fato. Assim, Oersted constatou que os dois fenômenos não são independentes, mas que um está no outro. Assim, nasceu o eletromagnetismo, que une as duas ciências que antes existiam isoladamente*" (T19A).

Esse ramo da Física é exposto nos textos produzidos pelos alunos como uma área de pesquisa que passa a ser investigada em vários lugares do mundo nos séculos seguintes aos estudos de Oersted. "*No século XIX, as pesquisas mais importantes sobre eletricidade e magnetismo estavam sendo feito na Alemanha: por exemplo, Weber, Newton eram baseados na teoria de ação à distância*" (T27Ia). E descrevem como os diversos pontos de vista influem na sua perquirição, "*nessa época, acreditavam no princípio de ação à distância, mas para Faraday partia de algum meio*" (T21I). Ao relatar que visão de Faraday sobre os fenômenos eletromagnéticos, os textos apontam que há consciência de que a ciência se produz em um conjunto de ideias e perspectivas distintas, que direcionam as análises dos cientistas. "*Faraday adotou uma ideia diferente na Inglaterra: admitiu a presença de um meio entre os corpos, e a ação entre eles se dando através deste meio de uma porção a porção contígua*" (T27Ib). O objetivo de Faraday era "*explicar como funcionava a posição ou forças entre campos*" (T28Fa), e os trechos mostram que há indicadores do entendimento do complexo processo de criação do conceito de

linhas de força na exploração experimental, desencadeada por esse problema, quando afirma que "*a preocupação de Faraday era explicar como se dava a transmissão de forças elétricas entre corpos, onde após experimentos, ele começou a pensar na possibilidade de que a transmissão de forças poderia ser regida pelo conceito de linha de força, onde pode observar a distribuição espacial da força elétrica, por exemplo, com limalha de ferro*" (T20G). O desenvolvimento do motor de Faraday também decorre da sua busca por entender as relações eletromagnéticas. Essa busca pela compreensão dos fenômenos e sua demonstração como agente provocador da exploração científica fica clara no trecho "*o objetivo de Faraday era a construção de [...] motor com finalidade de demonstrar a interação eletromagnética*" (T32Ga), no qual demonstra a indução eletromagnética que possibilita a formação de correntes elétricas a partir de um fluxo magnético variável. A visão de Faraday sobre o fenômeno é descrita "*com o estudo dos ímãs Faraday acreditou que havia microespiras no seu interior, estudou sobre o rotor magnético, dando origem ao primeiro motor elétrico*" (T6Ha).

A importância desse fenômeno para o desenvolvimento tecnológico é salientada nos textos, que afirmam que "*este é o efeito mais importante da corrente elétrica [referindo-se a relação entre Eletricidade e Magnetismo], constituindo-se a base do funcionamento dos motores, transformações, relés, etc.*" (T12Ea) que são utilizados atualmente. Isso revela que há uma percepção de que a ciência e o desenvolvimento tecnológico desencadeado por ela não é um processo linear, mas um movimento de idas e vindas, cuja curiosidade humana e a conjuntura histórica atuam como agentes propulsores da investigação científica.

Fortemente fundada na observação e na exploração pelos sentidos humanos, os primeiros estudos sobre os fenômenos eletromagnéticos são feitos por experimentos rudimentares, como apresenta a subcategoria Epistemologia da Ciência. Elementos indicativos dessa perspectiva epistemológica são retratados em vários textos, como no recorte que descreve a pesquisa de Petrus Peregrinus sobre a pedra-imã: "*esta conclusão chegou depois de alguns experimentos feitos com pedras, onde se observava o polo norte e o polo sul*" (T5Ac).

Um busca por rigor metodológico de forma a garantir a autenticidade do conhecimento científico e a análise neutra e imparcial é descrita nos estudos de Gilbert, o que mostra que se entende essa perspectiva de que a ciência deve ser desenvolvida sobre critérios metodológicos rigorosos para garantir sua validação e

fidedignidade. “*Gilbert foi o primeiro a aplicar métodos científicos no estudo do magnetismo*” (T14Fa), no entanto, inicialmente seus estudos ainda se fundavam na experimentação e na observação a partir de uma visão positivista. O recorte afirma que *“[Gilbert] começou a desenvolver suas próprias teorias e com experimentos conseguiu concluir que havia algum tipo de interferência nos ímãs devido a corpos eletrizados*” (T25Bb).

No entanto, há indicativos de uma percepção de um progresso nos métodos experimentais, que já utilizam de equipamentos menos rústicos: “*no século XIX, Oersted conseguiu provar experimentalmente que, quando uma corrente elétrica passava ao longo de um fio, aparecia um campo magnético, esclarecendo o efeito de uma corrente sobre um ímã e provou que as correntes elétricas se atraem ou se repelem mutuamente, descrevendo também as leis que regem o fenômeno*” (T14G), outro trecho também apresenta que “*após os experimentos de Cristian Oersted foi possível verificar que eletricidade e magnetismo tinham sim uma relação. Em seus experimentos, Oersted pode comprovar que um fio percorrido por uma corrente elétrica gerava a sua volta um campo magnético*” (T20Fa). O relato sobre os estudos de Faraday também contribuem para entender que as atividades experimentais e a observação constituem a base para investigação dos fenômenos físicos. Os textos afirmam que “*Faraday [...] criou um experimento utilizando dois condutores elétricos separados por um meio isolante, a partir daí ele começou a observar como as partículas se movimentavam, observou que quando os condutores transmitiam energia, as partículas se polarizavam, e quando retiravam, elas relaxavam, a partir disso foi criado o conceito de tensão elétrica*” (T15Fb). Após essa análise, ele iniciou novos experimentos na busca de uma melhor compreensão dos fenômenos eletromagnéticos. “*Em 28 de dezembro de 1824, ele fez uma experiência que iniciou [esse] caminho para a descoberta da indução magnética*” (T19Da).

É importante ressaltar que a concepção do “fazer ciência” é mutante, ainda que hoje a Física se funde também na experiência. No recorte “*nessa época não tinha a necessidade que se tem hoje da matemática e da física*” (T21E) é notável a percepção de um posicionamento metodológico que sofreu mudanças no decorrer da História da Ciência. Os textos descrevem que, nos primeiros estudos sobre os fenômenos eletromagnéticos, “*até então todos esses estudos eram teóricos[5], realizados somente por meio de observações e experimentos, mas não continham nenhuma fundamentação matemática*” (T35M), mas entende-se que essa concepção

muda no processo de desenvolvimento científico para uma nova perspectiva epistemológica que carrega o rigor matemático para a exploração dos fenômenos da natureza. "*Os físicos matemáticos, geralmente da Alemanha, tiveram as mesmas ideias e teorias que Faraday, porém, com princípios matemáticos, fórmulas e etc.*" (T25Kc), essa relação entre a física e a matemática fica representada no reconhecimento do trabalho de Maxwell que "*O último relato nas apresentações se dá para homenagear Maxwell, responsável por provar matematicamente os estudos anteriores, equações básicas da física e descobertas*" (T30Ia), outro texto afirma que "*[Maxwell] comprovou através da matemática*" (T17F) e unificou as teorias de Ampère, Gauss e Faraday sobre o Eletromagnetismo. Essa percepção é de suma importância para compreender que a matemática Fundamenta a Física, não sendo apenas uma ferramenta algébrica, mas sim o alicerce de conceitos e teorias elementares do Eletromagnetismo, como as Ondas Eletromagnéticas.

A Teoria de Maxwell por sua vez, assim como todo conhecimento científico foi validada pela comunidade, como descreve o trecho "*em 1880, foi oferecido um prêmio a quem conseguisse provar experimentalmente que Maxwell estava certo, quem conseguiu isso foi Hertz*" (T21M), que expõe a importância da experiência na Física, e que perdura até os dias atuais.

Indícios de compreensão da concepção de modelos aparecem nos textos quando esses descrevem as diferentes representações da realidade propostas pelos diferentes pesquisadores, como observamos na subcategoria Modelo Científico. A descrição da Terra como um grande imã proposta por Gilbert e a constituição dessa formulação a partir dos estudos anteriores sobre as "pedras magnéticas", por exemplo, é um modelo científico descrito pelos alunos nos trechos "*eles chamam cada extremidade da pedra de ponto norte ou sul, justamente pelos polos norte e sul da Terra. Esse foi o primeiro estudo organizado*" (T21Bb) e que "*Gilbert afirmou com seus estudos que a Terra é um imenso ímã*" (T31C).

Essa concepção de modelos se estende também para o entendimento da representação de campos por linhas proposto por Faraday, quando os textos apontam para a percepção de como esse conceito foi construído. A descrição desse processo de elaboração de uma ideia que esteou o modelo a partir do "*o experimento das limalhas de ferro e o ímã, observou-se que havia a formação de linhas*" (T6F) em que "*as limalhas de ferro conseguem indicar a direção do campo, separando em linhas. O motivo de separar as linhas é porque as linhas não tem fim, assim ocorre à separação*

de limalhas. O campo magnético age de forma instantânea, definiria como linhas de indução, e são direcionadas do polo norte ao sul" (T7E). Recortes ainda apontam para uma compreensão da diferenciação desse modelo criado por Faraday em relação a outros modelos como o de ação à distância, "*Faraday introduziu o conceito de campo, a partir da noção de linhas de força, em substituição ao conceito de ação à distância, que prevalecia até então [...], uma espécie de linhas elásticas que se estendiam no espaço a partir de ímãs ou de corpos eletrizados, ou de fios condutores, e que podiam ser distorcidas*" (T12F) e demonstram compreender que os modelo também sofreu aprimoramentos a medida que a ciência se constitui, "*o conceito de linhas de força, que fisicamente não existe, que para a época acreditava ser algo real (palpável)*" (T2F).

Outro fator indicativo de compreensão da constituição de modelos e de sua importância para o desenvolvimento científico é a descrição sobre os estudos da corrente elétrica. Não aparece nos textos nenhum indício de que há entendimento de que no período em que esses estudos foram realizados, não se tinha o conhecimento da estrutura da atômica, e que esse desconhecimento está diretamente envolvido na construção das representações da corrente elétrica da época. "*Assim, através da convenção definiu que as cargas saem do polo positivo para o negativo*" (T13Fc), mas em outro recorte entende-se que o sentido "*real [ocorre com o movimento da] carga negativa para o positivo*" (T21Jb).

O modelo de formação de linhas de campo magnético em torno de fios condutores por Ampère também aparece, mas indicando um artifício para determinação de seu sentido que até hoje é ensinado em livros e nas escolas de nível médio, como a "regra da mão direita" para campo elétrico em condutores retilíneos: *"descobriu também que um fio condutor gera campo magnético, mas somente quando há carga em movimento, ou seja, corrente elétrica. E quando o sentido da corrente é invertido, a polaridade do campo magnético também se inverte. Com isso criou-se a regra da mão direita, onde o polegar aponta para o sentido da corrente e os demais dedos, fechados, indicam o sentido do campo*" (T11E).

Na subcategoria Construção do Conhecimento, vários textos descrevem os primeiros estudos sobre as pedras magnéticas que tratavam de descrições sobre suas características físicas e seu comportamento, como relata o recorte "*uma espécie de ímã natural, mais conhecido como pedra ímã. Uma pedra com coloração*

azulada e polida, que possuía uma forte atração metálica" (T1A). As descrições desses estudos são muito próximas da forma como os alunos descrevem os objetos de estudo e os fenômenos observados pois retratam o que é observado por meio dos sentidos humanos, como a atração e repulsão também entre corpos magnéticos "*observações com relação ao seu comportamento diferente, a qual quando colocada perto de outras iguais causava atração ou repulsão*" (T23Aa).

Como foi verificado na análise dos questionários, os alunos têm dificuldade de diferenciar fenômenos elétricos e magnéticos, fato que também ocorreu com os pesquisadores do eletromagnetismo que inicialmente também não conseguiam perceber as diferentes naturezas desses fenômenos, essa dificuldade é apontada na afirmação de que havia uma "*confusão entre os ímãs e os corpos eletrizados*" (T2C), o que desencadeou uma investigação realizada por Gilbert na busca de indicadores da origem desses fenômenos. "*Então Gilbert fez vários testes com ímãs e diversos trabalhos foram feitos a partir do que ele observava sobre o magnetismo*" (T34Ca) e "*através de experimento relacionado à quebra do ímã, onde continuam com seus extremos com polaridades opostas. Onde analisou que a umidade interferia na elétrica e não no magnetismo*" (T32Bb), ou seja, "*[corpos] eletrizados não possuem polo norte e sul se dividido, e que então, as cargas predominantes que fornecerão as características. Em um ímã não interfere nada se ele estiver úmido, já se o corpo estiver eletrizado a umidade interfere*" (T21Db). Os textos apontam para uma compreensão de elementos simples que possibilitaram que Gilbert expusesse "*a diferença entre os fenômenos elétricos e o magnetismo, dando origem a estudos separados*" (T8F). As atividades experimentais que levaram a essa conclusão se mostram como situações e observações que muitos alunos relataram já terem presenciado como "*ele notou também que se cortasse um ímã ao meio, ainda assim teria dois ímãs. Analisou também a interação dessa pedra com outros materiais e formatos. Por meio destas observações, Gilbert entendeu que os fenômenos de eletricidade e magnetismo tinham semelhanças, mas causas diferentes*" (T35E).

Recortes também mostram que concepções errôneas também ocorrem no mundo cientifico, como o caso das linhas de força de Faraday, originado da ideia de que havia a transmissão dos efeitos elétricos e magnéticos por meio uma ligação material (fluidos). Os textos mostram uma consciência de como as observações dos experimentos constituíram essa ideia de propagação por meio de linhas de um material transmissor uma vez que promove a formação de linhas compostas por

matéria (limalha de ferro) "*Faraday comprovou que esta interação se dava por um meio, meio este que denominou linhas de força. [...] Quando o ímã é aproximado das limalhas, elas se posicionam de uma maneira tal, que pode se enxergar com total entendimento as linhas, que vão de um polo a outro do ímã. O ímã possui um campo magnético mais forte em suas extremidades, pois ali a concentração de linhas de força é maior que no restante do seu corpo*" (T35J).

Apenas um dos textos traz um relato que não foi tratado durante a implementação da sequência didática "*Diz-se que um pastor grego chamado Magnos teria descoberto um determinado tipo de pedra que atraía a ponta do seu cajado, e em homenagem a ele a pedra teria se chamado magnetita, de onde derivam as palavras magnéticas e magnetismo*" (T8C), mas que também é um indicador de que os estudos pioneiros do magnetismo decorrem de observações e relatos a partir das percepções sensoriais do espectador. Isso ocorre pelo fato de que os estudantes ficaram livres para buscar informações em outras fontes para complementar seu entendimento sobre as temáticas discutidas durante a implementação.

Na subcategoria Formação do Indivíduo Crítico, os textos trazem indícios de um posicionamento dentro dos estudos e discussões realizadas durante a implementação, a partir de afirmações que podemos entender como indicativos de que admitem a perspectiva dos cientistas colocando-se em concordância com tais pensamentos. Um exemplo é dado pela afirmação no trecho "*o funcionamento da bússola está relacionado ao magnetismo que por sua vez é influenciado pela eletricidade*" (T32Ca) que traz um assentimento de que a bússola funciona devido a suas características magnéticas, mas também consente que a eletricidade pode gerar efeitos magnéticos que interferem no seu funcionamento.

Os textos apontam para uma anuência para com a teoria de que há uma relação entre eletricidade e magnetismo defendida por Oersted, o "*efeito elétrico não tem a mesma causa que o efeito magnético, mas estão relacionados*" (T28Eb). E que concordam com a explanação do fenômeno da indução eletromagnética quando afirmam que "*os elétrons tem que estar em movimento, ou seja, se não tiver corrente não tem magnetismo*" (T1F) e entendem que esse fenômeno possibilita o funcionamento e o desenvolvimento de tecnologias como o "*o motor funciona devido à pilha fornecer energia elétrica o que resulta em uma variação de campo magnético*" (T1F).

Há também indicativos de uma compreensão de que os conhecimentos científicos estão em contínuo aprimoramento no trecho "*hoje em dia temos vários tipos de motores, embora o conceito inicial tenha demorado séculos para ser melhorado e modernizado*" (T8J).

Também mostra que dentre os cientistas houve posicionamentos diferentes que por vez foram revistos como no trecho "*mais tarde pode-se observar que fenômenos que ele acreditava que não estavam interligados tinham ligação*" (T34Cb) que se refere aos estudos sobre Eletricidade e Magnetismo de Gilbert. Essa percepção é um elemento importante para compreensão do fazer científico, em que o cientista se posiciona criticamente diante das diversas teorias e modelos científicos que são fundamentos para suas pesquisas e direcionam suas investigações.

A publicação dos estudos com a descrição de suas análises e perspectivas é um algo indispensável para constituição da Ciência e sua divulgação. Muitas vezes voltada para um público seleto, há também materiais de divulgação com linguagens menos rebuscadas que visam à socialização do conhecimento científico.

A comunicação sobre leis, teorias, modelos ou mesmo ideias fundadas em estudos científicos proporcionam sua validação pela comunidade especializada. Essa legitimação do conhecimento é um dos elementos que conferem fidedignidade para a pesquisa. Na subcategoria Divulgação Científica, os textos demonstram ter a percepção de que desde muito tempo as observações e análises científica eram publicadas para que os interessados, especialistas ou não, tomassem conhecimento sobre o fazer ciência sob diferentes ópticas. "*Oersted publicou um trabalho que defendia a ideia de que a corrente elétrica passando por um fio condutor produz um efeito magnético circular ao redor do fio*" (T28Ia) e "*as publicações dele [Oersted] se somaram a de outros para entender sobre Eletromagnetismo*" (T30Gb). Esses recortes apontam que há uma compreensão de que as produções textuais de Oersted que difundiram as suas concepções sobre a relação entre Eletricidade e Magnetismo, o que amparou a pesquisa de outros cientistas e a sequente veiculação de publicações sobre a temática.

Os textos destacam ainda que outros trabalhos de Faraday que "*escreveu um trabalho chamado Considerações sobre as Vibrações dos Raios, onde indagava se a luz não seria um tipo de vibração nas linhas de força*" apontando para que a divulgação de forma escrita registram as pesquisas realizadas e que podem fazer se

tornar referência para o estudo de outros estudiosos como ocorre "*na casa de Maxwell, o livro Pesquisas Experimentais em Eletricidade de Faraday passou a ser considerado o texto definitivo*" (T22B).

Na subcategoria Opinião sobre aprendizagem, percebe-se na fala dos entrevistados, que o tema trabalhado pela equipe que participava foi mais bem compreendido, como aparece no recorte "*Eu lembro bastante a minha parte*" (E1A). Isso é justificado pelos sujeitos pela necessidade de um estudo e leitura para que compreendessem os temas para apresentarem para os colegas, o que também implicou na busca por mais informações em diferentes fontes. Podemos observar essa justificativa nos trechos "*A minha parte, porque eu estudei e li aquilo, ficou bastante gravado*" (E1C), "*Eu tenho prestado mais atenção por ser algo diferente que fez com que eu aprendesse mais. Às vezes uniu o meu conhecimento, até por conta que foi tirado dúvidas antes da apresentação, com o próprio professor e ter pesquisas aleatórias como livros, internet, enfim... Eu acho que abriu um pouco mais o campo*" (E2Gb) e "*Porque se você tem que apresentar, você tem que estudar aquilo. Então de alguma forma você acaba aprendendo um pouco mais sobre aquilo porque você tem que passar essa informação para as outras pessoas*" (E4B).

No entanto, é relatado nas entrevistas que as temáticas mais teóricas tratadas pelas outras equipes não constituiu uma aprendizagem, uma vez que não são lembradas de forma significativa pelos participantes "*eu vou confessar para você que eu não lembro muito bem porque eu lembro que era mais teórico*" (E1Fa). Aquelas que dispunham de uma prática experimental, se mostram mais marcantes para os alunos entrevistados, principalmente entre as equipes que se posicionavam mais próximas no espaço da sala de aula como é dito no trecho "*O segundo grupo que foi o que apresentou a maquete, ficou bastante gravado também porque estava próximo. Era um grupo que estava próximo e é bastante visual*" (E1E). Essas atividades que permitem uma visualização dos fenômenos físicos e que proporcionam uma dinâmica diferente são apontadas pelos estudantes como fatores que auxiliaram a aprendizagem dos conteúdos, como registram os recortes "*Quando a gente esta no dia a dia ali, tem muita matéria que a gente aprende para passar. Você vai lá e estuda... eu sou muito visual. Eu pelo menos. Então, como é que eu estudo geralmente: eu abro o caderno, eu dou uma olhada e 'é isso!', é muito visual. E aí eu fecho, chega na hora da prova, fecho o olho e penso 'é o caderno.' E aí eu começo a ver o que eu escrevi. Então, dessa forma, eu achei que a gente... O que*

eu aprendi ficou melhor gravado. Acho que vou levar por mais tempo." (E1L) e "*por ser uma aula dinâmica, você acaba guardando uma coisa ou outra, aprendendo uma coisa ou outra diferente. Então, ali na aula, é uma aula que se torna mais proveitosa, assim, em questão de aprendizado."* (E3Ea).

Essa relação entre a atividade experimental como atividade marcante é explanada por Galiazzi e Gonçalves (2004) pelo fato de ser motivadora porque os estudantes veem algo diferente da sua vivência diária. No entanto, destacam que a realização de experimentos possibilitam a emergência dos conhecimentos pessoais dos integrantes da equipe, e a construção de argumentos durante uma discussão. A atividade experimental desestabiliza o conhecimento do aluno, mas permite que o aluno não aprenda apenas a teoria, "mas também como se constrói o conhecimento científico em um processo de questionamento, discussão de argumentos e validação desses argumentos" (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004, p. 331).

Apesar disso, os conteúdos cuja abordagem era mais teórica e que não foram trabalhados pelas equipes das quais eram participantes, foram descritos como de difícil compreensão como é expresso na fala *"[Quando foi perguntado sobre o princípio de funcionamento dos motores e geradores] Isso eu não vou conseguir. Isso eu não vou nem tentar porque isso era complexo, eu me bati bastante para entender isso..."* (E1ε), ou foram em muitos pontos esquecidos apontando para uma aprendizagem pouco efetiva e cuja memória foi pouco significativa para os entrevistados, "*Você fala, parece que fica muito próximo, mas não consigo lembrar*" (E1γ), mas ressaltam que o contexto geral dos conteúdos é memorável "*Eu comentei contigo, por exemplo, que eu não me lembrava de nada. Mas quando você pára para pensar, fala que 'não, eu lembro o contexto em geral'.*" (E1K).

Todos os relatos de mudanças de concepção ocorrem com a reflexão sobre o fato de a bússola sofrer desvios devido a raios em tempestades. Na subcategoria Mudança de conceito devido à reflexão durante a entrevista, os entrevistados demonstram compreender a criação de campo magnético em virtude da descarga elétrica após refletirem sobre as observações de Oersted, como retrata o recorte "*para mim, o segundo, já faz mais sentido. [pensando nas causas do desvio da bússola próximo a um raio: a primeira hipótese seria o aquecimento como causador, a segunda hipótese estaria relacionada à observação de Oersted]*" (E4Pa). Essa mudança de pensamento é descrita no trecho "*mas daí pensando assim, eu já vou negar o que eu falei por primeiro. Porque eu falei da bússola. Se for pensar assim,*

tem essa movimentação de elétrons. Tanto elétrico quanto magnético. Então, agora eu vou ter que voltar atrás no que eu falei! Pensando assim, então, tem! Tem ligação, sim! [referindo-se a relação entre eletricidade e magnetismo]" (E3β) e é justificado "*porque se você for ver, o raio não deixa de ser uma corrente elétrica. Porque... [...]Então, é uma descarga elétrica. Então, tem... tem haver sim, mas como... Não sei se seria o aquecimento, mas se fosse pela corrente que gera, acho que...*" (E4Q).

Esse movimento de reflexão demonstra como é importante para a aprendizagem desenvolver momentos de questionamento, problematização e confronto entre ideias, no qual o estudante se depara com crises em suas concepções e busca novas perspectivas. Um processo similar ao modelo kuhniano de evolução da Ciência.

Ainda que tenha compreendido e observado os fenômenos descritos por Oersted em sua experiência, o entrevistado não concebe a influência de um campo magnético gerado pela corrente elétrica sobre a agulha da bússola "*se você for avaliar isso [referindo-se as observações de Oersted], tanto o raio quanto o fio, ele conduz corrente elétrica. Então, assim, nos testes deles, então influencia. Mas na minha ideia, não! Na minha cabeça não entrou isso que influencia...*" (E3V). Observamos então nesse trecho que ainda que o movimento de reflexão e o confronto de ideias tenha permitido que o estudante compreende-se os conceitos físicos envolvidos, esse se posiciona contrário à perspectiva científica. Esse trecho (aqui descrito para que o contexto no qual foi produzido seja melhor entendido) é mais um indicativo da Formação do Indivíduo Crítico (subcategoria já descrita anteriormente).

Em uma última subcategoria, Relações entre as diferentes áreas da Física, a fala de um dos participantes traz indícios de entendimento da interpelação entre os diferentes ramos da Física, como no trecho "*estou pensando, porque quando você falou do aquecimento eu já pensei em dilatação. Não, mas ela mexe. Não é uma... [pensando na hipótese de que o aquecimento da agulha da bússola pelo raio como causa do desvio observado pelos navegadores do século XV]*" (E4M) em que observamos a relação do aquecimento decorrente a uma descarga elétrica e o efeito de dilatação devido à elevação da temperatura.

Diante de todos esses elementos, percebemos na categoria sobre Aprendizagem indícios do desenvolvimento de uma visão mais adequada sobre a

Ciência e seu complexo processo de constituição na história. A edificação da compreensão de uma Ciência mutante, construída por seres humanos coletivamente, e fortemente influenciada pelas qualidades subjetivas desses sujeitos mostra que os conhecimentos científicos são produzidos a partir de interpretações e criação de modelos que visam representar a realidade. Dessa forma, possibilita o estudo e a compreensão dos fatores evolvidos em um fenômeno físico. Assim como possibilita o aperfeiçoamento e a criação de novas teorias que possam alimentar a produção científica.

Essa perspectiva se mostra de acordo com o modelo epistemológico de Kuhn, no qual a Ciência se fundamenta em pensamentos e conhecimentos que guiam o fazer científico (paradigmas) dos pesquisadores, visando aperfeiçoar e garantir o progresso tecnológico e atender às demandas sociais. No entanto, a compreensão de uma construção humana a partir de interpretações e modelos, dá a este conhecimento um caráter dinâmico e mutante, sujeito a correções e substituições diante de falhas e incoerências (anomalias). Em alguns casos, é necessário uma revisão dos conhecimentos e pensamentos hegemônicos visando um novo olhar para a ciência (Revolução Científica). Cada perspectiva histórica da ciência infere diretamente nos métodos e formas de fazer ciência. Essa percepção é importante para que a adoção de algum método em detrimento de outro, e a busca pelo rigor nos procedimentos, permita a fidedignidade científica.

A HFC apresenta ainda indicadores de que a contextualização da Física apresenta não apenas as características e necessidades do período histórico em que o conhecimento foi produzido, mas suas tecnologias, cultura e interesses. Esses elementos estão intimamente ligados às motivações do fazer ciência, pois justificam as investigações e concepções científicas desenvolvidas. Essa descrição apresenta ainda as mudanças na forma da divulgação científica e da validação por seus pares.

O entendimento de todo esse processo é importante para a formação do Engenheiro: para o seu entendimento do fazer ciência e do seu papel nessa produção; para a exigência de um posicionamento crítico diante das diversas teorias ao refletir e buscar argumentos em defesa de um ponto de vista; como também para o desenvolvimento de tecnologias e procedimentos, visando o bem estar social e o progresso econômico do país.

Além dessas contribuições já previstas pelas pesquisas da área, os alunos relatam que a atividade promoveu uma aprendizagem mais marcante para os alunos

diante da necessidade de uma postura mais ativa na busca por mais conhecimentos complementares ao tópico de estudo estipulado. E também pelo fato de terem a possibilidade de observar e manipular instrumentos para investigar os fenômenos experimentalmente, dando um caráter mais concreto ao estudo. No entanto, a sequência didática desenvolvida e a abordagem da HFC não propiciou um aprendizado satisfatório dos conteúdos mais abstratos ou com bases mais matemáticas. Ainda assim, esse fator adverso não está atrelado à fundamentação do processo de ensino-aprendizagem do conhecimento científico na HFC, mas sim na forma como as atividades que compõe a sequência didática foram implementadas, uma vez que visávamos um ensino qualitativo do Eletromagnetismo e não houve uma exploração mais aprofundada do caráter matemático e de suas estruturas nas teorias da Física. Esse fator limitador foi definido a partir dos pré-requisitos para a disciplina. No entanto, é possível reestruturar essa proposta para adentrar melhor nessa perspectiva matemática desde que os estudantes tenham os conhecimentos fundamentais para o estudo. Conceitos, modelos e teorias de embasamento matemático exigem que os alunos tenham uma base mais sólida de conhecimentos matemáticos para os desenvolvimentos e abstrações necessárias para tal exploração.

5.1.2 Ensino

A categoria Ensino apresenta a perspectiva dos estudantes sobre a forma como a sequência didática foi implementada. Essa categoria se subdivide em 5 subcategorias menores, como mostra a Figura 4.

FIGURA 4 - CATEGORIA ENSINO.

FONTE: A autora (2017).

Sobre a metodologia da sequência didática implementada, os entrevistados contam que a sequência didática foi interessante pelo fato de constituir um trabalho único construído por toda a turma "*Então, é um trabalho só, específico. Seria um adendo, um trabalho só. Achei interessante por isso*" (E2B). Esse trabalho, por sua vez, "*foi um histórico, assim. Cada um apresentou uma coisa que puxava a outra. Então, a gente foi numa sequência em que o primeiro, daí o segundo ia lá e complementava... E complementava até fechar o contexto*" (E4D). Essa composição de trabalhos para proporcionar uma visão geral do complexo processo de constituição do Eletromagnetismo promove o entendimento das relações entre os estudos teóricos e estudos experimentais. Destacam como a temática da outra equipe dá sentido ou completa os diferentes temas, "*E aí você começa a fazer ligação com o Eletromagnetismo a partir do momento em que a outra equipe [refere-se à Experiência de Oersted]*" (E1B) e também é citado o experimento com o imã descrito no texto de Petrus Peregrinus "*O que acaba facilitando o aprendizado. Aquela experiência do imã... Que o imã com a Terra*" (E3F).

Os fatos de que as equipes precisavam discutir e buscar compreender os conceitos, leis, teorias e modelos descritos nos textos e experimentos tratados para apresentar são indicados pelos sujeitos entrevistados como "*A vantagem é que ela*

se torna mais dinâmica, te obriga a ler. Obriga-te a interagir com os outros alunos, isso faz com que fica um dia que fica bem guardado" (E3I) e que promove uma busca por mais informações sobre o tema para que "*Coloca na turma o interesse em aprender aquilo. Como? Pesquisando, trabalhando em cima do material*" (E1Ga). Há indícios de que essa sequência promove o desenvolvimento da autonomia do estudante na construção do seu conhecimento, "*Além da pesquisa ali no próprio... Que a professora deu, o documento, ali... E para apresentar aquele documento. Mas mesmo assim, eu e o meu colega da dupla fomos procurar fora... Pesquisa em paralelo, em livro e pelo próprio meio da internet para implementar mesmo o conhecimento. Isso a mesma coisa com os demais*" (E2D). Esse processo decorre, segundo os entrevistados, devido à curiosidade por compreender as temáticas subsequentes "*Era um mesmo assunto só, dividido em n partes. Aí você lia... E leu aquele contexto, mas não entendeu 'Ah, mas por que é assim? Ah, não. Está na parte do próximo conecto!' Aí, ou pesquisa fora... [....] Às vezes vai do interesse do aluno de procurar fora. 'Ah, não... Não vou esperar a apresentação...'*" (E2J). Esse fato de desencadear uma necessidade de procurar informações para entender os assuntos que estão associados é citado como uma limitação, entretanto, a forma como a sequência foi desenvolvida é bem avaliada pelos estudantes, ainda que tenha permitido que ficassem lacunas na aprendizagem "*Eu achei que foi bem trabalhado. Nós utilizamos o laboratório, fizemos atividades diferentes... Algumas atividades eu chego lembrar, assim, a gente trabalhando em sala, e tal, [...] Eu achei que foi, assim, bem dinâmico*" (E3A).

O trabalho em equipe é visto pelos entrevistados de duas formas distintas. Apenas um dos entrevistados destaca o fato de que o grupo pode proporcionar uma discussão sobre a temática a partir de diferentes perspectivas, uma vez que um grupo é formado por indivíduos distintos, com diferentes opiniões e conhecimentos, o que pode promover uma reflexão sobre o tema. "*Eu acho bom atividade em grupo. Eu gosto de separar, cada um faz uma coisa e depois junta tudo, porque cada um tem uma ideia diferente. Eu acho que trabalhar em grupo é bem melhor que trabalhar individual. Principalmente porque a gente juntou as turmas. Então não era só a mesma turma que estava junta. E tinha gente, no meu grupo, por exemplo, era Engenharia Química, e tinha gente de outras turmas [referindo-se a outras engenharias]. Acho que era Produção e Mecânica.*" (E4A). Observamos também o

destaque à delegação de tarefas aos integrantes do grupo como uma forma de organização coletiva.

De forma mais geral, a visão dos outros entrevistados é contrária a de realização de trabalho em equipe. Afirmam que as equipes se formam em "panelinhas" de acordo com o grupo de pessoas com que já possuem afinidade "*a turma automaticamente procura os seus grupos, por afinidade*" (E1O) e que "*quando é o seu grupo desperta mais interesse, do que quando é o dos outros*" (E1H). Contudo, relatam que há uma dispersão da atenção quando se trata do trabalho das outras equipes como é dito nos trechos "*eu sou uma pessoa que não gosta de fazer muito trabalho em equipe por causa disso. Quando você faz, você foca naquilo, você acaba aprendendo mais. Quando você faz trabalho em grupo, em equipe, com outros grupos apresentando, você acaba não prestando tanta atenção, foca mais na tua parte, por exemplo, do teu trabalho, e os outros grupos você... É 'aula vaga'. Hoje é o outro grupo que vai apresentar, você acaba focando em outras atividades... é dispersando*" (E1I) e "*o grupo ficou distante e isso acaba dispersando um pouco a atenção*" (E1Fb).

Outro ponto negativo do trabalho em equipe descrito nas entrevistas é de que o trabalho acaba sendo desenvolvido apenas por alguns integrantes do grupo, enquanto os outros integrantes não participam da atividade, como é dito no trecho "*como era um trabalho em grupo, eu lembro que eu e mais um, que era o [nome do colega] que focamos nisso e até foi nós dois que apresentamos. E o resto só fica conversando*" (E3J).

Os entrevistados sugeriram três melhorias no planejamento das atividades para a sequência didática que podem ser consideradas para estudos futuros. Um dos entrevistados recomenda que os todos os temas sejam trabalhados por todas as equipes "*todas as equipes tinham que ser envolvidas nessa atividade*" (E1N) para que todos se aprofundassem em todas as temáticas tratadas. Já os outros entrevistados sugerem explorar mais as atividades de caráter experimental como é destacado nos trechos "*eu acho que toda atividade prática, ela faz com que você... Interaja mais, e tal. Então, assim, em todas as matérias eu sinto muita falta, muita necessidade, de trabalhar isso na prática*" (E3P) e "*abordar alguma coisa prática? Ao invés de a gente ter um texto, a gente trabalhava em cima de um texto e apresentava, a gente fazia uma parte prática e... Mostrando como que funciona para as pessoas*" (E4G). Ressaltam a importância de visualizar os fenômenos para uma

melhor compreensão “*se a gente visse mais próximo da prática possível, eu acho que seria muito mais fácil de assimilar a informação*” (E3R).

A terceira sugestão é de formar de grupos menores para desenvolvimento das atividades “*não formar grupos grandes. Formar, assim, duplas, no máximo, assim! Para a gente fazer o negócio, ver acontecer*” (E3Q), mas ainda apontando para uma atividade que promova a visualização dos fenômenos físicos.

Na subcategoria Opinião sobre outras metodologias de ensino, há vários relatos sobre os métodos convencionais de ensino de Física, fundados em aulas expositivas como já descrevemos anteriormente, afirmando que não promovem aprendizagem efetiva, mas que os conteúdos são visados apenas para aprovação, sem uma real compreensão dos mesmos que acabam facilmente esquecidos após as avaliações. “*Do método tradicional que você acaba fazendo... Você acaba não olhando o material e faz só a prova*” (E1Gb). Descrevem as práxis dessa metodologia “*o professor fala, a gente copia e só*” (E3C) e “*o ‘profê’ dá a matéria no quadro... Basicamente: matéria, explicação e exercício*” (E2F).

Em relação à sequência didática implementada, “*da forma que foi feito, eu achei muito mais interessante*” (E3N). Em relação ao método convencional, “*o sentido [da aula] é o mesmo. Só que fazendo dessa maneira* [referindo-se a forma como a sequência foi implementada]*, ele fica muito mais fácil de você entender o que esta acontecendo. Então, assim, é... Vamos dizer, [...] ele ficou muito mais fácil de entender. Ficou mais ágil, assim, aquela situação, e diferente de ter passado a teoria no quadro ali. É uma coisa que eu tenho dificuldade de guardar [referindo-se a exposição dos conteúdos apenas no quadro]. Daí ele vira um ‘decoreba’. Diferente disso que é você... É como se você assistisse a um filminho ali na hora. Então ele fica muito mais fácil de você entender e assimilar aquela informação*” (E3O).

É dado um destaque à diferença na forma como a sequência didática foi desenvolvida quando comparado às práxis didáticas que estão habituados (métodos convencionais), “*eu achei interessante porque foi diferente. Assim, a princípio, naquele modo assim, pelo menos na faculdade, daquele modo foi a primeira vez que acabei fazendo. E é interessante que, às vezes, quando tem essa mudança da rotina... Assim, em vez de o professor só explicar a matéria lá na frente, você acaba focando mais. Às vezes, como são colegas de classe, como você tem uma certa intimidade, você convive com eles mais aulas, então por isso você acaba prestando um pouco mais de atenção*” (E2A). Os entrevistados ressaltam a importância do uso

de diferentes práticas pedagógicas não apenas durante a sequência, mas também durante todo o semestre "*ficou totalmente diferente. Tanto que me Física II a gente foi uma única vez para o laboratório, fazer uma experiência bem específica, e na Física III foi... Teve várias atividades, por exemplo, eu lembro da atividade do balão, eu lembro que tomei um choque no laboratório [referindo-se a uma atividade com gerador de Van der Graaff que foi realizada em outro período do semestre], eu lembro da atividade que a gente fez em sala de leitura e tal* [referindo-se à sequência didática implementada]*, que era uma continuação... Então, assim, realmente foi bem diferente das outras Físicas que a gente teve*" (E3B). Essa fuga da rotina promove experiências memoráveis aos estudantes, como é dito no trecho "*essas coisas que acabam acontecendo, você acaba frisando isso, assim. Você lembra que aconteceu, e tal. Diferente de qualquer outra aula comum, que o quê o professor falar, você não se lembra de nada*" (E3H).

Entretanto, afirmam também que o método tradicional também pode possibilitar a compreensão dos conteúdos, mas que acabam sendo mais facilmente esquecidos "*se o professor tivesse explicado, eu acho que teria absorvido a matéria, às vezes... Ou copiados mesmo, e, às vezes, ia acabar esquecendo alguma coisa ou outra. Ou ficado meio vago... Alguma coisa assim, dependendo da questão*" (E2H). E atribuem essa falta de memória ao papel passivo que o aluno assume nessa metodologia de ensino (aluno apenas como receptor de informação) que não motiva o aluno e acaba permitindo a dispersão dos estudantes diante de seus problemas particulares, como é explanado na fala "*porque a gente vem do trabalho, está cansado e a gente está olhando para aquilo lá e, às vezes você está pensando na mulher, filhos, nas contas, esse tipo de coisa. O professor está passando e aí você pensa 'tá! Agora eu já me perdi, então depois eu pego e estudo tudo!'. Então essa forma [referindo-se à maneira como foi implementada a atividade em estudo nessa pesquisa] acaba envolvendo mais o aluno*" (E1M).

Apenas um entrevistado afirma que o método convencional não teria gerado dúvidas pelo fato de não compreenderem a temática das outras equipes, que poderia estar associada ao tema do grupo do entrevistado. Para algumas equipes era necessário buscar mais informações para uma compreensão melhor das temáticas. "*Eu acho melhor [pelo que indica refere-se ao método convencional] porque, às vezes, a gente precisava de uma base que no nosso trabalho não teria... Que não estava lá escrito... Mas, digamos, um princípio para você complementar o*

seu trabalho. 'Ah, eu não sei por que acontece isso', mas lá na outra equipe, eles me explicaram por que. 'Então, agora eu entendi a... Agora eu liguei os pontos aqui e vou conseguir apresentar o meu trabalho'" (E4E).

Em outra subcategoria, os entrevistados descrevem Informações que chamaram a atenção e foram marcantes para eles. Um dele é o fato da existência de um mineral com propriedades magnéticas natural, como se observa no trecho "*chamou atenção o fato de ser uma pedra natural que faz aquilo*" (E1D). O segundo fato é de que os imãs eram usados para identificar mulheres adúlteras, no entanto, não parece uma informação memorável em seus detalhes para o entrevistado, mas é citado na fala "a*lguma das atividades falava assim, referente à mulher, assim... Que a mulher... Eu não sei se era se traísse, eu não lembro exatamente o que era*" (E3G), o que mostra que gerou certo interesse no momento.

Na subcategoria Interesse pelos temas trabalhados, um ponto destacado pelos entrevistados é que atividades práticas geram interesse pelo fato de possibilitar que os fenômenos físicos sejam visualizados pelos estudantes, como aparece no recorte "*eu lembro o que me chamou atenção, que era a prática, o visual*" (E1J).

O relato dos entrevistados mostra que, ainda que a forma como a atividade foi desenvolvida gerou um interesse, esse interesse foi momentâneo, não modificando o sentimento que já foi criado pela disciplina. O trecho "*não é uma matéria que eu adoro*" (E3K), mostra uma opinião já preconcebida, que diante da atividade, permite uma pequena motivação, mas que não se mostra suficiente para modificar essa concepção. O entrevistado afirma que "*se torna interessante naquele momento. Depois você já esqueceu*" (E3Lc).

Ainda que algumas práticas e fatos chamam a atenção dos estudantes, mas não evitam a dispersão, "*o que é interessante você acaba prestando atenção, mas muita coisa que não é interessante, você acaba deixando passar*" (E1P). No entanto, as atividades promovem um interesse pelo "*assunto, como eu falei, se torna um assunto interessante, assim, porque você lê, estimula você a ler e entender o que está acontecendo..."* (E3La). Esse pequeno interesse, ainda que mesclado com momentos de distração, ainda permite que se aprenda parte dos conhecimentos discutidos, ainda que não em toda sua complexidade, mas é claro que ainda não é suficiente para gerar satisfação pelo estudo da Física, como é possível obervar no

trecho “*você acaba aprendendo uma coisa ou outra interessante, alguma coisa que marca, assim, no acontecimento ali da aula. Mas não que me motivou*” (E3Eb).

A abordagem histórico-filosófica da Ciência, que fundamentou a sequência didática implementada, aparece na fala dos entrevistados como um fator gerador de interesse devido às informações sobre a produção do conhecimento, que explanam os motivos desencadeantes desse processo e que mostram como os elementos culturais e os paradigmas influem nessa construção. Na subcategoria Opinião sobre o caráter histórico-filosófico da Ciência nas atividades implementadas, o entrevistado descreve que a atividade “*trazia informação histórica, de como era utilizado, de com as pessoas pensavam na época, como que eles chegaram naquele resultado, como que eles buscaram aquilo. Então é bem interessante porque você sabe da onde veio. De onde ele tirou... [...] é a mesma coisa que contar uma história ali. É uma novelinha da vida real*” (E3M) e ressalta que compreender a forma de pensar do período e todo o desenvolvimento da pesquisa que gerou o Eletromagnetismo dão significado para a aprendizagem, tornando o estudo marcante para o estudante. “*Você aprende o cálculo, aprende as aplicações e como se aplica isso no seu dia a dia, no trabalho, enfim. Mas não tem da onde saiu isso, não tem como se iniciou o primeiro cálculo, quem foi que desenvolveu, porque foi desenvolvido. Eu acho que ter essa base te ajuda a... Assim, para mim, eu acho muito bom. Acho bom por questão de conhecimento mesmo. Entender o porquê daquilo. Não fica só ‘isso aqui é só cálculo e aplica nisso’ [...] que é a questão mais mecânica*” (E2L), esse recorte mostra que a HFC humaniza o conhecimento dando significado não apenas aos estudos realizados pelos cientistas, mas também ao seu estudo nas disciplinas da graduação. Afirma que o entendimento dos processos de constituição do conhecimento científico mostra que as leis e teorias extrapolam a simples ação mecânica, mas que é envolvida por um estudo profundo dos conceitos, dados e relações entre os fatores envolvidos. Essa compreensão possibilita uma aprendizagem mais sólida, em que o futuro Engenheiro percebe os motivos do desenvolvimento de cálculos e uso de determinados modelos, leis e teorias, como no trecho “*ajudou a fixar melhor o conceito. É aquela coisa, assim: ‘eu estou fazendo conta, mas por que eu estou fazendo conta? ’ Então nesse ponto é bom. Eu achei que ajudou a gravar porque você conhece o contexto da história*” (E1Q). É destacado também que a HFC proporciona observar as situações a partir de diferentes perspectivas, uma vez que se entende o pensamento que permeia as

pesquisas científicas nas diferentes épocas e promove uma visão mais ampla "*a parte filosófica e da história assim, acho que abre mais a mente para um raciocínio um pouco mais aberto*" (E2M) que o entrevistado especifica no recorte "'*Ah... Por que resolveu... Por que foi assim? Se eu resolver de outro jeito, será que dá certo também? '. Acho que abre mais vias para você conseguir pensar!*" (E2N) apontando que um olhar por diferentes perspectivas implica em entender diferentes formas de resolver um problema.

Entretanto, não é claro para o estudante os elementos formativos que a HFC proporciona para a sua formação profissional, como observamos na fala "*não sei como a história vai agregar no profissional, mas não é com isso que eu estou preocupado. Eu acho que o fato desse contexto todo ter ajudado a fixar a matéria com um todo foi legal*" (E1R).

Podemos afirmar, a partir da análise dos dados que, no âmbito do Ensino, o enfoque da HFC no estudo do Eletromagnetismo proporciona um maior interesse ao estudante diante da compreensão da conjuntura na qual o conhecimento se insere, e todas as características culturais que permeiam a visão da sociedade da época. Esse entendimento dá significado aos conceitos, modelos e teorias desenvolvidos pelos cientistas, além de despertar a curiosidade dos alunos sobre as explanações não científicas dos fenômenos. Observamos também que as diferentes perspectivas e todo o caráter criativo e subjetivo envolvidos nas investigações científicas, permitiram aos estudantes compreender o pensamento e as demandas que desencadearam a produção dessa ciência. Entretanto, é importante ressaltar que nem sempre a contextualização gera interesse ao estudante. Ao ser transposto para sala de aula, o conhecimento científico pode não ter seu contexto visto com significância para o estudante, que se insere em ou outro período, em um outro local, com características culturais, sociais e políticas distintas da conjuntura do período histórico em que o conhecimento foi produzido. Como afirma Ricardo (2017), a problematização de um cientista não é a mesma do estudante, uma vez que a perspectiva de ambos é diferente. No entanto, a compreensão da conjuntura deve possibilitar ao aluno uma reflexão e o delinear de uma relação entre a realidade e a teoria, que seja estendida para outros contextos além do cotidiano do educando.

O planejamento a partir de uma metodologia não convencional, na qual os alunos assumem um papel ativo na constituição dos seus conhecimentos – o aluno

atua como construtor do seu conhecimento e produtor de elementos como a organização e apresentação da temática para turma e da redação sobre o processo de constituição do Eletromagnetismo –, exige que o estudante desenvolva leituras, reflexões e discussões sobre as temáticas, e promove experiências diferentes das habituais tornando o processo de ensino “memorável” para o estudante. No entanto, alguns estudantes ainda se mostram resistentes às mudanças na metodologia de ensino tradicional à qual estão acostumados, mas é preciso que o docente do Ensino Superior na Educação para Engenharia esteja preparado para formar profissionais autônomos, desenvolvendo uma postura investigativa, e que supere a mera formação profissional técnica. A educação deve promover a formação de cidadãos conscientes da realidade, com postura crítica, arraigada nos conhecimentos científicos, para que estejam preparados para transformar o meio em que vivem de força ética e responsável. Esses objetivos de formação, como já discutimos anteriormente, são assegurados pela Constituição de 1988 (BRASIL, 1988), pelo Conselho Nacional de Educação (BRASIL, 2002), e pelos objetivos de formação descritos pelos Documentos de Organização Curricular dos cursos de Engenharia fornecidos pela Instituição de Ensino Superior em que a sequência didática foi implementada.

A sociedade atual exige que os profissionais saibam trabalhar em equipe, e que compreendam como o seu trabalho se insere no todo, assim como se combina com o dos outros. Contudo, enquanto alguns alunos têm consciência de que o trabalho em equipe oferece uma maior diversidade de ideias para debate e discussão, outros ainda resistem devido à dispersão e a falta de comprometimento de alguns integrantes do grupo.

Como já discorremos anteriormente, o planejamento da ação docente, assim como de uma sequência didática, deve ser direcionado pelas necessidades de aprendizagem. Necessidades que provêm das exigências do mercado de trabalho e da sociedade, e que são orientadas pelas normas, pela política da instituição, pelos objetivos de formação profissional do curso em nível superior, pelo perfil dos discentes. Sendo assim, utilizar recursos e metodologias didáticas não convencionais pode auxiliar e promover uma melhor compreensão dos conceitos, modelos e teorias da Física. O uso de experimentos ainda é a prática que desperta mais entusiasmo por explorar o sentido da visão – uma vez que afirmam que “ver” o fenômeno auxilia na compreensão da teoria – e permitir que interajam com os

materiais, manipulando e testando variações das montagens. Entretanto, a leitura e as apresentações promovem o desenvolvimento da comunicação, outro fator importante na formação do Engenheiro.

5.1.3 Conhecimento

A categoria Conhecimento descreve as compreensões e incompreensões dos estudantes sobre os conhecimentos científicos (conceitos, modelos, leis e teorias científicas) trabalhados na sequência didática.

A eletricidade é relacionada ao movimento de elétrons, que geram uma corrente elétrica em um condutor. "*A primeira coisa que vem na minha cabeça quando fala Eletricidade é uma corrente com elétrons...*" (E4H) que é descrita por outro entrevistado como "*seria a questão do movimento... Movimento dos elétrons, se não me engano. Uma corrente...*" (E2Oa), apresentando ainda certa insegurança na sua fala.

Apenas um dos entrevistados faz menção a ddp durante um fluxo de elétrons no recorte "*eletricidade é um fluxo de elétrons que gera diferença de potencial*" (E1S). No entanto, não entende que o fluxo é causado pela ddp e não é o agente gerador da ddp. Esse entrevistado define ddp como "*diferença de energia entre esses elétrons*" (E1T).

A Eletricidade é atrelada ao funcionamento de equipamentos e forma de ligação entre eles (ligações em série e paralelo), mas sem descrição dessa ação, como observamos no trecho "*Eletricidade são todas as ligações que a gente tem que fazer, e tal, para a gente fazer funcionar as coisas [...] Tem que aprender a fazer as ligações, em série, em paralelo*" (E3S).

Referindo-se ao magnetismo, um dos entrevistados relaciona com os polos terrestres, e entende que "*Magnetismo é a força de atração ou repulsão em relação ao polo terrestre*" (E1U).

As falas dos entrevistados mostram que os participantes concebem a Eletricidade e o Magnetismo como formas de energia "*acho que é mais a questão de serem duas formas de energia*" (E2χ) e descrevem uma relação entre massa e energia justificando essa perspectiva "*tudo é energia. Tudo que possui uma massa, é energia. Então, tudo que é energia, também possui massa. Então, tudo que você falar, é... Eletricidade, vem na minha cabeça luz e luz é energia. Tudo é energia. E*

mesmo que você não veja, ele possui uma massa... Não sei explicar bem assim... Por mais que você não consiga ver, ela atua de alguma forma, entendeu?" (E4Ia). Essa concepção demonstra o entendimento da existência de uma massa que gera essa energia.

Não é compreendida a diferença entre os fenômenos elétricos e magnéticos. É percebida a dúvida sobre a distinção da origem dos fenômenos quando um dos entrevistados nega primeiramente que haja alguma diferença entre os fenômenos "*Deixe-me ver... Acredito que não...*" (E2Ra) e quando atribui a esses fenômenos o caráter de energias distintas "*a mesma coisa, não. Acho que são formas distintas de energia. Da mesma coisa que tem a questão da tensão e da corrente, que são duas formas distintas. São energias, mas são formas distintas*" (E2S).

Assim como notamos uma confusão sobre a o conceito de magnético e eletrizado no trecho "*a geração desse campo. A eletricidade, por exemplo, ela está passando continuamente. Mas se você fizer um motor de... Uma bobina, ele vai gerar um campo eletromagnético em volta dele. E não só passar em uma linha reta, digamos assim. Vai ficar eletrizado*" (E4K), termos que são utilizados como sinônimos na fala do entrevistado.

Campos Eletromagnéticos são entendidos como algo não bem definido que envolve o material "*A definição de campo no eletromagnetismo é o que envolve o material em si, o material*" (E2Z). No entanto, sobre o campo elétrico, há concepção de que é gerado por elétrons, mas acaba sendo entendido como uma força de atração, como mostra o trecho "é *a força de atração do elétron. Ele gera um campo em torno dele*" (E1χ).

Referindo-se a campo magnético, entende-se que a interação entre dois corpos esta relacionada à intensidade do campo na região, "*o norte ali da bússola é atraído por um campo magnético muito pequeno. Então se ele chegar perto de algo que é magnético, ele vai apontar para onde o campo está mais intenso, que seria o fio*" (E2W). Assim como a composição por um polo norte e outro sul em corpos magnéticos, que atraem no caso de polos diferentes ou repelem os polos magnéticos iguais, como é retratado no trecho "*tem haver a questão do sentido do campo magnético, que em no imã normal tem aquela questão do norte e do sul. Então acaba sendo norte indo pro sul do imã. Provavelmente ele acabava achando, não sei, que tem haver a questão do centro do campo magnético ali, então ele acabava ficando. Que quando ia mais pra cima, ele seguia o campo magnético. E o*

outro lado também deve ser magnético, daí ele ia e acabava ficando em equilíbrio no centro do imã" (E2X).

Observamos também nas falas dos entrevistados, a compreensão da proporção entre campo e distância da carga que gera o campo, quando é explicado que "*na minha mente, o campo é assim... Digamos assim, está aqui esse celular [apontando o celular sobre a mesa]. É de onde ele pega os elétrons dele [gesticula em redor do celular]. Como é que eu vou explicar? Tipo o imã, por exemplo, vamos explicar assim. Veja se você consegue entender. O imã aqui! [coloca o celular na mesa representando o imã]. Ele nessa distância [mostra uma caneta mais distante], ele não puxa, né? Mas quando ele está aqui [aproximando a caneta], ele já fica próximo e já começa aquela atração, ou a repulsão. Então, aqui é o campo dele. Quando ele tá mais longe... Então esse é o campo, esse é o campo [mostra a caneta e o celular]...*" (E3Xa). A partir dessa concepção, campo é definido como uma área de atuação, e entende-se que as interações elétricas e magnéticas entre corpos ocorrem devido ao "encontro" dos campos "*aqui é uma região de atuação, e aqui é uma região de atuação. Quando eles estão perto um do outro, daí que eles se encontram, entendeu?*" (E3Y).

É compreendido por um dos participantes como um campo gerado por um corpo, mas esse corpo é definido com um "corpo emissor" de algo não discriminado, como mostra o trecho "*Eu entendo como um campo de energia gerado por um emissor*" (E2Q). De forma geral, a representação desse campo é vinculada ao uso de vetores, como observamos na afirmação "*eu penso em vetor, por causa das flechinhas...*" (E4W) que são descritas como "*vetores que entravam e saiam desse corpo. De acordo com o sentido, se eram positivo ou negativo*" (E1χ). O sentido dessas setas é dado pela carga do corpo eletrizado ou pelos polos do corpo magnético, como retrata o trecho "*Magnetismo, vem na minha cabeça 'polos diferentes se atraem'. E polos iguais se repelem. E vem campo na minha cabeça, também. Porque daí a gente já entra em campo elétrico que... Eu me lembro daquelas flechinhas que você... Saem de um polo e entram no outro. É isso que vem na minha cabeça*" (E4J) que descreve as linhas de indução na região.

De forma geral, os entrevistados demonstram dúvida sobre o fato de que as bússolas sofrem interferência nas proximidades devido ao aquecimento da agulha, como afirmou Franklin por volta de 1750. Um dos entrevistados afirma que "*o fato de aquecer a ponta da agulha agora, eu fiquei em dúvida*" (E1W), mas define que não

há relação após com o aquecimento pelo fato de atrelar o comportamento da bússola ao magnetismo da Terra após refletir sobre o fato "*isso ta relacionado ao magnetismo terrestre. E não ao aquecimento da ponta da agulha*" (E1X). A hipótese do aquecimento como causador do desvio é então descartada, mesmo que não haja uma clareza no entendimento de como o raio possa afetar a bússola "*a bússola ela é de direção. O mecanismo dela é de direção. Então... Eu entendo que um raio não deve alterar a bússola e tal...*" (E3U).

Apenas um dos entrevistados concebe que o aquecimento da agulha pode sim ser o agente causador do desvio da agulha da bússola nas proximidades de um raio durante uma tempestade, como afirma no trecho "*acredito que pode. De alguma maneira, tem alguma coisa haver, mas... Eu acredito que sim*" (E4O), ainda que também demonstre não compreender como essa interferência ocorre.

A constituição de um campo magnético decorrente de uma descarga elétrica é entendida pelos entrevistados que compreendem que "*raio é... Uma quantidade de elétrons que rompe um... Dielétrico*" (E1Z). A concepção dessa movimentação dos elétrons permite que entendam que essa descarga interfere em um campo magnético "*se aquece um imã, ele acaba perdendo a propriedade magnética. Mas acho que, às vezes, por questão da descarga elétrica, pode afetar no... A descarga elétrica acaba afetando no campo magnético. Então, acho que é por questão da descarga elétrica*" (E2T). Essa interferência, por sua vez, advém do fluxo de elétrons que gera um campo magnético, com é descrito no relato "*um fio condutor, quando passa uma corrente elétrica, um fluxo de elétrons nele, ele acaba gerando um campo magnético*" (E2V) que pode influir no funcionamento da bússola como observamos no trecho "*se a gente for pensar que isso gera um campo Eletromagnético... E na bússola ele vai apontar para um norte ou um sul*" (E4Pb). Esse fenômeno é relacionado à experiência de Oersted pelos entrevistados que atribuem a posição da bússola ao sentido da corrente elétrica que passa ao fio condutor "*[Relaciona a posição da bússola na experiência do Oersted ao] Sentido da corrente*" (E4R) e entendem a origem de um campo magnético a partir de uma corrente elétrica como observamos no recorte "*digamos que o Eletromagnetismo, o próprio Magnetismo, ele seria uma reação... Ele ocorre por causa da Eletricidade, entendeu? Ele só acontece por causa da Eletricidade. Aquilo lá que eu falei. Que gera um campo. Ele só vai gerar porque esta passando corrente elétrica!*" (E4X).

O funcionamento de motores e geradores é relacionado a produção de um campo magnético em uma bobina em que passa corrente elétrico, com é descrito o trecho "*sei que o motor é por campo magnético interno. A questão do bobinamento, tem um rotor, se não me engano, um estator ali... Daí ele é induzido, e ele, por sequência, ele gera a rotação. Por força motriz ele acaba transferindo na mecânica. O gerador, se não me engano, é a mesma questão do transformador. Acho que tem um campo magnético interno*" (E2δ). Os participantes descrevem que o campo magnético interage com imãs que geram movimento de rotação do motor "*quando ele é induzido por um campo magnético, pela alimentação do motor, a corrente alimenta e passa ali, gera um campo magnético. Como ele tem imãs, a questão do... [...] Daí ele acaba repelindo e entra no efeito cascata. Como ele tá energizado, ele vai sempre se... Acontecer a repulsa do campo, o positivo e o negativo, ali. [...] Fica em constante movimento dentro do motor, ele acaba gerando uma rotação que gera uma força... Força elétrica que gera uma força mecânica*" (E2ε).

Um dos entrevistados relata já ter construído um motor elétrico simples e descreve seu funcionamento da seguinte forma "*uma vez eu fiz um minimotor e só que eu coloquei uma pilha. E eu não sei se é assim que funciona os motores, mas por causa dos polos diferentes ele começava a girar... Sozinho. Daí, depois que você tirava, continuava girando... Fazendo funcionar. Mas não sei se no motor isso acontece. Por que no motor...*" (E4α). Esse participante da estudante ainda relaciona as partes desse motor e descreve a sua montagem de forma sucinta "*tinha o fio de cobre enroladinho em cima. Daí você tinha... Eu não me lembro direito... Mas você colocava a pilha para ele... Para fazer ele girar, po causa dos polos, e você... Tinha as duas pontinhas dele que você colocava na... Isso! Acho que , isso, você colocava a ponta na pilha... Isso! E aí você ligava ele na pilha, e tinha um imã. O imã que fazia ele girar por causa do campo que ele gerava. Então você colocava o imã com o campo diferente, e ele começava a girar. Campo diferente, é! Porque daí ele queria se atrair e ficava girando com o imã*" (E4β). E aponta um o isolamento entre os fios da bobina como um fator importante para o funcionamento do motor "*o fio não pode se encostar, porque senão tem o curto*" (E4Za).

Apenas um dos entrevistados relata que não lembra como ocorre o funcionamento de um motor ou gerador elétrico "*Não lembro mais!!*" (E3ε).

Os participantes demonstram não lembrar nenhuma informação sobre as Equações de Maxwell e sua concepção. Um dos entrevistados afirma que "*não lembro. Eu sei que foi em relação ao Eletromagnetismo mesmo em si. Eu não lembro qual era o auge da pesquisa, eu não consigo lembrar*" (E2ϕ), assim como outro que demonstra desconhecimento sobre tal conhecimento "*eu lembro do nome, eu lembro deles escreverem no quadro... Explicar... eu lembro quem fez isso, mas eu não lembro a informação*" (E3ϕ).

Ainda que textos e experimentos sobre as leis, teorias e modelos do Eletromagnetismo tenham sido lidos, apresentados e discutidos durante a implementação da sequência didática, erros conceituais ainda se mostram de forma significativa nos textos produzidos pelos estudantes.

Um dos erros mais incidentes indica uma dificuldade na diferenciação dos fenômenos elétricos e magnéticos que já eram evidentes nas análises dos questionários. O recorte "*ela [a pedra magnética] aponta para o Norte sua extremidade negativa, e por sua vez para o Sul a extremidade positiva*" mostra uma confusão entre os polos Norte e Sul dos objetos magnéticos com as cargas positivas e negativas dos objetos eletrizados. A concepção de que "*um ímã, possuindo dois polos, um positivo e um negativo*" (T25Ab) se estende mesmo para o modelo magnético terrestre que é descrito como "*Willian Gilbert define que a Terra apresenta dois polos (positivo e negativo)*" (T32Ba). Ou que ainda une as duas concepções, o que aponta uma falta de discernimento sobre as diferenças nas origens dos fenômenos elétricos e magnéticos "*sendo assim, o norte representava a parte positiva, e o sul, a parte negativa*" (T33Ab).

Outro elemento textual em que se percebe a mesma distorção conceitual é o recorte "*Hans Christian Oersted, através de seu experimento que consistia em aproximar uma bússola de um campo elétrico, que fazia com que a bússola orientasse de forma diferente seu sentido*" (T29D), no qual dá indícios de que não há uma real compreensão de formação de campo elétrico e de campo magnético e suas interações. Um trecho dos textos descreve a formação de campo magnético em torno de uma pilha, sem existência de corrente elétrica em nenhum meio condutor "*foi descoberto o efeito circular em uma pilha, unindo o magnetismo e a eletricidade*" (T28Ea), que corrobora para que possamos afirmar que ainda perduram as dificuldades de caracterização dos fenômenos eletromagnéticos.

Outro fator identificado é a visão do cientista como um ente superior aos outros seres humanos, como no texto que relata que "*Oersted foi o grande descobridor sobre eletromagnetismo. Experiências dele, verificariam a relação entre corrente elétrica e campo magnético*" (T30D). É importante destacar que a experiência de Oersted e suas análises foram de suma importância pra o desenvolvimento do Eletromagnetismo, no entanto, seu trabalho é expressivo conjuntamente com de outros nomes da ciência.

Sobre a formação do campo magnético, identificamos ainda que não houve uma compreensão dos fatores produtivos desse campo, que é atribuído ao atrito das partículas no trecho "*esse campo magnético é causado pelo atrito dos elétrons em movimento e está relacionado com o sentido da corrente*" (T35Ia). A corrente por sua vez tem essa formação apresentada da seguinte forma "*em um experimento, verificou-se que a corrente elétrica movimenta-se pelo fio em forma de espira do lado positivo para o negativo*" que é o aceito como sentido convencional, mas que foi discutido que as partículas eletrizadas (elétrons) que formam essa corrente devem seguir o sentido oposto.

Nas entrevistas, observamos que um dos entrevistados mostra-se confuso sobre a concepção de campo elétrico e magnético, afirmando que não consegue pensar nessa formação, como explana no trecho "*Tipo você aplicar uma corrente em alguma coisa... Talvez ele gere polos, alguma coisa assim? Na minha cabeça, eu não consigo pensar, mas uma plaquinha de ferro, se você eletrizar ela, eu não sei como vai ficar magnetizada...*" (E4L).

Como as interações entre corpos eletrizados e/ou corpos magnéticos é bastante confusa para os entrevistados. Um dos entrevistados entende que a interação não ocorre devido à interferência entre os campos "*e um não interfere no outro...*" (E3Xb), mas que ocorre devido ao movimento, mas cada qual com seu campo "*os elétrons, que eles se movimentam! Estão lá, no campo deles e daí se juntam!!*" (E3Z).

Outro entrevistado relata que "*esse campo vai ter interferência sim. Mas como que interferir mesmo?*" (E4Pc), mas não compreende como acontece essa interferência.

Os entrevistados demonstram dificuldade de compreender na formação do campo magnético concêntrico ao fio condutor de corrente elétrica, o que dificulta o entendimento do desvio da bússola observado no experimento de Oersted "*eu*

achava que ela ia tender a ficar paralelo [sobre a direção do campo magnético no fio condutor de corrente elétrica]" (E1α) e "*não sei te dizer porquê... Porque... [Pausa] Não vejo ainda uma explicação para isso [sobre a posição da bússola/direção do campo magnético no fio condutor de corrente elétrica]*" (E4T).

O conceito de linhas de indução de Faraday surge a partir da concepção de que para haver transmissão das influências elétricas e magnéticas entre dois corpos, haveria a formação de linhas de tensão constituídas de matéria ou um fluido magnético, o que acarretou no modelo de linhas que utilizamos para representação de campos. Quando questionados sobre a existência desse fluido, os entrevistados concebem a passagem de elétrons entre os corpos como causadora dos fenômenos de atração e repulsão elétrica, como é descrito no trecho "*esses fluido é o que hoje... O fluxo de elétrons, não é? Elétrico! Então, sim, né? Isso precisa ocorrer, senão não tem movimentação de elétrons, não gera carga elétrica*" (E1β) e dos fenômenos de atração e repulsão magnética, como retrata o recorte "*como eletromagnético, ele pode induzir a energia. Ele pode passar a questão de uma partícula. Acho que tem sentido, sim!*" (E2Yb). Em ambos os fenômenos (elétricos e magnéticos) essa interação é atribuída à passagem dos elétrons "*a movimentação dos elétrons. Tanto no elétrico quanto no magnético*" (E3χ).

Apenas um dos participantes não concebe a transmissão de material/ fluido nos processos de atração e repulsão elétrica e magnética quando descreve uma análise em que observa o comportamento do ar como material isolante e outros fluidos "*o ar, o ar é isolante, ele não conduz eletricidade. Mas a gente pode pegar água. A água conduz, mas se você... Não tem transferência de matéria. Não... Elétrons. Elétrons é uma matéria, não é? Porque, por mais insignificante que seja, ele vai passar de um corpo para o outro*" (E4U) e complementa com uma análise da passagem de corrente que, na transmissão de matéria, teria que apresentar uma corrosão do corpo "*não, eu acho que não. Não porque, se você for pegar uma pilha e encostar não tem... Por exemplo, não vai haver... Não vai sofrer uma corrosão, uma coisa que você consiga enxergar, entendeu? Se for, muito superficial. Uma coisa que você não enxerga, mas eu acho que não*" (E4V).

Algumas concepções são bastante incoerentes, como mostra o trecho que compreender a organização dos textos como uma sequência cíclica, em que o ultimo texto explica o primeiro "*e até acabar fechando no último assunto estava*

fazendo círculo com o primeiro" (E2K). A sequência de textos não se mostra nem como uma relação linear, nem como uma relação cíclica, mas apresenta um complexo processo de estudos e discussões sobre ideias que resgatam e criam modelos e teorias que descrevem os fenômenos eletromagnéticos.

Há também a compreensão deturpada de que o movimento dos elétrons se dá devido à tendência da junção de campos magnéticos, como mostra o recorte "*os elétrons tem que se movimentar pelo menos para acender a luz, lâmpada. E os elétrons têm que se... Tem que completar a carga deles lá, por exemplo, para os magnéticos se juntar*" (E3δ). E acreditam que o aquecimento decorrente de uma descarga elétrica gera atração, como é dito "*será que não tem haver com o Eletromagnetismo que daí... Não daria só um assim... Daí ficaria mais 'atraído' ou alguma coisa assim? Por causa do aquecimento? Não sei...*" (E4N).

No caso de uma reflexão devido ao movimento da bússola nas proximidades do fio condutor de corrente elétrica detectada por Oersted, os entrevistados entendem que a bússola, como um imã, seria atraída e ficaria unida ao fio "*porque se for um imã ela tem os dois polos na agulha. Então se você colocar elas em paralelo, eu acho que ela não vai... Ela vai querer se atrair, por exemplo, se for do mesmo polo, alguma coisa assim... Não, mas ela vai ficar mexendo! Vai grudar no...*" (E4S).

Um comentário também um tanto questionável é sobre o relato do uso das Equações de Maxwell nos exercícios "*as equações de Maxwell, se não me engano, então ajudou a gente na hora de fazer os exercícios...*" (E4C). Veja que esse comentário é duvidoso, uma vez que não foram realizados exercícios de aplicação das Equações de Maxwell durante as aulas. Assim como na afirmação "e*u não me lembro do trabalho do Maxwell! Eu lembro que era Maxwell que a gente usou nas aulas, mas agora eu não lembro... Porque a gente nunca mais falou dele*" (E4χ).

Por fim, na esfera dos Conhecimentos, ao averiguar a compreensão dos conceitos, modelos, leis e teorias científicas relacionadas ao Eletromagnetismo, algumas pontuações são necessárias. Conceitos mais simples como o movimento de cargas elétricas (corrente elétrica), o efeitos de atração e repulsão, o modelo da Terra como um corpo magnético cujos polos interagem com as bússolas e permitem orientações geográficas, e como a concepção de campo e sua representação por linhas, são facilmente entendidos. O que demonstra uma compreensão da relação entre esses conceitos e modelos, assim como de seus agentes desencadeadores.

Entretanto, como já discutimos anteriormente, os tópicos mais abstratos ou de caráter mais matemático são de difícil compreensão para os estudantes. Esses tópicos, como a diferenciação entre fenômenos elétricos e magnéticos, como a geometria do campo magnético em torno de um fio condutor de corrente elétrica, como ocorre a transmissão das interações (forças) observada entre corpos eletrizados ou entre corpos magnéticos, a indução eletromagnética no motor de Faraday, ou as Equações de Maxwell, mostram-se bastante confusos e incoerentes para os estudantes, quando já não são temáticas que foram esquecidas.

Outros recursos e métodos de ensino podem ser explorados objetivando aprofundar o estudo nessas temáticas que apresentam maior dificuldade por parte dos alunos. Sugiro a verificação de metodologias e atividades pedagógicas que explorem mais caráter quantitativo desses conhecimentos, uma vez que o tempo disponível para a implementação da sequência didática foi um limitador para o planejamento das atividades que a compuseram. Por esse motivo, elementos didáticos que aprofundassem nesse âmbito foram deixados de lado visando apenas um estudo qualitativo dos tópicos do Eletromagnetismo.

5.2 ANÁLISES DAS CATEGORIAS CONTRAPOSTAS AOS REGISTROS DO DIÁRIO DE BORDO

Segundo a literatura, o estudo da Física fundada na HFC permite transformações na concepção de Ciência, favorecendo uma concepção mais coerente de método científico e modelos de mudanças metodológicas. A categoria Aprendizagem demonstra que há uma percepção dos estudantes sobre as mudanças na perspectiva metodológica da Física no decorrer da sua história.

Os participantes demonstram entender que inicialmente as observações científicas eram embasadas nas percepções sensoriais e utilizavam instrumentos rústicos e simples para o estudo. Destacam também a importância da adoção de métodos científicos a partir do século XVI que mostra a busca por um aperfeiçoamento dos métodos de investigação científica. Há indícios de percepção da forte fundamentação da Física na análise experimental, e que já se buscavam delimitar claramente os objetivos da investigação.

A partir das descrições sobre a experiência do Oersted, nota-se que há a concepção de que os processos de investigação científica se tornam cada vez mais

metódicos e passam a utilizar equipamentos mais modernos e aprimorados, assim como descrevem a busca pela garantia de um estudo experimental em que era necessário um preparo de isolamento para garantir que não haveria interferência de fatores externos ao fenômeno em análise.

Os alunos também percebem que há a preocupação por um estudo que transpasse a análise qualitativa, buscando controlar quantitativamente elementos influentes envolvidos na pesquisa. Há então menção à necessidade de medição e controle dessas grandezas.

Essa noção das mudanças nos processos metodológicos reflete uma mudança na concepção epistemológica da ciência. Há indicadores de que os estudantes compreendem o movimento de um estudo inicialmente sensorial que se desenvolve e que se constitui em uma investigação em que se busca a autenticidade dos conhecimentos ali produzidos, defendendo a importância de uma pesquisa neutra e imparcial cujos métodos asseguram sua validação e fidedignidade. A descrição da experimentação e a observação como fortes alicerces da Física apontam para o entendimento do predomínio da visão positivista dessa ciência. Mas é destacada que inicialmente a Física não tinha um cunho matemático tão marcado como nos dias atuais. Os textos descrevem um caráter mais teórico descritivo da ciência primária que, gradativamente, se fortalece numa perspectiva matemática que promove outro olhar das Ciências Físicas sobre a natureza. Esse fator é reconhecido pelos estudantes também nos trabalhos de Maxwell.

Segundo Kapras (2011), essa relação entre a Matemática e a Física Experimental é um os temas mais abordados pela Filosofia da Ciência, uma vez que a Matemática frequentemente é entendida apenas como linguagem, e a linguagem natural (linguagem usual de comunição) é muito pobre e vaga para enunciar leis físicas com toda sua complexidade e precisão. A Matemática é comumente vista como uma ferramenta para a Física sem apreensão da estrutura que ela traz para o pensamento científico e para a composição dos modelos científicos.

Ainda assim, são poucos os trabalhos que visam compreender a função dessa ciência no Ensino da Física. Mesmo que o domínio de técnicas matemáticas seja necessário, o Ensino de Física ainda não assegura que tais habilidades garantam que haja um real raciocínio físico estratégico por trás de suas aplicações, uma vez que geralmente recai em uma mera aplicação de fórmulas (KARAM; POSPIECH; PIETROCOLA, 2011). Essa falha pode ser percebida tanto no Ensino

de Física em nível de Educação Básica, quanto em nível de graduação. Os autores Karam, Pospiech e Pietrocola (2011, p.10) sugerem que é essencial para o professor transpor esses obstáculos do ensino o

> uso intenso de representações concretas, menção explícita à idealizações, compromisso com a interpretação física de expressões matemáticas, ênfase no uso de analogias formais e no raciocínio lógico-dedutivo, além de comentários de natureza filosófica sobre a relação entre física e matemática.

A categoria, por sua vez, expõe indícios de que há compreensão de que modelos científicos descrevem representações da natureza, dando um caráter não exato à Ciência e que é suscetível de modificações. Os textos descrevem modelos, como a Terra como um grande imã descrito por Gilbert, em que percebem a influência do estudo das pedras magnéticas nessa composição, e das linhas de campo de Faraday, que é facilmente entendida pela observação da formação das limalhas de ferro nas proximidades de um corpo magnético.

A explanação desse mesmo modelo de linhas de campo nos textos mostra que os estudantes percebem seu caráter mutável quando afirmam que, apesar de Faraday elaborar esse constructo pensando na emissão de fluido, soube-se posteriormente que não há transmissão de matéria. Ainda hoje essa representação é adotada para campos elétricos e magnéticos. Assim como a explanação sobre a concepção inicial de que a corrente elétrica se dava pelo movimento de cargas positivas e que posteriormente soube-se que, na realidade, as cargas negativas que constituíam a corrente elétrica, dando origem ao conceito de sentido convencional e sentido real da corrente elétrica, que também demonstra o entendimento da definição de modelo científico.

Toda a atuação desses cientistas que contribuíram para a construção e consolidação do Eletromagnetismo pode ser observada na categoria, que demonstra a compreensão do papel do pesquisador com ideias e influências teóricas que conduzem o pensamento do cientista, produzindo uma Ciência não neutra, mas marcada por estudos anteriores que fundamentam a criação das ideias e o desenvolvimento das pesquisas, em alguns momentos devido a afinidades de concepção e em outros, devido a visões opostas. São descritos nos textos fatos e explanações que se mostram como marcos para a Ciência, como a diferenciação entre os fenômenos elétricos e magnéticos discriminado por William Gilbert, e o

experimento de Oersted que a Eletricidade e o Magnetismo para compreensão de um fenômeno cuja origem é eletromagnética. Essa percepção é apontada como um elemento propulsor de novas investigações na Física, e também como um fator possibilitador do desenvolvimento tecnológico, como os motores e geradores, que provocou grandes revoluções na história da humanidade. Segundo Araújo (2003, p.14), “a sociedade vê na ciência a provedora de um conhecimento aplicável que permite ao homem o domínio da natureza, sem o qual a história da civilização certamente teria sido diferente”, uma vez que compreender os fenômenos naturais e ter o seu domínio permite utilizar esse conhecimento no desenvolvimento de tecnologias que visem uma melhor qualidade de vida e de trabalho.

É importante ressaltar que, a partir desse ponto de vista de que a Ciência é uma construção humana, e por isso é também uma interpretação humana da realidade, diante de uma ampla diversidade cultural e ideológica que constitui a comunidade científica, são apresentados nos textos indicadores de que os estudantes concebem que todo conhecimento deve ser discutido, verificado e validado por esse coletivo. Esse processo pode ser longo, assim como o período de produção de conhecimento (desenvolvimento da pesquisa), como relatam sobre os trabalhos de Faraday que exigem o transcurso de longos anos de estudo para verificação da Indução Eletromagnética. As produções textuais apontam também para caso de Maxwell que constitui sua teoria embasada nos estudos de Faraday e de outros cientistas, dando um caráter matemático a estudos qualitativos. E que também teve sua teoria validada pela comunidade científica quando Hertz observa experimentalmente a vibração dos campos eletromagnéticos em 1888. A vista disso, constatamos que a natureza dinâmica da construção científica é apreendida pelos estudantes, assim como a necessidade de sua validação.

> A ciência é, por tanto, metódica. Pretende fornecer um modelo de realidade na forma de um conjunto de enunciados que permitem obter explicações a cerca de fenômenos, que são, além disso, suscetíveis de algum tipo de confirmação ou refutação, enfim, de validação (ARAÚJO, 2003, p.20).

Para que as teorias científicas sejam validadas, é necessário que sejam divulgadas para a comunidade científica. Há indicadores de que é compreendida a importância da publicação de modelos, leis e teorias produzidos pelos pesquisadores para comunica-las à comunidade científica e serem verificadas. Não

apenas para validação, mas também para que esses estudos possam servir de referência para a pesquisa de outrem, os textos também apresentam uma percepção da mudança do público alvo dessas produções. As publicações como de Peregrinus, Gilbert eram voltadas não apenas a outros pesquisadores, mas também a interessados pela área, com uma linguagem mais simples e com descrições mais sensoriais.

Outro fator de grande influência na produção científica é descrito na categoria, em que os textos revelam que a curiosidade humana sempre foi, e continua sendo atualmente, um dos elementos fundamentais para a produção do conhecimento. Os textos explanam que diante da conjuntura cultural e social de cada período, a curiosidade por compreender o desconhecido é um propulsor da Ciência. Como é descrito pelos estudantes ao relatar que a correlação dos fenômenos magnéticos a fenômenos místicos motivou Gilbert a compreender a origem desses fenômenos. E retrata também a dificuldade de mudar uma cultura, como relatam que os estudos de Gilbert não foram suficientes para mudar a concepção das pessoas.

O período das Grandes Navegações também é apontado nas composições textuais com um motivador dos estudos eletromagnéticos diante das dificuldades encontradas pelos navegadores durante as tempestades. Fato que suscitou Oersted a compreender o fenômeno. É entendido também que as observações de Oersted influenciaram de tal forma a comunidade científica, que essa área da Física começou a ser pesquisada em diversos lugares, como William Faraday que, em oposição às ideias de seus conterrâneos, não atribuiu os efeitos eletromagnéticos à uma força que agia a distância. Os textos apontam também para o caso de Faraday cuja investigação da produção de eletricidade por efeitos magnéticos (efeito oposto ao observado por Oersted) resultou na produção de um motor elétrico. É compreendido que esse feito proporcionou um desenvolvimento tecnológico que sabemos foi crucial para a sociedade em todos os seus elementos – culturais, sociais, econômicos e políticos. Podemos então verificar que os textos apontam para uma apreensão de que a ciência e o desenvolvimento tecnológico desencadeado por ela são também motivados pela curiosidade humana em uma conjuntura histórica.

Postos diante desses cenários, a categoria aponta uma identificação do aluno em sua forma de conceber alguns conceitos e fenômenos com a forma de

concepção dos cientistas. São citadas nos textos situações em que o pesquisador apresenta dúvidas e visão errônea ou não muito clara dos fenômenos eletromagnéticos, como sobre a diferença entre a origem dos eventos elétricos e dos eventos magnéticos. Os estudos de Gilbert, que elucidou algumas dessas diferenças, relatam experiências já realizadas pelos estudantes em suas experiências infanto-juvenis, como a quebra de um imã e a percepção de que ele mantém os dois polos após a ruptura e a interação desse material com outros materiais.

A descrição do pensamento que suscitou o modelo de linhas de campo de Faraday a partir do experimento com as limalhas de ferro também mostra uma forma bastante semelhante dos estudantes interpretarem essas linhas. Percebemos então essa aproximação do processo de construção do conhecimento dos estudantes e dos cientistas com a implementação da atividade nessa abordagem da HFC.

Percebe-se também o posicionamento dos estudantes diante dos modelos e teorias científicas. Os textos apontam para exemplos de concordância com a visão da bússola como um objeto magnético que sofre interferência de descargas elétricas, que por sua vez produzem efeitos magnéticos sobre ela. Assim como com a proposta de Oersted sobre a relação Eletromagnética e os fenômenos de Indução Eletromagnética que possibilitam o funcionamento de tecnologias como o motor de Faraday. Os textos mostram também a concepção de que a Ciência esta em um contínuo movimento de aprimoramento, em que os métodos de pesquisa rigorosos buscam um melhoramento e modernização dos estudos científicos. As produções textuais indicam também compreender a importância do posicionamento dos cientistas diante diversidade teórica que fundamenta suas pesquisas para um direcionamento coerente de suas investigações.

> As ciências naturais (física, química e biologia) estão longe de basear-se exclusivamente na indução; o empirismo puro é uma ingenuidade. [...] É preciso que se proponha uma hipótese para conduzir a experiência. As hipóteses são questões ou ideias ousadas que se lançam como alternativas para explicar um fenômeno e, a fecundidade dessas hipóteses, depende do preparo teórico do cientista (ARAÚJO, 2003, p.18).

A ciência se apropria daqueles enunciados que melhor explicam a os fenômenos naturais diante do confronto entre as teorias, as hipóteses e a realidade empírica (ARAÚJO, 2003). A criação de uma hipótese ocorre quando o cientista

assume uma posição teórica e, a partir dela, gera uma ideia sobre determinado fenômeno para ser testada. Essa ideia, por sua vez, deve passar por um exame no qual é contraposto às teorias científicas vigentes e testado experimentalmente pelo próprio pesquisador e pela comunidade científica para sua validação. Todo esse complexo processo, desde a motivação inicial devido à curiosidade humana, ou das necessidades locais ou do período histórico, que acarretam a busca por compreender os fenômenos naturais até o momento em que as terias são enunciadas e divulgadas à comunidade científica para sua comprovação, obsevamos que é essa diversidade de perspectivas teóricas que possibilitam a discussão e a contraposição dessas teorias, provocando um contínuo movimento de aperfeiçoamento e/ou correção das metodologias de pesquisa, dos conhecimentos científicos e das tecnologias.

Os alunos relatam nas entrevistas que houve um bom entendimento dos conceitos e teorias devido necessidade de estudo e leitura sobre as temáticas, e a busca de mais informações em outras fontes para melhor aprofundamento, para poderem apresentar para os colegas. As atividades experimentais foram as que se mostraram mais significativas para os estudantes por possibilitarem a visualização dos fenômenos físicos, não apenas para as equipes que desenvolveram os roteiros, mas também par as equipes que estavam posicionadas próximas a elas no dia de leitura e discussão dos temas. Os alunos ressaltam que sua aprendizagem está muito ligada pelo sentido da visão, por isso sentem que tem mais facilidade em aprender com atividades que exploram esse sentido como os experimentos da Física.

Durante reflexões desencadeadas na entrevista, concepções errôneas sobre a formação de campo magnético, a partir de uma descarga elétrica, foram reformuladas quando os sujeitos paravam para refletir sobre os fenômenos a luz das observações de Oersted. Essa mudança descrita ocorre quando os estudantes se dão conta de que o raio é uma descarga elétrica, em que os elétrons se movimentam como na corrente elétrica que atravessa o fio condutor e percebem a ligação entre os fenômenos, fazendo com que revisassem sua explanação e percebessem que o desvio ocorre pela interação da bússola com o campo magnético gerado pelo raio.

Ainda assim, um dos entrevistados afirmou ter compreendido as observações e explanações dadas para o efeito observado por Oersted, mas ainda

posicionou-se firmemente contrário a essa ideia. O que mostra que as análises, discussões e compreensões ainda não foram suficientes para modificar a concepção prévia do aluno. Não atribuímos a essa colocação como indicativo de uma visão crítica, dado que esse discente não apresenta nenhum fundamento ou argumentação que justifique tal visão.

A categoria Ensino apresenta a visão dos estudantes sobre a forma como a sequência didática foi trabalhada com a turma. Os alunos dão destaque para o fato de que a atividade com um todo se constitui em um grande trabalho, em que cada equipe desenvolve um pedaço desse todo, que exprime o complexo processo de construção do Eletromagnetismo. Descrevem que essa composição didática promove um entendimento da estreita relação entre os estudos teóricos e os experimentais desde a criação das hipóteses até sua verificação e validação pelos pesquisadores.

Atribuem ao fato de que cada tema, por ser tratado por uma equipe no todo, exigia um estudo e uma discussão sobre os conceitos, modelos e teorias tornando a atividade dinâmica e que promovia a interação entre os sujeitos. E também suscitava a busca por compreender não apenas o seu tema mais os outros que estão relacionados, gerando interesse por pesquisar a temática das outras equipes para uma visão mais ampla e mais completa desse ramo da Física.

No diário de bordo, a pesquisadora relata que algumas equipes solicitavam explanações para compreender melhor as temáticas das outras equipes que estavam relacionadas com seu tema, e eram instruídos a buscar mais informações em outras fontes de forma autônoma, sendo orientados a buscar fontes confiáveis. Essa necessidade de procurar mais informações para uma visão mais geral do todo é colocada pelos alunos como uma limitação da atividade, no entanto, a sequência didática implementada teve uma avaliação positiva pelos alunos ainda que possa deixar lacunas na aprendizagem.

O trabalho em equipe é criticado pela maioria dos entrevistados porque as equipes têm a tendência de se organizarem de acordo com as afinidades entre os sujeitos. O que causa uma dispersão da atenção durante o desenvolvimento do trabalho. Os participantes da entrevista afirmam que os integrantes da equipe que planejam a execução do trabalho delegando tarefas a cada indivíduo desse coletivo, mas que esse acaba sendo desenvolvido apenas por poucos integrantes enquanto que outros não participam da atividade.

No entanto, os registros do diário de bordo afirmam que, apesar da conversa, de forma geral os alunos mostraram-se concentrados nas leituras e nos experimentos, discutindo e tirando dúvidas quando tinham dificuldades de interpretação. Alguns alunos que chegaram atrasados ou se posicionaram juntos às equipes que ainda não estavam completas, ou com equipes que já haviam “guardado” o seu lugar devido à amizade entre os integrantes.

Apenas um dos entrevistados destaca os pontos positivos do trabalho em equipe, ressaltando que a diversidade de opiniões, visões e conhecimentos perspectivas proporcionam a discussão desses conhecimentos pelos partícipes da equipe, afirmando que esse debate permite uma reflexão sobre os temas.

Diante disso, os entrevistados sugerem melhorias da atividade, sendo uma delas para que todos os temas sejam trabalhados com todas as equipes, no entanto devemos levar em consideração o tempo disponível para desenvolvimento da atividade. Assim como destacam novamente a preferência por atividades experimentais ou que explorem a visão dos fenômenos físicos. Segundo registros do diário de campo, a equipe com o experimento sobre Linhas de Campo (TEMA 6) se mostrou bastante satisfeita com a possibilidade de ver as linhas formadas pelas limalhas de ferro e discutiu sobre sua composição. Já experimentos como o motor elétrico simples (TEMA 8) não funcionou devido a problemas na bobina chata, mesmo assim, os integrantes buscaram vídeos para compreender melhor seu funcionamento e montagem.

Foi registrado no diário de bordo que as equipes que desenvolveram atividades experimentais, enquanto exploravam os materiais e os fenômenos, faziam muitas perguntas para a professora para tentar compreender os fatores influenciadores a partir da leitura de um pequeno texto, que acompanhava os roteiros, e das observações. A exploração dos materiais experimentais mostrou um maior potencial de problematização que a leitura dos textos, assim como dá indícios de um recurso que desperta mais interesse nos estudantes pela possibilidade de visualizar os fenômenos, como um dos entrevistados descreve.

Os entrevistados sugerem também a formação de equipes menores para o desenvolvimento das atividades, o que pode ser visto como uma solução que pode reduzir ou evitar a dispersão dos alunos durante a atividade.

Os alunos participantes das entrevistas discutem e contrapõe a metodologia adotada durante a sequência didática implementada às metodologias convencionais

as quais estão habituados. Relatam que a metodologia tradicional que se funda em aulas expositivas com os alunos como sujeitos passivos no processo de ensino-aprendizagem, não promovem uma aprendizagem efetiva. Os conteúdos são focados apenas para visando a aprovação na disciplina, caracterizando uma memorização mecânica sem sentido real para o estudante e são facilmente esquecidos após as avaliações. Os entrevistados afirmam que a forma como as atividades foram desenvolvidas tornaram o estudo mais interessante e dinâmico, e que possibilitava compreender o viés que se entrepunha ao conhecimento científico e sua constituição.

Destacam que a fuga da rotina acaba gerando um interesse maior pela atividade, e relatam que muitas atividades desenvolvidas durante o semestre na disciplina forma diferentes do que estavam habituados. Devido a essa mudança no cotidiano, essas experiências se tornam memoráveis para os estudantes, que também demonstram respeito pelos colegas e mencionam que o fato de serem os colegas que estão apresentando, acabam prestando mais atenção devido à proximidade.

Entretanto, é importante salientar que os entrevistados não se opõem às práxis convencionais de ensino, e expõem que essas também promovem uma compreensão dos conteúdos, mas que esses não se tornam significativos e são facilmente esquecidos pelos alunos. Os participantes conferem essa falta de memória ao fato de que não interagem com o conhecimento de forma ativa nessas metodologias. E apenas um dos estudantes entrevistados crê que a metodologia tradicional não deixaria lacunas devido ao fato de não compreenderem as temáticas tratadas pelas outras equipes durante as leituras e discussões, uma vez que o professor explanaria todos os conceitos, modelos e teorias trabalhados.

Os entrevistados também apresentam situações que se mostraram memoráveis ou que geraram interesse durante o desenvolvimento da sequência. Uma delas é a existência de um mineral com propriedades magnéticas na natureza, que por sua vez era utilizado de forma mística ou para identificar mulheres adúlteras (informação trazida pelos estudantes). A outra é o fato de ser possível visualizar nos experimentos os fenômenos eletromagnéticos, recaindo novamente sobre o caso que os estudantes apresentam grande interesse pelas atividades experimentais.

Ainda que esse interesse promova a aprendizagem de alguns conceitos e modelos físicos, essa aprendizagem ainda não é suficiente para gerar deleite pelo

estudo da Física. Os alunos trazem uma ideia pré-concebida que, ainda que motivados pelas as atividades desenvolvidas, não foi modificada. Segundo a categoria Interesse pelos temas trabalhados, os relatos apontam para um interesse momentâneo pela atividade, mas que não altera o sentimento pela disciplina de Física, já constituído anteriormente. As atividades chamam a atenção dos estudantes em alguns momentos, mas não evitam a dispersão. Mas possibilitam a aprendizagem dos conhecimentos científicos, ainda que não em toda sua plenitude.

Sobre a abordagem da HFC no ensino do observamos que esse fundamento gera interesse nos alunos por evidenciar os fatores desencadeadores da produção científica, expondo os elementos culturais e os pensamentos que permeiam esse processo, o que dá significado para os conceitos, modelos e teorias físicas que são estudadas. Os relatos mostram que a HFC humaniza a ciência, mostrando que os conhecimentos científicos não são apenas reproduções de cálculos sem um real entendimento de seus sentidos e interpretações, mas são saberes decorrentes de necessidades e interesses fortemente ligados às carências sociais de cada época.

Os partícipes ainda chama atenção para o fato que a HFC promove o entendimento de que é possível observar eventos de diferentes perspectivas, não restringindo a criatividade da busca de soluções, que por sua vez devem ser fundamentadas, mas podendo partir de outras teorias de fundo. Esse posicionamento configura uma postura crítica diante dos diferentes modelos que caracterizam a Física. No entanto, os estudantes ainda não percebem a importância desse e de outros fatores formativos proporcionados pela HFC para o exercício de sua profissão.

Observamos na categoria Conhecimento que a Eletricidade é correlacionada ao movimento de elétrons que compões uma corrente elétrica, mas de forma geral é concebida como uma forma de energia. É confusa a concepção de diferença de potencial (ddp) na entrevista (citado apenas por um dos entrevistados), mas não é entendida como elemento gerador de corrente elétrica.

O Magnetismo é vinculado à concepção de polos terrestres e à força de atração e repulsão dos corpos magnéticos, mas é também entendido com uma forma e energia, assim como a Eletricidade. E ao descrever uma associação à massa dos corpos, aparece uma concepção de que massa pode gerar energia, mas não é discriminada em detalhes.

Entretanto, é bastante confuso para os alunos diferenciar esses dois fenômenos (elétricos e magnéticos). Há contradição quando um dos entrevistados afirma não haver distinção entre eles e posteriormente descrevê-los como formas de energia diferenciadas. E também, em alguns momentos, outro participante da entrevista utiliza o termo “eletrizado” como sinônimo de “magnetizado”, o que demonstra que a distinção entre a origem dos fenômenos ainda não é assimilada pelos estudantes. Observamos que as leituras e as discussões acerca dos diferentes modelos e teorias eletromagnéticas não foram suficientes para modificar concepções errôneas dos estudantes, como a diferenciação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos, como a identificação dos polos norte e sul que são confundidos com as cargas positivas e negativas de um corpo eletrizado. Assim como o entendimento da formação dos campos magnéticos em um fio condutor, que é concebido como um campo no mesmo sentido da corrente elétrica ou mesmo que há sua formação sem a condução dessa corrente, apenas em torno da pilha isoladamente.

Já os campos eletromagnéticos são definidos nas entrevistas como um ente que envolve o material, sendo entendido como uma área de atuação onde ocorrem as interações elétricas ou magnéticas devido à influência dos campos. A intensidade desse campo, por sua vez, é associada à distância da carga geradora do mesmo, sendo essa intensidade um fator importante na interação entre dois corpos. O campo magnético á caracterizado por dois polos (norte e sul) e é compreendido que os polos iguais geram repulsão e polos diferentes se atraem.

Esses campos são concebidos como grandezas vetoriais, sendo descritos por linhas cujo sentido é definido pela carga elétrica do corpo eletrizado “saindo” do positivo e “chegando” ao negativo (no caso de campos elétricos), ou do polo norte para o polo sul (no caso dos campos magnéticos). Percebemos assim a compreensão da concepção do modelo de representação de campo descrito por Faraday. No entanto, os alunos retratam o corpo gerador do campo como um **emissor** (fato que discutiremos novamente mais a frente) e se referem ao campo como um “campo de energia”, o que pode ser associado à concepção de que um corpo pode armazenar energia devido à ação do campo na região (Energia Potencial Elétrica ou Magnética).

A relação entre Eletricidade e Magnetismo descrita por Oersted e Faraday (Indução Eletromagnética) é inicialmente inquirida por meio de uma hipótese,

formulada por Franklin, que traz uma explicação incorreta sobre a interferência dos raios durante as tempestades na orientação das bússolas dos navegadores. O aquecimento da agulha da bússola devido à descarga elétrica é posta como a causadora do desvio da bússola, e é perguntado se os participantes da entrevista concordam com essa explanação. De forma geral, os entrevistados se posicionam contrários a essa hipótese, mesmo que reflitam por um tempo e em alguns momentos se mostrem inseguros, mas optam por opor-se a essa perspectiva ainda que não demonstrem clareza na compreensão das causas desse fenômeno. Apenas um dos entrevistados concebe a hipótese como verdadeira, mas posteriormente reflete sobre a experiência de Oersted, e reformula sua concepção como descreveremos melhor na categoria sobre mudança conceitual.

Ao pensar nessa experiência, os entrevistados demonstram mais firmeza ao relacionar o raio a uma descarga elétrica e atribuir o desvio da bússola ao fato de que correntes elétricas geram campo magnético, o que infere diretamente na orientação da agulha imantada, que aponta para os polos norte e sul de um campo magnético. A posição da bússola é então relacionada ao sentido da corrente no fio.

E afirmam que os tópicos mais teóricos geraram muitas dúvidas e eram de difícil compreensão, como a explicação sobre o funcionamento dos motores e geradores. Por isso esses temas foram em grande parte esquecidos ou foram entendidos de forma distorcida. Mas salientam que o contexto geral dos pontos trabalhados na sequência didática foi compreendido.

Fato semelhante foi registrado no diário de bordo, quando alunos da equipe que discutia o tema 5 que fez a leitura e discussão do texto “A descoberta de Faraday e o éter elétrico” de Aldo G. Pereira. Esse texto explana o processo de concepção de campo criada por Faraday, a partir de um conceito inicial de que haveria a transmissão de partículas próximas do meio, que representou por linhas de campo como as que são formadas pelas limalhas de ferro nas proximidades de um imã. Essa equipe relatou que sentiu bastante dificuldade de compreender as explicações desse modelo, mesmo como auxilio da professora na interpretação do texto.

Ao descreverem o funcionamento de motores e geradores, mencionam apenas o motor elétrico. O seu funcionamento é atrelado à produção do campo magnético em uma bobina condutora de corrente elétrica que interagem com um imã, causando a rotação e consequente movimento do motor. Um dos entrevistados

afirma já ter construído um motor elétrico simples e compreende seu funcionamento e descreve a montagem desse aparato, destacando a necessidade do isolamento dos fios da bobina para o funcionamento do motor, para que não ocorra um curto-circuito e entre as espiras da bobina. Esse partícipe não era integrante da equipe que tratou do Tema 8 (Motor de Faraday), o que mostra que a atividade experimental realizada em outro momento de sua formação escolar se constitui em um fato marcante.

Os estudos teóricos, como as Equações de Maxwell são de difícil assimilação para os estudantes, que relatam não lembrar nenhuma informação sobre as formulações matemáticas nem sobre sua concepção e importância para o estudo do Eletromagnetismo.

Outros tópicos também se mostram confusos e são descritos ou explanados com incoerência pelos entrevistados, como é percebido na categoria Incompreensões e confusões conceituais. Um dos entrevistados afirma não conceber a formação de campo, sendo incapaz de compreender como este se manifesta em torno de uma placa metálica eletrizada ou magnetizada, mas concebe a interferência entre os corpos ainda que sem compreender como ocorra. Outro descreve de forma bastante confusa a interação entre corpos eletrizados ou entre corpos magnéticos, sendo ininteligível a explanação de que as interações decorrem em virtude do movimento dos corpos que, cada qual com seu campo separadamente, e se unem. Isso demonstra a falta de entendimento do modelo que concebe o campo como agente transmissor dos efeitos de interação (atração e repulsão) entre os corpos eletrizados ou magnéticos.

A formação do campo magnético em torno de um fio condutor é também bastante abstrata para os estudantes, que não conseguem vislumbrar a formação de linhas concêntricas que representam esse campo e permitem compreender a orientação da agulha da bússola nessa região durante a experimentação de Oersted. É concebido que o campo é paralelo ao fio condutor e se orienta de acordo com o sentido da corrente elétrica, assim como para a maioria dos estudantes há emissão de matéria para que haja interações elétricas ou magnéticas entre os corpos. Entendem que as linhas de campo constituem o trajeto de elétrons que são transmitidos durante a atração ou repulsão. Visão que se assemelha a ideia que deu origem ao modelo proposto por Faraday, em que as linhas mostravam tensões de um meio material transmissor dessas influências, como observamos na formação de

linhas com as limalhas de ferro nas proximidades de um imã. No entanto, essa concepção é errônea, sendo que apenas um dos estudantes entrevistados relata não poder haver transmissão de matéria, uma vez que essa ocasionaria na corrosão do material.

Outras afirmações são questionáveis ou incoerentes, como a visão de que os textos se organizavam de forma cíclica, em que o último estava vinculado à primeira temática. É importante ressaltar que o processo constituído nessa sequência busca apresentar o complexo processo de constituição da ciência, que não é linear, nem mesmo cíclico como foi entendido por um dos estudantes.

Outra visão distorcida denota que elétrons se movimentam devido à tendência de campos magnéticos se unirem e que o aquecimento em consequência de uma descarga elétrica (Efeito Joule) gera algum tipo de efeito atrativo não compreendido.

Pensando sobre a experiência de Oersted, entende-se que a agulha da bússola, por seu caráter magnético, deveria ser atraída pelo fio condutor de corrente e esses objetos permaneceriam unidos após o evento, entendendo a formação do campo magnético como um campo de atração da bússola. Esse fato pode ser também associado ao fato que os estudantes não compreendem como se orienta o campo magnético ao redor do fio condutor, como percebemos anteriormente, o que desencadeia uma série de erros da interpretação analítica dos fenômenos eletromagnéticos.

Outro ponto duvidoso que chama a atenção é o fato de que um dos entrevistados relata, ainda que afirme não lembrar direito, que as equações de Maxwell auxiliaram a resolução de exercícios durante as aulas. Contudo, não foi realizado nenhum exercício de aplicação dessas equações durante o período letivo além das discussões consequentes da implementação da sequência didática.

Durante os exercícios de reflexão ocasionados pela entrevista, ao pensar na possibilidade do aquecimento com causador do desvio da bússola observado pelos navegadores, um dos alunos entrevistados mostra que concebe que a ciência se constitui em uma teia de conhecimentos que não são isolados em suas áreas específicas. Há também a percepção de que o aquecimento de um corpo pode gerar sua dilatação, o que poderia ocasionar o desvio descrito pela hipótese formulada por Franklin.

Por fim, a visão de que os cientistas estudados são superiores ao outros seres humanos também não foi desfeita. Ainda que haja o reconhecimento do trabalho de Oersted para o Eletromagnetismo, não há concepção de que seu trabalho é expressivo conjuntamente com o estudo de outros pesquisadores.

A partir da análise das categorias, é possível afirmar que a HFC pode oferecer grandes contribuições ao processo de formação para a Engenharia no âmbito da Aprendizagem e do Ensino, com base no estudo do Eletromagnetismo. Todavia, é importante destacar a importância do planejamento das atividades pedagógicas diante dos objetivos formativos. A escolha da metodologia e recursos didáticos infere diretamente no processo de ensino-aprendizagem do discente, podendo não oferecer as condições necessárias para que os estudantes desenvolvam determinados conhecimentos, ainda que o enfoque adotado seja bastante produtivo.

O desenvolvimento de conhecimentos diversos é tão importante quanto à formação técnica do profissional, que deve possuir uma fundamentação científica sólida. A compreensão dos fenômenos físicos e das leis e teorias que regem essa Ciência são indispensáveis para promover uma atuação na resolução de problemas e avanço das tecnologias de maneira adequada e consciente dos impactos e consequências da sua utilização. Conquanto, a sociedade atual, assim como o mercado de trabalho, exige hoje uma série de outros saberes e posturas que precisam ser desenvolvidos. Muitos desses fatores podem ser desenvolvidos com o estudo da HFC, como uma visão totalizante, uma postura investigativa, a autonomia do profissional, a busca por uma contínua atualização dos conhecimentos, a comunicação, o relacionamento em equipe, e a compreensão de como a conjuntura infere na cadeia produtiva. Isso é permitido porque a Ciência se constitui dentro dessa perspectiva, e também orientada pelos diferentes olhares no decorrer da história. Uma vez que, como seres humanos, somos capazes de aprender a partir do conhecimento decorrente da experiência de outrem, devemos nos apoiar em um viés que nos oferece uma visão complexa de todo esse processo de produção de conhecimento e desenvolvimento social.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante toda essa pesquisa, o objetivo a ser atingido era de verificar as possíveis contribuições e fatores adversos da abordagem da HFC para o processo de ensino-aprendizagem de tópicos de Eletromagnetismo para uma turma de alunos de cursos de engenharias. Desde o estudo das características de uma proposta didática que adota esse viés histórico-filosófico da ciência, até a elaboração de uma sequência didática fundada nessas características para ser implementada nessa turma, visávamos esse propósito. E por fim, o desenvolvimento das atividades proporcionou a possibilidade dessa verificação.

A Educação deve prover o preparo do sujeito para viver e contribuir para a sociedade em que se insere. Para tal formação, esse sujeito deve então compreender os paradigmas e conhecimentos que direcionam as ações dentro desse grupo social, e refletir criticamente sobre tais visões para saber distingui-las, posicionar-se diante delas e saber utilizá-las de forma produtiva e ética.

O Ensino de Ciências e o Ensino de Física, mais especificamente, não divergem dessa perspectiva de educação. Na formação do Engenheiro (refiro-me principalmente aos profissionais da Engenharia Mecânica, Engenharia Química e Engenharia de Produção, uma vez que constituem o foco desse trabalho), um profissional que deve atuar em prol do desenvolvimento tecnológico, bem estar social e conservação ambiental, devendo estar preparado para atuar não apenas no mercado industrial, mas também para fazer parte desse processo de produção de conhecimento. E a HFC vem como uma abordagem e também mais uma forma de conhecimento que possibilita essa formação do futuro engenheiro.

Através da análise de textos e das entrevistas com alunos que participaram da implementação da sequência didática, percebemos contribuições da HFC em três grandes áreas: para o processo de APRENDIZAGEM dos estudantes, para os métodos de ENSINO e para a aquisição e compreensão do CONHECIMENTO, tratando compreensão de conceitos, leis, teorias e modelos científicos.

Notamos que para a Aprendizagem, foram identificadas as seguintes contribuições:

- Mudança na concepção de ciência: os estudantes percebem uma mudança na perspectiva metodológica. A ciência deixa de ser baseada apenas na exploração dos sentidos humanos e com uso de instrumentos mais rústicos.

Ela passa a exigir uma definição metodológica que vai se aperfeiçoando e, gradualmente, tornando-se mais rigorosa e que passa a necessitar de medição e controle de grandezas.

- Epistemologia: há percepção de que a Física adota uma fundamentação cada vez mais matemática, trazendo uma nova estrutura para o pensamento científico e para a composição dos modelos.
- Modelo científico: é entendido pelos alunos que a Ciência se alicerça em modelos que são representações da natureza, não sendo uma imagem exata da realidade e que está sujeita a sofrer modificações. Promovendo a percepção de que a Ciência é um constructo dinâmico em constante transformação.
- Ciência como produção humana: os futuros engenheiros percebem o papel do cientista como um sujeito não neutro, mas que é influenciado por teorias e que tem ideias e interpretações que direcionam suas pesquisas e investigações científicas.
- Divulgação científica: os estudantes compreendem que a divulgação do conhecimento produzido, por meio de publicação de artigos ou em comunicações em eventos científicos, é necessária para que este possa ser difundido para comunidade científica, servindo de referência para outros estudos, e para que seja também validado pelo grupo de especialistas, uma vez que esse conhecimento é uma interpretação do pesquisador. Os estudantes percebem ainda a mudança na forma textual dos textos no decorrer dos tempos. Inicialmente voltados para o público geral que tinha interesse no tema (séc. XIII), apresentava uma linguagem mais simples, mas com terminologias coetâneas. Atualmente, os textos científicos assumem um caráter mais técnico, dirigido para um grupo de pessoas especialistas da área.
- Contextualização da ciência: é entendido que a curiosidade humana é um grande fator desencadeador das pesquisas científicas, somada a conjuntura política e econômica e as necessidades sociais da época. Essas necessidades podem suscitar o desenvolvimento de novas tecnologias. Esse desenvolvimento, por sua vez, transforma a sociedade em todos os seus elementos (culturais, sociais, econômicos, políticos). Os estudantes também

entendem que o pensamento/paradigma dominante do período pode ser um grande fator provocador do desenvolvimento da Ciência, a partir da perspectiva do cientista (favorável ou adversa) buscando comprovações ou refutá-la, além de influenciar a própria visão do pesquisador em seus estudos (paradigma kuhniano).

- Construção do conhecimento: os alunos se identificam com métodos de investigação e concepções dos cientistas, o que aproxima o aluno do processo de constituição do conhecimento e facilita a sua construção.
- Formação de indivíduo crítico: diante de uma diversidade de ideias, modelos e teorias, os alunos compreendem que a diversidade promove a discussão, contestação, comprovação e o abandono ou aperfeiçoamento desses conhecimentos. É também entendida a necessidade de um posicionamento teórico, para elaborar hipóteses que possibilitam e direcionam os procedimentos de validação. Não apenas para os cientistas, mas para os futuros profissionais da engenharia, desenvolvem esse caráter de indivíduo crítico, quando refletem, argumentam e também se posicionam diante das diferentes teorias para formular ou reformular explanações e concepções próprias de forma ética.

Além dessas contribuições já descritas na literatura da área, é também observado que os alunos demonstram uma visão mais ampla da Física, trazendo relações de outras áreas da Física com o estudo do Eletromagnetismo, resgatando teorias estudadas anteriormente para refletir sobre a validade de hipóteses criadas por cientistas para explanar, por exemplo, o desvio da agulha de uma bússola durante tempestades.

Sobre o processo de Ensino, a forma como as atividades que compunham a sequência didática foram desenvolvidas (recursos e metodologias) é vista de maneira positiva pelos estudantes. Destacam que a exploração de leituras, a necessidade de buscarem mais informações em outras fontes e equipes, e a apresentação da temática da equipe para a turma, auxiliaram a compreensão dos conteúdos por propiciar um estudo mais profundo e autônomo que provoca discussões entre os integrantes do grupo para um melhor entendimento. A proximidade com os colegas da turma e o respeito por eles são citados como fatores motivadores para uma maior atenção a apresentação das outras equipes para alguns alunos. No entanto, sobre o trabalho em equipe, as opiniões divergem.

Alguns alunos apontam para as contribuições que essa prática acarreta ao processo de ensino-aprendizagem. A diversidade de experiências, opiniões e conhecimentos que cada integrante da equipe possui possibilita uma discussão mais rica e o debate sobre teorias e modelos e o uso desses conhecimentos de forma adequada em diferentes situações. Contudo, relatam que equipes muito grandes acabam gerando dispersão e sugerem que seja trabalhado em grupos com números menores de alunos. Sugerem também o estudo de todas as temáticas por todas as equipes, pois alguns alunos entendem que a necessidade de atuar de forma autônoma e buscar mais informações para uma melhor compreensão da temática é um elemento limitador da aprendizagem, podendo deixar lacunas no conhecimento. Contudo, o tempo disponível para implementação da sequência didática não era suficiente para que esse estudo fosse realizado por todas as equipes. Essa sugestão pode ser melhor avaliada em uma pesquisa futura, em que a sequência possa ser replanejada e desenvolvida em um período mais longo.

O desenvolvimento ou observação de experimentos também são descritos como facilitadores da aprendizagem, uma vez que possibilitam que o aluno vislumbre o fenômeno em discussão (como a formação da limalhas de ferro em região com campo magnético), gerando interesse e auxiliando na compreensão dos conceitos, modelos e teorias. Alguns alunos destacam também como o sentido da visão auxilia na aprendizagem, devido à memória visual. Para os estudantes, a realização de experimentos torna a aula mais marcante, como aquelas “brincadeiras de criança”, como quebrar um imã e verificar a atração e repulsão dos pedaços, que ficaram guardadas na memória sendo resgatadas durante a atividade, fazendo com que os alunos se identificassem com o processo de investigação científica para caracterização dos minerais magnéticos.

Outra observação foi sobre a concepção de que todas as equipes juntas construíam um grande trabalho. O fato de ser necessário compreender as temáticas de todas as equipes para uma visão completa e complexa da constituição do Eletromagnetismo foi algo descrito com uma “fuga da rotina” para os estudantes. Essa “escapada”, segundo eles, gera mais interesse e torna a aula memorável, o que facilita resgatar esses conhecimentos posteriormente.

Os alunos descrevem estar habituados às metodologias convencionais que se baseiam em aulas expositivas e em um aluno expectador que atua de forma passiva na constituição do seu conhecimento. Esse método é visto como um fator

desmotivante para os alunos devido à falta de interação com os temas que parecem ser expostos sem propósitos relevantes para suas vidas. Eles acabam reproduzindo mecanicamente as técnicas porque visam apenas à aprovação na disciplina. Isso faz com que esses conteúdos sejam facilmente esquecidos após as avaliações. Afirmam que aulas mais dinâmicas, em que o aluno atua como um sujeito construtor dos seus conhecimentos promove a compreensão do movimento de busca e estudo, além dos agentes desencadeadores desses estudos, que permeia a constituição da Ciência.

Sobre a adoção da HFC para fundamentar esse estudo, segundo os alunos, é um elemento que proporciona para o ensino um interesse maior por parte do estudante porque evidencia os fatores que incitam os estudos científicos, expondo as demandas da sociedade da época, as características culturais e os paradigmas que entremeiam as ações dos cientistas. Segundo os alunos, ao discriminar as ações humanas na constituição da Física, o uso de leis e o desenvolvimento de cálculos ganha sentido, mostrando que a Ciência se faz a partir de diferentes perspectivas de cientistas que utilizam de criatividade e forte fundamentação teórica.

No que se refera a concepção do Conhecimento, verificamos que os alunos passam a compreender e relacionar conceitos, modelos e teorias a fenômenos físicos e seus elementos causadores. Entretanto, ainda apresentam dificuldades na diferenciação da origem dos fenômenos elétricos e dos fenômenos magnéticos. Os termos “elétrico” e “magnético” são erroneamente utilizados por alguns alunos como sinônimos, ignorando a distinção dos dois tipos de fenômenos.

Outro ponto a ser destacado na área do Conhecimento, é a dificuldade de alguns alunos em transpor a concepção de que para que as interações eletromagnéticas ocorram deve haver transferência de matéria, no caso elétrons, como se todo tipo de interação (até mesmo atração e repulsão entre corpos magnéticos) são causados pela transmissão de elétrons entre os corpos. Trazemos então a sugestão para futuras investigações de verificar se a concepção de Faraday sobre o modelo de linhas de campo, inicialmente compreendidas como linhas de tensão de uma composição material entre os corpos como responsáveis pelas interações pode ser o elemento causador dessa perspectiva. E talvez, se este pode compor um dos obstáculos à transposição dessa concepção após a observação da formação das limalhas de ferro nas proximidades de imãs (experimento).

Observamos também que os conceitos de base matemática e/ou mais abstratos geram mais dúvidas e se tornam difíceis de serem compreendidos pelos estudantes. Por esse motivo, são facilmente esquecidos ou sofrem distorções transformando-se em concepções incoerentes e equivocadas. A formação do campo magnético concêntrico ao redor de um fio condutor de corrente elétrica é um exemplo dessa dificuldade de compreensão e abstração, assim com a Teoria de Maxwell.

Podemos ainda discutir mais elementos que foram observados nessa pesquisa. Um deles é sobre a concepção de uma Ciência não linear, que a literatura descreve com uma das contribuições da adoção da HFC para o Ensino de Ciência. No entanto, essa contribuição não parece com clareza na nossa análise. Os alunos demonstram vislumbrar a Ciência como uma construção em que estudos, modelos e teorias de diferentes períodos são resgatados, modificados e/ou aperfeiçoados quando se busca o desenvolvimento de um novo conhecimento ou paradigma. No entanto, diante da compreensão de que esse processo é complexo e edificado coletivamente, os alunos buscam traçar uma relação sequencial entre as produções, mesmo que não sigam a forma linear, mas como ciclos, o que também não caracteriza o desenvolvimento da Ciência.

Outro fator discriminado nos estudos sobre HFC que não foi observado nessa investigação é a refutação da visão dos cientistas como indivíduos de inteligência superior. Essa concepção se mantém na perspectiva dos futuros engenheiros que não compreendem o seu papel na produção de conhecimento. Não compreendem também como as contribuições identificadas e descritas anteriormente, promovidas pelo uso da HFC, são elementos importantes para o processo formativo do perfil do profissional engenheiro.

Ainda assim, as contribuições dessa abordagem se mostram mais significativas que os fatores adversos identificados. A HFC não apenas como uma abordagem, mas também como um conhecimento a ser difundido no estudo das Ciências, é uma opção bastante completa que promove uma formação coerente com os objetivos da Educação brasileira. Assim como proporciona o preparo de engenheiros com senso crítico que vislumbram os problemas em sua totalidade, capazes de atuar não apenas tecnicamente, mas que compreendem o seu papel na instituição empregadora assim como na sociedade como um todo. E coloco ênfase na necessidade de mais estudos sobre o uso da HFC na Educação para

Engenharia, uma vez que todo o potencial dessa abordagem é pouco explorado por professores e, de forma ainda menos significativa, por pesquisadores da área, que acabam por ignorar todas as potencialidades dessa perspectiva histórico-filosófica da ciência que fundamenta a atuação do engenheiro.

Destacamos, por fim, a importância da metodologia didática nesse processo de ensino-aprendizagem. Uma vez que uma turma é composta por indivíduos singulares, que carregam uma bagagem de conhecimentos, experiências e ideologias diversas, assim como apresentam especificidades cognitivas e talentos. O planejamento de uma sequência didática deve utilizar recursos e métodos que alcancem esses alunos, explorem suas particularidades e que busquem atingir os objetivos para educação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. L. **Introdução à Filosofia da Ciência**. Curitiba: Ed. UFPR, 2003.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BASTOS FILHO, J. B. Qual história e qual filosofia da ciência são capazes de melhorar o ensino de física? In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.;FERREIRA, J. M. H. (org.) **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. p. 65-83.

BEHRENS, M. A. A prática pedagógica e o desafio do paradigma emergente. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 80, n. 196, p. 383-403, Brasília, set./dez. 1999.

_____. A formação pedagógica e os desafios do mundo moderno. In: MASETTO, M. T. (Org.). **Docência na universidade**. Campinas: Papirus, 2013. p. 61-74.

BEZERRA, E. V. L. **Análise de propostas didáticas de história e filosofia da ciência para o ensino de física**. 2014. 123f . Dissertação (Mestrado em Educação de Ciências e em Matemática) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BISCAINO, A. P. **O enfoque histórico filosófico da ciência no ensino e na formação inicial de professores de física:** estudo de caso com licenciandos em situação de estágio de docência. 2012. 161f. Dissertação (Mestrado em Educação de Ciências e em Matemática) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BOSS, S. L. B. Considerações sobre a produção e o uso de material histórico em sala de aula: dificuldades de leitura e entendimento de traduções de fontes primárias. In: CAMARGO, S. *et al* (org.) **Controvérsias na pesquisa em ensino de física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. p. 161-174.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

_____. Ministério da Educação. **PCN+ ensino médio** – parâmetros curriculares nacionais do ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Disponível em: <www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2015.

_____. Parecer CNE/CES 1362/2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 fev. 2002.

CAMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. **Revista Interinstitucional de Psicologia**, v.6, n.2, p.179-191, jul.-dez.2013.

CATANI, A. M.; OLIVEIRA, J. F. A educação superior. In: OLIVEIRA, R. P.; ADRIÃO, T. (Org.) **Organização do ensino no Brasil** – níveis e modalidades na constituição Federal e na LDB. 2 ed. São Paulo: Xamã, 2007. p. 73-84.

CHAGAS, A. T. R. O questionário na Pesquisa Científica. **Revista Administração on line**, v.1, n.1, jan., fev., mar. 2000.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CORDEIRO, J. S. *et al*. Um futuro para educação em engenharia no Brasil: desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, Edição Especial , v. 27, n. 3, p. 69-82, 2008.

DELIZOICOV, D. **Problemas e problematizações**. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/87874/mod_resource/content/2/Problemas_problematizacao.pdf >. Acesso em: 30 set. 2017.

DOCUMENTO ORGANIZAÇÃO CURRICULAR DA INSTITUIÇÃOª. **Organização Curricular do Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção**, 2013. 26 p.

_____[b]. **Organização Curricular do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica**, 2013. 26 p.

_____[c]. **Organização Curricular do Curso de Bacharelado em Engenharia Química**, 2015. 27 p.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de História e Filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências:** Subsídios para aplicação no Ensino. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2007. p.3-21.

FERNANDES, C. M. B. Formação do professor universitário: tarefa de quem? In: MASETTO, M. T. (Org.). **Docência na universidade**. Campinas: Papirus, 2013. p. 103-122.

FLACH, C. R. C.; BEHRENS, M. A. Paradigmas educacionais e sua influência na prática pedagógica. In: VIII Congresso Nacional de Educação, 2008, Curitiba. **Anais do VIII EDUCERE, III CIAVE**, Curitiba: Editora Champagnat, 2008, p.10118-10129.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo: s.n., 2009.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GUERRA, A. A identidade e o diálogo como possibilidade de superação da controvérsia entre educadores e historiadores da ciência. In: CAMARGO, S. *et al* (org.) **Controvérsias na pesquisa em ensino de física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. p.129-142.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o Eletromagnetismo no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n.2, p. 224-248, ago. 2004.

GÜNTHER, H. Como elaborar um questionário. **Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais**, Laboratório de Psicologia Ambiental, n. 1, p.1-15, 2003.

HIGA, I; HOSOUNE, Y. Formação de professores de física: concepções sobre a ciência e o seu ensino. In: SCHIMIDT, M. A.; GARCIA, T. M. F. B.; HORN, G. B. **Diálogos e perspectivas de investigação**. Injuí: Unijuí, 2008. p. 245-264.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. **Science & Education**, v.20, p. 293-316, 2011.

KAPRAS, S. Modelos, matemática e física na história da ciência no ensino – os casos da luz como onda e como onda eletromagnética. O papel da Matemática na elaboração e no ensino do conhecimento físico (Proposta de Sessão Coordenada). In: XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2011, Foz do Iguaçu. **Anais do XIII EPEF**, Foz do Iguaçu, 2011, p. 5-7.

KARAM, R.; POSPIECH, G.; PIETROCOLA, M. Abordagem do caráter estruturante da matemática em aulas de eletromagnetismo. O papel da Matemática na elaboração e no ensino do conhecimento físico (Proposta de Sessão Coordenada). In: XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2011, Foz do Iguaçu. **Anais do XIII EPEF**, Foz do Iguaçu, 2011, p. 8-10.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

LONDERO, L. A história e a filosofia da ciência na formação de professores de física: controvérsias curriculares. **História da ciência e ensino: construindo interfaces**, v. 11, p. 18-32, 2015.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, R. A. A fundamentação histórica da lei da inércia: um exemplo de conflito entre educadores e historiadores da ciência no uso da história da ciência no ensino de física. . In: CAMARGO, S. *et al* (org.) **Controvérsias na pesquisa em ensino de física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. p.143-160.

MASETTO, M. T. Professor universitário: um profissional da educação na atividade docente. In: MASETTO, M. T. (org.) Docência na universidade. Campinas: Papirus, 2013. p. 9-27.

MASSON, T. J.; MOURA, J. R.; RODRIGUES, V. A.; CARRIÓ, J. A. G. Ensino de física tecnológica. In: Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2005, Campina Grande. **Anais do XXXIII COBENGE**, Campina Grande: Abenge, 2005, p. 1-7.

MELO, A.; URBANETZ, S. T. **Fundamentos de didática**. 20.ed. Curitiba: Ibpex, 2008.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação,** v. 22, n. 37, p. 7-32, Porto Alegre, 1999.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94-99,mar. 2000.

_____. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. SILVA, C. E. F.; SAWAYA, J. (tradução). 2.ed. rev. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2011.

MOURA, B. A.; SILVA, C. C. Abordagem multicontextual da história da ciência: uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. **Revista Brasileira de História da Ciência**. Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 336-348,jul./dez. 2014.

NOGUEIRA, M. O. G. **Aprendizagem do aluno adulto**: implicações para a prática docente no ensino superior. Curitiba: Intersaberes, 2012.

OLIVEIRA, E. *et al*. Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação. **Revista Diálogo Educacional,** v. 4, n. 9, p. 11-27, Curitiba, 2003.

OLIVEIRA, V. S.; SILVA, R. F. Ser bacharel e professor: dilemas da formação docente para a educação profissional e superior. **HOLOS**, ano 28, v. 2, mai. 2012. p. 193-205.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 184-196, dez. 1996.

QUEIROGA, J. M. G. *et al*. Mitos, anedotas e o conhecimento em história da física. In: Anais do XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2012, Maresias. **Anais do XIV EPEF**, Maresias: 2012.

RICARDO, E. C. **Problematização e contextualização no ensino de física**. Texto a ser publicado em obra coletiva organizada por Anna Maria Pessoa Carvalho. Disponível em:

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6737/mod_resource/content/2/capitulo_Elio.pdf> Acesso em: 21/03/2017.

ROMÃO, J. E. Educação e cidadania. In: PINSKY, J. (org.) **Práticas de cidadania**. São Paulo: Contexto, 2004. p. 147-168.

ROSA, M. V. F. P. C.; ARNOLDI, M. A. G. C. **A entrevista na pesquisa qualitativa:** mecanismo para validação de resultados. Belo Horizonte: Autêntica, 2008.

ROSENBERG, A. **Introdução à filosofia da ciência**. 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2013.

RUFFINO, R. T. O ensino da engenharia mecânica. **Revista Ensino em Engenharia**, v. 4, n. 1, p. 44-47, São Paulo, 1985.

SAPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5.ed. Porto Alegre: Penso, 2013

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23.ed.rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

_____. A filosofia na formação do adolescente no ensino médio. In: SCHIMIDT, M. A.; GARCIA, T. M. F. B.; HORN, G. B. **Diálogos e perspectivas de investigação**. Injuí: Unijuí, 2008. p.165-178.

SEROGLOU, F.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Introduction: the application of the History and Philosophy of Science in Science Teaching. **Science and Education**, n.21, p. 767-770, 2012.

SILVA, L. C. M.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. A carga específica do elétron. Um enfoque histórico e experimental. **Revista Brasileira de ensino de Física**. v. 33, n.1, 2011.

SUHR, R. F.; SILVA, S. Z. **Relação professor-aluno-conhecimento**. Coleção Metodologia do Ensino da Educação Superior, v. 7. Curitiba: InterSaberes, 2012.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JUNIOR; O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de história e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.;FERREIRA, J. M. H. (org.) **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. p. 9-40.

VEIGA, I. P. A. Alternativas pedagógicas para a formação do professor da educação superior. In: VEIGA, I. P. A.; VIANA, C. M. Q. Q. (org.) **Docentes para a educação superior**: processos formativos. Campinas: Papirus, 2010. p. 13-27.

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO

PERFIL

1-) Em qual curso esta matriculado nesta instituição?

( ) Engenharia Mecânica ( ) Engenharia de Controle e Automação

( ) Engenharia de Produção ( ) Engenharia Química

( ) Engenharia Elétrica ( ) Engenharia Civil

( ) Outro. Qual? _____

2-) Qual o seu gênero?

( ) Feminino. ( ) Masculino.

3-) Qual a sua idade?_____

4-) É a primeira vez que cursa essa disciplina de Física III?

( ) Sim. ( ) Não.

5-) Se respondeu NÃO à questão anterior, quantas vezes já cursou essa disciplina?

( ) 1 vez.

( ) 2 vezes.

( ) 3 vezes.

( ) 4 vezes ou mais.

6-) Já possui outro curso de graduação concluído?

( )Sim. ( ) Não.

7-) Se respondeu SIM à questão anterior, qual seria esse curso?

8-) Qual sua profissão?

CONHECIMENTO CIENTÍFICO

1-) O que seria Eletricidade?

2-) Quais as características de um objeto eletrizado? Explique.

3-) Características elétricas poderiam ser transmitidas de um objeto para outro?

( ) Sim. ( ) Não.

4-) Se respondeu SIM à questão anterior, como essas características elétricas poderiam ser transmitidas de um objeto para outro? Explique.

5-) Sem contato, um objeto eletrizado pode gerar alguma influência sobre outro?

( ) Sim. ( ) Não.

6-) Se respondeu SIM à questão anterior, qual seria(m) essa(s) influência(s)? Explique.

7-) Um objeto eletrizado pode afetar o espaço em torno dele?

( ) Sim. ( ) Não.

8-) Se respondeu SIM à questão anterior, como esse espaço seria afetado? Explique.

9-) O que são imãs?

10-) Esses imãs afetam outros objetos?

( ) Sim. ( ) Não.

11-) Se respondeu SIM à questão anterior, como esses imãs afetam outros objetos? Explique.

12-) Um objeto magnético pode afetar o espaço em torno dele?

( ) Sim. ( ) Não.

13-) Se respondeu SIM à questão anterior, como esse espaço seria afetado? Explique.

14-) Características magnéticas podem ser transferidas de um objeto imantado para outro objeto? Justifique sua resposta.

15-) Existe alguma relação entre as características dos objetos eletrizados e as características dos objetos imantados?

( ) Sim. ( ) Não.

16-) Se respondeu SIM à questão anterior, qual(s) seria(m) essa(s) relação(s)? Explique.

17-) Existe relação entre Energia, a Eletricidade e o Magnetismo?

( ) Sim.

( ) Não.

18-) Se respondeu SIM à questão anterior, qual(s) seria(m) essa(s) relação(s)? Explique.

Obrigada pela participação.

APÊNDICE 2 – TRADUÇÃO DE TRECHO DE “THE LETTER OF PETRUS PEREGRINUS ON THE MAGNET”

EPÍSTOLA DE PETRUS PEREGRINUS SOBRE O IMÃ

CAPÍTULO III – CARACTERÍSTICAS DE UMA PEDRA-ÍMA

A pedra-íma selecionada deve ser distinguida pelas características – sua coloração, homogeneidade, peso e comportamento. Sua cor deve ser metálica, pálida, fortemente azulada ou índigo, como ferro polido se torna quando exposto à uma atmosfera corrosiva. Eu ainda não vi uma pedra com tal descrição que não produza incríveis efeitos. Essas pedras são encontradas mais frequentemente nos países nórdicos, como afirmam os mercantes que frequentam locais nos mares ao norte, principalmente na Normandia1, Flandres2 e Picardia3. Esta pedra também deve ser de material homogêneo; aquelas com pontos avermelhados e pequenos orifícios não devem ser escolhida; ainda que uma pedra-íma dificilmente é encontrada inteiramente livre de manchas. Devido à uniformidade na sua composição e à compacticidade de seu interior, esta pedra pode ser pesada e mais valiosa. Seu comportamento é conhecido pela sua intensa atração por grandes massas de ferro; mais a frente, explicarei a natureza dessa atração. Se você tiver a chance de ver uma pedra com todas essas características, guarde-a se puder.

CAPÍTULO V – COMO DESCOBRIR OS PÓLOS DE UMA PEDRA-ÍMA E COMO DEFINIR QUAL É O NORTE E QUAL É O SUL.

Os polos de uma pedra magnética estão localizados de maneira usual, você poderá determinar qual é o norte e qual é o sul da seguinte maneira: pegue um recipiente de madeira redondo como um disco ou um prato, e coloque sob a pedra de maneira que os polos fiquem igualmente distanciados das bordas do recipiente; coloque então esse prato em outro recipiente grande cheio de água, de forma que a pedra sobre o prato mencionado se pareça com um mercador em um barco. O segundo recipiente deve ser de tamanho considerável, para que o primeiro se assemelhe a um barco flutuando em um rio ou no mar. Ressalto o grande tamanho do segundo recipiente para que a

tendência natural da pedra-íma não seja impedida pelo contato de um recipiente com o outro. Quando a pedra estiver posicionada, ela girará o prato até o polo norte se alinhar na direção do polo norte da abóboda celeste, e o polo sul da pedra apontará para o polo sul da abóboda. Mesmo que a pedra seja movimentada cem vezes para outra posição, ela retornará a posição cem vezes, como um instinto natural. Desde que as partes norte e sul da abóboda celeste sejam conhecidas, então esse mesmos pontos serão facilmente reconhecidos na pedra porque cada parte da pedra-íma se voltará para o seu correspondente na abóboda.

CAPÍTULO VI – COMO UMA PEDRA MAGNÉTICA ATRAI OUTRA.

Quando você descobriu o polo norte e o polo sul da pedra-íma, marque-os cuidadosamente, isto significa que essa identificação deve ser feita quantas vezes for necessário. Você deve querer como uma pedra-ímã atrai outra, então, com duas pedras-ímas selecionadas e preparadas como mencionado no capítulo anterior, proceda como da seguinte maneira: coloque uma delas em um prato que deve flutuar como um mercador em um esquife4, e deixe seus polos que já foram determinados equidistantes do horizonte, isto é, das bordas do recipiente. Pegue a oura pedra em sua mão, aproxime seu polo norte do polo sul da pedra-íma que esta flutuando no recipiente; a última seguirá a pedra em sua mão como se desejasse se agarrar a ela. Se, reciprocamente, você trouxer a extremidade sul da pedra-íma em sua mão para a extremidade norte da pedra-imã flutuante, o mesmo fenômeno ocorrerá; nomeadamente, a pedra-imã flutuante seguirá a sua mão. Sabemos então que esta é a lei: o polo norte de uma pedra-imã atrai o polo sul de outra, enquanto o polo sul atrai o norte. Você deve executar o caso contrário e trazer o polo norte de uma delas próximo ao polo norte da outra, aquela que você leva nas mãos parecerá que está empurrando aquela que está flutuando. Se o polo sul de uma delas é aproximado do polo sul da outra, o mesmo acontecerá. Isso ocorre devido ao polo norte de uma das pedras buscar o polo sul da outra, e portanto repele o polo norte. Uma prova disso é que finalmente o polo norte se torna unido com o polo sul. Da mesma forma, se o polo sul é afastado do polo sul da pedra-imã flutuante, você verá que após ser repelido, isso não ocorre, como disse anteriormente, quando o polo norte é estendido até o sul. Aqui a tolice de

certas pessoas é manifestada, que afirmam que a escamonea5 atrai a icterícia6 devido a similaridade entre eles, então uma pedra-imã atrai outra mais fortemente que atrai o ferro, um fato que eles supõe ser falso apesar da realidade ser mostrada experimentalmente.

Glossário

1 Normandia é uma região ao noroeste da França.

2 Flandres é a região norte da Bélgica.

3 Picardia é uma região ao norte da França.

4 Esquife é uma pequena embarcação.

5 Escamonea é um tipo de erva, planta.

6 Icterícia é uma doença caracterizada pela coloração amarela dos tecidos e das secreções orgânicas, resultante da presença anormal de pigmentos biliares.

PEREGRINUS, P. **The letter of Petrus Peregrinus on the magnet**. New York: McGraw Publishing Company, 1296.

Traduzido por Fernanda Fonseca.

APÊNDICE 3 – TRADUÇÃO DE TRECHO DE “THE MAGNET”

LIVRO II

CAPÍTULO II – A ATRAÇÃO MAGNÉTICA; E, PRIMEIRO, A ATRAÇÃO EXERCIDA PELO ÂMBAR, OU MAIS APROPRIDAMENTE A LIGAÇÃO DE CORPOS AO ÂMBAR.

A fama da pedra-imã e do âmbar sempre foi grande nos registros dos estudos: muitos filósofos citam a pedra-imã e também o âmbar sempre que, em explicações de mistérios, suas mentes se tornam ofuscadas e quando não há mais caminhos para a razão. Teologistas supraquestionadores, também, buscam clarificar os mistérios de Deus e coisas acima do entendimento humano pelos significados da pedra-imã e do âmbar: como metafísicos de mentes iluminadas, quando eles pronunciam e ensinam suas vãs imagens, empregam a pedra-imã como um tipo de espada délfica1 e como uma ilustração de todos os tipos de coisas. [...] É assim que, em muitos assuntos, homens defendem uma causa cujos méritos não podem ser estabelecidos, como advogados anônimos da pedra-imã e do âmbar. Mas tudo isso, além de compartilhar suas incompreensões, ignoram que as causas dos movimentos da pedra-imã são muito diferentes daquelas que dão ao âmbar suas propriedades; consequentemente, eles facilmente caem em erros, e pela própria imaginação são levados para mais e mais enganos. Por exercerem em outros corpos um grande poder de atração, diferem das pedras-imãs, - o âmbar, por exemplo. Sobre essa substancia poucas palavras devem ser ditas, para mostrar a natureza da atração dos corpos por elas, e apontando uma grande diferença entre essas e a ação magnética; para os homens q continuam na ignorância, e por julgar que essa inclinação dos corpos para o âmbar ser uma atração, e comparar à atração magnética. [...] Os anciões assim como os modernistas dizem que (e seus relatos são restritos à experimentos) que o âmbar atrai palha.

[...] Fracastório pensa que todos os corpos que se atraem mutuamente são semelhantes, ou são da mesma espécie, e que, mesmo em sua ação ou

na sua propriedade *subjetiva*: “agora a propriedade subjetiva”, ele diz, “é que dela é emitido um eflúvio que atrai, e, misturado as substancias, isto não é percebido devido a deformação, pelo que ela é uma coisa *actu*, e uma outra coisa *potentiâ*. [...] Mas ele havia notado que no experimento que todos os corpos são atraídos por elétrico os quais estão em chamas ou flamejantes, ou extremamente rarefeito, ele nunca se entreteria com estas visões. Homens de inteligência acurada, sem conhecimento dos fatos atuais, e na ausência do experimento, facilmente deslizam e erram. Os maiores erros são daqueles que sustentam que o âmbar, diamante, etc., e outros objetos que se atraem, serem um como o outro, mas não os mesmo perto de um outro do tipo, e que portanto com movimentos , para a perfeição.

GILBERT, W. **The magnet: on londstone and magnetic bodies and on the great magnet the Earth**. Londres: Bernard Quaritch, 1893.

Traduzido por Fernanda Fonseca.

APÊNDICE 4 – ROTEIRO EXPERIMENTAL PARA FORMAÇÃO DE LINHAS DE CAMPO

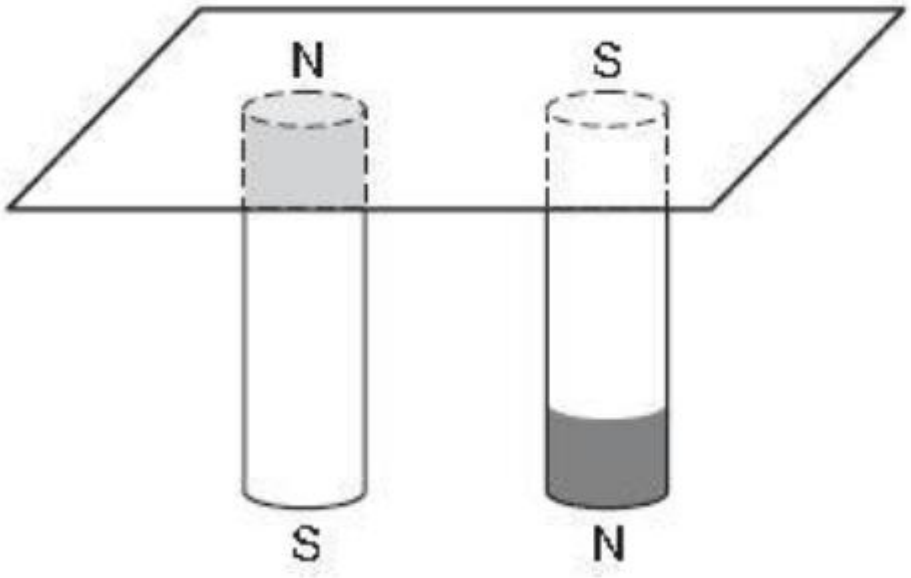
LINHAS DE CAMPO

MATERIAL

- Limalha de ferro
- Imã
- Folha de papel

MONTAGEM

1. Despeje a limalha de ferro sobre o papel.
2. Sob o papel, aproxime o imã da região com a limalha de ferro.



3. Observe o que acontece com a limalha.
4. Movimente o imã e gire-o. O que é observado?

APÊNDICE 5 – ROTEIRO EXPERIMENTAL SOBRE A EXPERIÊNCIA DE OERSTED

O EXPERIMENTO DE OERSTED

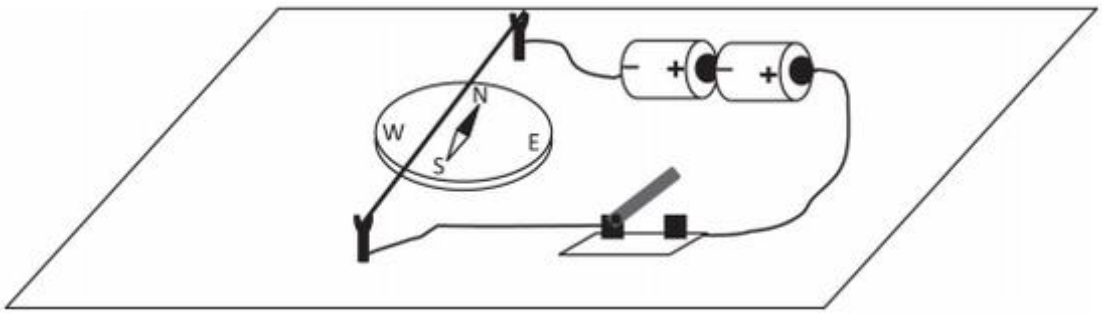
MATERIAL

- Fio de cobre esmaltado
- Fonte 5V ou 2 pilhas D
- Bússola
- Fita isolante

MONTAGEM

Conecte o fio condutor nas extremidades das pilhas ligadas em série ou à fonte.

Disponha a bússola sob o fio condutor esticado, como mostra a figura 1.



Observe o comportamento da agulha da bússola. Gire a bússola se necessário.

APÊNDICE 6 – ROTEIRO EXPERIMENTAL SOBRE FUNCIONAMENTO DO MOTOR ELÉTRICO SIMPLES

MOTOR ELÉTRICO SIMPLES

MATERIAL

Fio de cobre esmaltado

Pilhas D

Alfinetes de segurança ou clipes metálicos

Fita isolante

Imã

MONTAGEM

1. Enrole o fio de cobre formando uma bobina chata, deixando uma sobra de 2 a 3 cm em cada extremidade do fio que compõe a bobina, descascando as pontas, conforme figura 1.

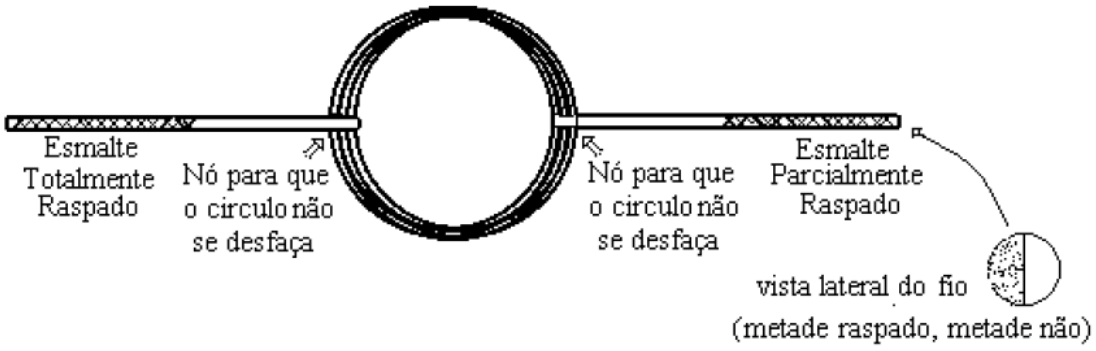


FIGURA 1

2. Cole, com a fita isolante, os alfinetes/clipes com uma das extremidades nos polos da pilha.

3. Encaixe o fio de cobre nas extremidades livres dos alfinetes, conforme a figura 2.

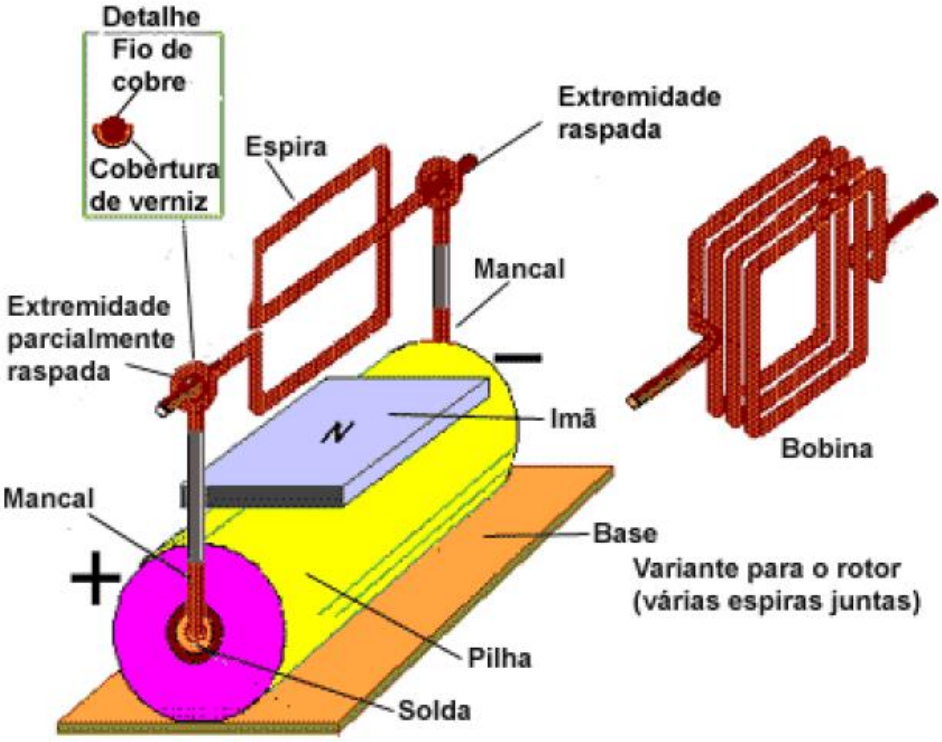
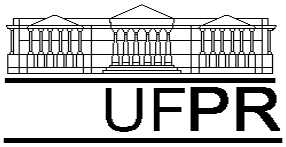


FIGURA 2

4. Aproxime o imã e dê um impulso para a bobina começar a girar.

5. O que é observado?

APÊNDICE 7 – TERMO DE CONSENTIMENTO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA - PPGECM

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você esta sendo convidado a participar de uma pesquisa que objetiva compreender as contribuições da Historia e Filosofia da Ciência no processo de aprendizagem da Física, em especifico do Eletromagnetismo. Essa investigação será realizada no período noturno na turma da disciplina de Física III do curso de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia Química da Universidade SOCIESC – Campus Curitiba/PR – no 2º Semestre de 2015, desenvolvida pela mestranda Fernanda Fonseca do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática da Universidade Federal do Paraná (PPGECM – UFPR) e pelo seu orientador prof. Dr. Sérgio Camargo, professor adjunto do Departamento de Teoria e Prática de Ensino da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Serão realizadas filmagens e gravações de áudio para coleta de informações para o estudo, assim como entrevistas. As filmagens e/ou gravações de áudio serão apenas para complementação do registro das informações coletadas e análise do processo, sendo mantido o sigilo da identificação dos participantes, assim como a confidencialidade de qualquer outra informação que permita sua identificação.

A participação é voluntária, não sendo oferecido nenhum ônus ou gratificação pela mesma. Estou ciente das condições de pesquisa, e quaisquer dúvidas serão esclarecidas pelo pesquisador durante todo o processo, tendo o participante a liberdade de recusar ou retirar o consentimento sem penalização em qualquer etapa da pesquisa.

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo, permitindo que os pesquisadores relacionados neste documento obtenham fotografia, filmagem ou gravação de voz de minha pessoa para fins de pesquisa científica/ educacional.

Concordo que o material e as informações obtidas relacionadas a minha pessoa possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, não devo ser identificado por nome ou qualquer outra forma.

As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e sob sua guarda.

Nome completo:_____

RG:_____ Data de Nascimento:___/___/_____ Telefone:_____

Endereço:_____CEP : _____ Cidade:_____ Estado: _____

Assinatura: _____ Data: ___/___/_____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinaturapesquisador: _____ Data: _____

(ou seu representante)

Nome completo:_____

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com Fernanda Fonseca, via e-mail fernanda.fisica@hotmail.com.

APÊNDICE 8 – ROTEIRO DE ENTREVISTA

ROTEIRO DE ENTREVISTA

MÓDULO 1 – IMPRESSÕES DOS ACADÊMICOS SOBRE A ATIVIDADE IMPLEMENTADA

1-) Qual sua opinião em relação as atividades de Eletromagnetismo desenvolvidas no semestre passado?

2-) Em seu ponto de vista, a maneira que foi desenvolvida as atividades gerou interesse em aprender os conceitos de eletromagnetismo? Por quê?

3-) Em sua avaliação as atividades desenvolvidas contribuíram para a aprendizagem dos conceitos de eletromagnetismo? Se sim, de que maneira? Caso a resposta seja não, por quê?

4-) O que você tem a dizer em relação à metodologia adotada para o desenvolvimento das atividades de ensino?

5-) Aponte possíveis vantagens e limitações da metodologia utilizada no que se refere a aprendizagem dos conceitos de eletromagnetismo.

6-) Você acredita que esse conteúdo deveria ter sido trabalhado de forma diferente? Explique. Se sim, como você acredita que deveria ter sido trabalhado o conteúdo de Eletromagnetismo?

7-) Qual sua opinião em relação sobre essa abordagem fundamentada na História e Filosofia da Ciência? Explique.

MÓDULO 2 – CONCEPÇÕES DOS ACADÊMICOS SOBRE ELETROMAGNETISMO

8-) Em sua concepção, o que é eletricidade?

9-) E o que é magnetismo?

10-) Há diferenças entre eles? Explique.

11-) Desde o século XV observava-se que bússolas eram perturbadas durante tempestades. Por volta de 1750, Franklin afirmou que isso ocorria devido ao

aquecimento da agulha com a descarga do raio. Você concorda com essa observação? Por quê?

12-) Oersted observou que uma bússola também tem sua agulha desviada quando próxima a um fio condutor de corrente elétrica. Há alguma relação entre o fenômeno durante as tempestades? Por que isso acontece?

13-) A agulha da bússola não sofria desvio quando Oersted colocava o fio formando 90° com a agulha da bússola. Somente quando fica paralelo à agulha. Por que isso acontece?

14-) Gilbert dizia que os fenômenos elétricos acontecem devido à transmissão de um fluido, o *effluvium*. Faraday também buscava estudar o “fluido magnético” que gerava os efeitos magnéticos. Você acha que é necessária emissão de material para que esses eventos aconteçam? Por quê?

15-) O que é um “campo” na perspectiva do Eletromagnetismo? Como podemos representar?

16-) Existe relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos? Explique.

17-) Como funcionam os motores e geradores elétricos?

ANEXO 1 – TEXTO "A DESCOBERTA DE OERSTED"

Fig. 48 - Hans Christian Oersted (1777-1851).

7.1. A descoberta de Oersted

De certo modo, a relação entre Eletricidade e Magnetismo já era conhecida (mas não compreendida) muito antes da famosa experiência de Oersted (Figs. 49 e 50). Tudo indica que pelo menos três séculos antes de Oersted já se sabia, por observação, que as bússolas eram perturbadas durante tempestades e que, por ação de raios, sua polaridade podia ser invertida. No início do século XVIII, a imantação de objetos de ferro pela ação de raios (sem que esses atingissem os citados objetos) já merecia registro na citada revista *Philosophical Transactions* da *Royal Society* de Londres. Ainda por volta de 1750, numa carta enviada a um dos seus correspondentes, de nome Peter Collinson, Franklin comenta que, durante tempestades, as bússolas do navio de um certo capitão Waddel tiveram suas polaridades invertidas. Com a descoberta, por Franklin, de que raios eram fenômenos de descarga elétrica, esses fatos foram interpretados, inicialmente, como evidências de uma relação entre a Eletricidade e o Magnetismo.

Em que pese esses fatos parecerem, hoje, uma boa indicação experimental da relação entre eletricidade e Magnetismo, na época isto não era de fácil compreensão. Fenômenos aparentemente simples como, por exemplo, a imantação de uma agulha após esta receber uma descarga elétrica, realizada por Franklin e outros, por volta de 1750, inspi-

rados, inclusive, nas descargas elétricas dos raios, poderiam ter interpretações equivocadas, até mesmo quando observados por cientistas experientes. Esse fenômeno da imantação da agulha chegou, inclusive, a confundir nosso respeitado Franklin que, após alguns estudos, terminou por aceitar a explicação do cientista alemão Franz Aepinus (1724-1802), que atribuiu a imantação da agulha ao aquecimento produzido pela descarga. Como se veio a saber depois, apesar da imantação ocorrer também ao se aquecer agulhas em chamas, o que produz a imantação em ambos os casos é o próprio campo magnético terrestre, sendo que o aquecimento apenas facilita a imantação.

Fig. 49 - Oersted mostrando o desvio de uma agulha provocado por uma corrente.

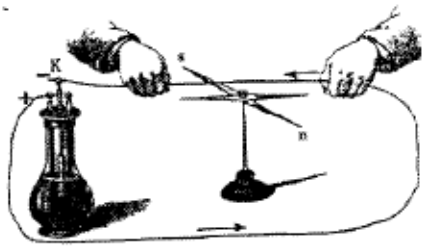


Fig. 50 - Reprodução da experiência de Oersted.

Numa carta datada de 1773, na qual é discutida a analogia entre Eletricidade e Magnetismo, Franklin escreveu[50]:

> *Em relação ao magnetismo que parece ser produzido pela eletricidade, minha opinião real é que esses dois poderes da natureza não possuem afinidade mútua e que a aparente produção do magnetismo [pelas descargas elétricas] é puramente acidental.*

Por volta de 1800, entretanto, muitos acreditavam na existência de relações entre Eletricidade e Magnetismo e apenas esperavam ou procuravam a demonstração. Esta crença poderia ser inclusive por razões filosóficas, como foi o caso de Oersted. Num artigo escrito em 1827, pelo próprio Oersted, para a Enciclopédia de Edinburgh, ele afirmou[51]:

> *O eletromagnetismo foi descoberto no ano de 1820 pelo professor Hans Christian Oersted, da Universidade de Copenhagem. Durante toda a sua carreira como escritor, ele aderiu à opinião de que os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos poderes que os*

elétricos. Ele não foi levado a isto pelas razões comumente alegadas a favor desta opinião, mas por um princípio filosófico, o de que todos os fenômenos são produzidos pelo mesmo poder original ...

Apesar dessa sua declaração, a versão que prevalece sobre suas descobertas é aquela que foi difundida a partir da carta de um certo pesquisador de nome Hansteen que, no inverno de 1819-1820, assistiu ao curso sobre eletricidade e magnetismo ministrado por Oersted na Universdidade de Compenhagen. Na referida carta dirigida à Faraday, escrita em 30/12/1857, muito tempo depois, portanto, da descoberta de Oersted, Hansteen afirma:

Oersted sempre colocou o fio condutor de sua pilha em ângulo reto sobre a agulha magnética, sem notar movimentos perceptíveis. Uma vez, após sua aula, em que empregara uma forte pilha para outras experiências, disse-nos: "Experimentemos colocar o fio paralelo à agulha". Fazendo isto, ficou perplexo ao ver a agulha oscilar com força (quase em ângulo reto com o meridiano magnético). "Invertamos - disse depois - a direção da corrente". E então a agulha se desviou na direção contrária. Deste modo foi feita a grande descoberta. Há razões em dizer-se que tropeçou com sua descoberta por acaso. Assim como os outros, não teve idéia alguma de que a força devia ser transversal.

A aula a que se refere Hasteen teria ocorrido no início de abril de 1820. Esta versão tardia da descoberta de Oersted, dada por Hansteen, se torna ainda mais discutível se considerarmos a descrição dessa descoberta feita pelo próprio Oersted no já citado artigo de 1827, publicado pelo Enciclopédia de Edinburgh:

No inverno de 1819-1820, ele (Oersted) apresentou um curso de conferência sobre eletricidade, galvanismo, e magnetismo, diante de uma audiência previamente familiarizada com os princípios da filosofia natural. Ao preparar a conferência na qual versaria sobre a analogia entre magnetismo e eletricidade, conjeturou que, se fosse possível produzir algum efeito magnético pela eletricidade, isto não poderia ocorrer na direção da corrente, pois tal havia sido

freqüentemente tentado em vão, mas que deveria ser produzido por uma ação lateral...

Assim como os efeitos luminosos e caloríficos saem de um condutor em todas as direções, quando este transmite uma grande quantidade de eletricidade, assim imaginou ser possível que o efeito magnético se irradiasse de forma semelhante. As observações registradas acima, de efeitos magnéticos produzidos por raios em agulhas que não foram diretamente atingidas, confirmaram-no em sua opinião. Ele estava longe de esperar um grande efeito magnético da pilha galvânica; supôs que poderia ser exigido um poder suficiente para tornar incandescente o fio condutor.

O plano da primeira experiência consistia em fazer a corrente de um pequeno aparelho galvânico de frascos, comumente usado em suas conferências, passar através de um fio de platina muito fino, colocado sobre uma bússola coberta com vidro. A experiência foi preparada, mas como acidentalmente ele foi impedido de ensaiá-la antes da aula, planejou adiá-la para outra oportunidade; no entanto durante a conferência, pareceu-lhe mais forte a probabilidade de seu sucesso, e assim realizou a primeira experiência na presença da audiência. A agulha magnética, embora fechada em sua caixa, foi perturbada; mas, como o efeito era muito fraco, e deveria parecer muito irregular, antes da descoberta de sua lei, a experiência não impressionou fortemente o público. Pode parecer estranho que o descobridor não tenha realizado mais experiências sobre o assunto durante três meses; ele próprio acha difícil concebê-lo; mas pode ter sido levado a postergar suas pesquisas até uma época mais conveniente, pela extrema fraqueza e aparente confusão dos fenômenos na primeira experiência, e pela lembrança de numerosos erros cometidos nesse assunto por filósofos anteriores (particularmente seu amigo Ritter) e porque tal assunto tem o direito de ser tratado com atenção e cuidado.

No mês de julho de 1820, ele novamente retomou a experiência, utilizando um aparelho galvânico muito mais poderoso. O sucesso foi agora evidente, embora os efeitos fossem ainda fracos nas pri-

meiras repetições do experimento, pois empregou apenas fios muito finos, supondo que o efeito magnético não ocorreria quando a corrente galvânica não produzisse calor e luz; mas logo descobriu que condutores de um diâmetro maior proporcionam um maior efeito e então descobriu, por experiências continuadas durante alguns dias, a lei fundamental do Eletromagnetismo, a saber, que o efeito magnético da corrente elétrica tem um movimento circular em torno dela.

Logo após a publicação do trabalho de Oersted, houve uma intensa discussão sobre quem foi realmente o primeiro a descobrir o eletromagnetismo. Para alguns cientistas, tal descoberta teria sido feita, não em 1820, mas em 1802, pelo jurista italiano Gian Domenico Romagnosi, que tivera sua comunicação ignorada. A polêmica em torno da prioridade dessa descoberta perdurou até o final do século XIX[32], a partir de quando o nome de Romagnosi foi esquecido. Recentemente, com a publicação na 15ª edição da *Encyclopedia Britannica* (1980) do nome de Romagnosi como predecessor de Oersted nessa descoberta, tal controvérsia foi retomada. Em 1986, após analisar detalhadamente a experiência descrita por Romagnosi, na *Gazzetta di Trento*, Martins concluiu que o efeito por este observado é puramente eletrostático e não eletromagnético, como é o caso do efeito observado por Oersted. Sendo assim, o privilégio da descoberta do eletromagnetismo é mesmo de Oersted, o que não exclui a possibilidade deste ter tomado conhecimento dos trabalhos de Romagnosi e nele ter encontrado alguma inspiração.

ROCHA, J. F. (org.) **Origens e evolução das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 246-250.

ANEXO 2 – TEXTO SOBRE A EXPERIÊNCIA DE OESTED

2. Breve apresentação histórica

Desde a Grécia antiga se sabia que o minério de magnetita possuía a propriedade de atrair o ferro e seus compostos e que o âmbar (*elektron* em grego) atritado atraía corpos leves. Desde pelo menos o século XI d.C., pelo menos, já se utilizava na China as propriedades de orientação de uma agulha magnetizada ao longo da direção norte-sul geográfica terrestre, sendo que este conhecimento passou a ser adotado no ocidente por volta do século XII [1]. Um avanço importante no estudo do magnetismo foi feito por Pedro Peregrino (data de nascimento e morte desconhecidas [1]). Baseado na experimentação escreve em 1269 a sua *Epístola sobre o Ímã*, onde descreve as propriedades e os efeitos dos ímãs naturais. Ele parece ter sido o primeiro a utilizar a expressão *pólo* para se referir a um pólo magnético, além de apresentar o primeiro método para determinar os pólos de um ímã. Já em 1600 William Gilbert (1540-1603), médico inglês, publicou o livro *Sobre os Ímãs, sobre os Corpos Magnéticos, e sobre o Grande Ímã, a Terra* [2]. Neste livro fez uma analogia comparando a terra com um enorme ímã, onde os pólos magnéticos da terra estariam localizados junto aos pólos geográficos. Gilbert também estudou os fenômenos elétricos. Conseguiu reproduzir o efeito observado no âmbar em uma grande quantidade de materiais. Os materiais que, como o âmbar, atraíam corpos leves após serem atritados, foram denominados por Gilbert de *elétricos* e os outros materiais de *não elétricos*. Hoje denominamos os primeiros materiais de *isolantes* e os outros materiais de *condutores* de carga elétrica.

O século XVIII produziu uma riqueza de experimentadores, inclusive no que diz respeito à eletricidade e ao magnetismo. Stephen Gray (1666-1736) descobriu em 1729 a existência de condutores e isolantes elétricos. Charles Dufay (1698 -1739) propôs em 1733 a existência de dois tipos de carga elétrica, com cargas de mesmo tipo se repelindo e cargas de tipos opostos se atraindo. Apesar disto, observavam-se diferenças notáveis entre as interações elétricas e magnéticas. Vários corpos reagem à presença de um corpo carregado eletricamente, sendo que poucos respondem ao magnetismo. Não há análogo no magnetismo para os isolantes elétricos. As cargas elétricas podem ser isoladas umas das outras, o que não acontece com os pólos magnéticos (pelo que se tenha notícia até hoje). Visto de longe, parecia que os fenômenos magnéticos e elétricos não tinham nenhum vínculo. Porém, existiam elementos que levaram vários pensadores a crerem em alguma relação entre o magnetismo e a eletricidade. O fato de peças metálicas serem magnetizadas ao cair um raio sobre elas e a mudança da orientação das bússolas quando um raio caía próximo a elas tornaram-se uns dos fortes indícios que geravam a suposição da conexão entre magnetismo e eletricidade. Além disso, graças às experiências de Dufay, a eletrostática não era mais vista apenas como um fenômeno de atração mas, junto com a magnetostática, apresentava comportamentos tanto de repulsão como

fio. Segundo Oersted, a eletricidade se propaga "por um tipo de contínua decomposição e recomposição, ou melhor, por uma ação que perturba o equilíbrio em cada momento, e o restabelece no instante seguinte. Pode-se exprimir essa sucessão de forças opostas que existe na transmissão da eletricidade, dizendo que *a eletricidade sempre se propaga de modo ondulatório*."[4]

Tendo isso em vista, Oersted colocou um fio metálico *paralelo* a uma agulha magnética que estava orientada ao longo do meridiano magnético terrestre. Ao passar uma corrente elétrica constante no fio observou que a agulha era defletida de sua direção original. Tal descoberta foi descrita na Academia Real de Ciências da França em 4 de setembro de 1820 pelo então presidente Arago. Diante da descrença generalizada, este repetiu a experiência de Oersted perante a Academia em 11 de setembro.[5]

É importante ter em mente as dificuldades da realização prática do experimento, bem como sua concepção. Na época, o tipo de materiais para a realização da experiência era muito diferente do que temos hoje em dia. Oersted usa uma grande pilha como fonte de corrente elétrica. Não temos detalhes da força eletromotriz produzida pela pilha, mas em termos de comodidade e praticidade não se compara a uma pequena bateria moderna de 9 V. A simetria do experimento também é peculiar e inédita para a época. Inclusive nos nossos dias, é natural presenciarmos uma tentativa frustrada da reprodução do experimento de Oersted de-

de atração. Somando-se a tudo isso, Priestley (1733-1804) em 1767, John Robison (1739-1805) em 1769 e Coulomb (1738-1806) em 1785 anunciaram a lei do inverso do quadrado para a força eletrostática, sendo que uma lei análoga para a magnetostática foi anunciada por Coulomb em 1785.[2]

Apesar dos indícios citados, havia uma grande dificuldade em relacionar os dois fenômenos. Vários pesquisadores tentaram em vão encontrar algum efeito empírico que relacionasse a eletrostática e o magnetismo. Podemos até imaginar que muitos desanimavam acreditando não ser possível demonstrar alguma relação entre estes dois conjuntos de fenômenos.

Oersted (1777-1851) estava entre os pesquisadores que acreditavam *que os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos poderes que os elétricos.*[3] Para tentar confirmar suas idéias, realizou experiências a fim de buscar uma relação entre uma agulha imantada e o "conflito elétrico." Este termo utilizado por Oersted vinha de sua concepção da natureza da corrente elétrica. Ele imaginava que existiam duas correntes em um fio metálico ligado a uma bateria, uma positiva e outra negativa, fluindo em sentidos opostos. Elas teriam que se encontrar e se separar várias vezes ao longo do vido a uma falta de atenção na posição da bússola e do fio com corrente.

O trabalho de Oersted foi publicado pela primeira vez, às custas do próprio autor, em 1820. Era um folheto de quatro páginas com o seguinte título em latim: *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam* (Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética) [6].

Usualmente é contado que Oersted chegou por acidente ao resultado experimental. No entanto, como nos mostra Martins, [4], sua descoberta foi fruto de uma longa jornada. Não só de Oersted, mas de todos os outros que o antecederam e contribuíram para que se chegasse nos resultados obtidos.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. **Experiência de Oersted em sala de aula. Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 41-42.

ANEXO 3 – TEXTO SOBRE A DESCOBERTA DE FARADAY E O ÉTER ELÉTRICO

2.5 A descoberta de Faraday e o éter elétrico

Em 1831, a ciência do eletromagnetismo foi surpreendida por outra descoberta fundamental feita por Michael Faraday (1791 - 1867): a indução eletromagnética. Vale ressaltar que Faraday, assim como Oersted, acreditava na unificação e convertibilidade das "*forças*"[8] da natureza. Como será visto no Capítulo três, Faraday tentou explicar a nova descoberta usando inicialmente o conceito de "tensões" adquiridas pelas partículas da matéria, introduzindo posteriormente o conceito de linhas de força associadas à noção de campo. Os motivos principais que o levaram a acreditar na existência de um meio para intermediar as ações eletromagnéticas foram (HESSE, 1961, p. 199):

- A indução de cargas elétricas entre condutores separados por um meio isolante depende quantitativamente da natureza do meio;
- Se o isolante é cortado e suas partes separadas, cargas opostas aparecerão nas duas superfícies separadas;
- As linhas de indução são curvas, como ilustrado na centelha de uma descarga elétrica e por experimentos mostrando como a força numa esfera carregada devido a um isolante carregado é afetada pela presença deste.

A preocupação principal de Faraday era explicar como se dava a transmissão de forças elétricas entre os corpos. Para isso, ele construiu inicialmente um modelo baseado na transmissão de forças elétricas por meio das partículas contíguas do meio.

Em meio isolante os efeitos da indução elétrica propagavam-se por suas próprias partículas, cada uma destas agindo como um pequeno condutor polarizado. Para Faraday a

transmissão de forças na indução eletrostática se daria pela disposição adquirida pelas partículas do meio, denominada por ele de "tensão eletrotônica". Esta tensão seria adquirida quando as partículas se polarizavam e seria liberada quando as partículas voltassem à sua posição de relaxamento no material. Esta tensão seguida de relaxação proporcionaria, segundo Faraday, a transmissão de forças entre os corpos.

Analisando a distribuição espacial da força elétrica, por exemplo, com limalha de ferro, Faraday desenvolveu o conceito de linhas de força para representar a distribuição destas forças. Vale ressaltar, porém, que o conceito de linhas de força foi usado por Faraday, neste contexto, apenas para representar geometricamente a disposição das partículas polarizadas do corpo ou do meio que se encontrava no estado de tensão, Faraday ainda usou o conceito de estado de tensão como principal explicação para as interações entre os corpos eletrizados. Assim, a transmissão de forças é explicada pelo conceito de estado eletrotônico e mediada pela ação de partículas contíguas do meio (HARMAN, 1982, p. 75).

Posteriormente, Faraday começou a pensar na possibilidade de que a transmissão de forças poderia ser regida pelo conceito de linhas de força e não pela ação de partículas contíguas. Essa idéia fica clara num trabalho de 1846 no qual ele especula sobre a possibilidade da transmissão de forças ser representada pelas vibrações das linhas de força. Desta forma, as linhas de força, que permeariam todo o espaço, representariam a interação entre substâncias materiais. A partir deste momento, Faraday deixa de utilizar as linhas de força como uma representação geométrica do campo dando a elas um caráter físico (POCOVI; FINLEY, 2002). Como será mostrado no próximo Capítulo, esta nova interpretação das linhas de força magnética contribuiu para que Faraday abandonasse o conceito de estado eletrotônico.

Apesar de Faraday não ter elaborado nenhum modelo mecânico específico de éter, sua idéia inicial de transmissão de forças por partículas contíguas e posteriormente o papel

desempenhado pelas linhas de força, abriram caminhos para que o desenvolvimento de modelos mecânicos para o éter eletromagnético, desenvolvidos por Thomson, Maxwell e outros, contribuíssem para a unificação da ótica e da teoria eletromagnética na segunda metade do século XIX.

PEREIRA, A. G. **Um estudo histórico da evolução do conceito de potencial vetor no eletromagnetismo clássico.** Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Física, Instituto de Física de São Carlos da Universidde de São Paulo. São Carlos, 2009. p. 25-27.

ANEXO 4 – TEXTO SOBRE FARADAY E O CONCEITO DE CAMPO

7.3. Faraday e o Conceito de Campo

É interessante notar que Faraday, apesar de não ter recebido uma formação regular em ciências ou matemática, conseguiu explicar muitos dos fenômenos eletromagnéticos que observara. Foi ele quem introduziu o conceito de *campo* - a partir da noção de *linhas de força*[56] - em substituição ao conceito de *ação à distância*, que prevalecia até então na eletricidade, no magnetismo e na gravitação. O conceito de ação à distância pressupunha que a interação de duas partículas carregadas, por exemplo, se dava de forma direta e instantânea, enquanto que, para Faraday, a ação entre estas partículas deveria se dar através de um certo meio. Inspirado em figuras de limalhas de ferro, formadas a partir da ação de uma barra magnetizada (Fig. 65), ele passou a visualizar as forças magnéticas e elétricas como uma espécie de linhas elásticas que se estendiam no espaço a partir de imãs ou de corpos eletrizados, ou de fios condutores, e que podiam ser destorcidas; linhas essas que receberam dele o nome de *curvas magnéticas* e depois *linhas de força*, tendo subsistido apenas esta última designação. Como estas linhas deveriam preencher inteiramente o espaço vazio, este, para Faraday, passava a constituir-se em um *campo*.

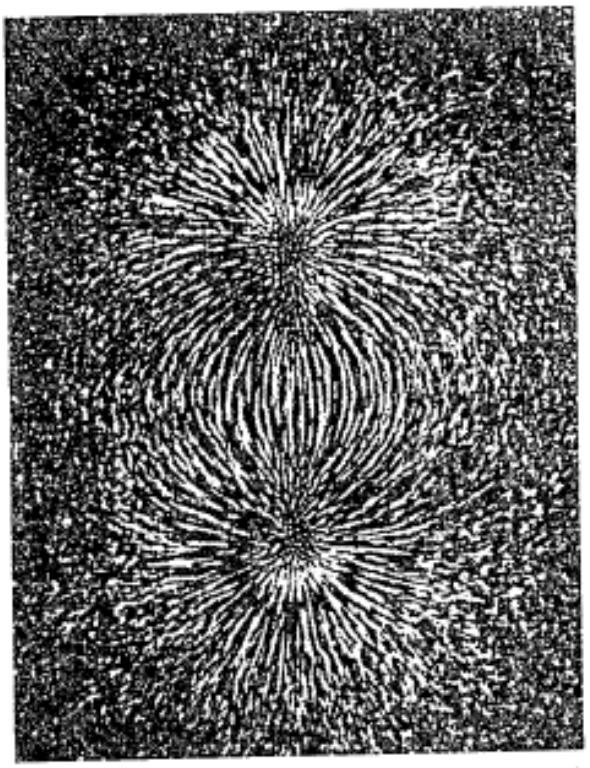


Fig. 65 - Limalhas de ferro espalhadas sobre uma folha de papel. A disposição tomada pela limalha indica haver um imã sob o mesmo.

ROCHA, J. F. (org.) **Origens e evolução das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 259.

ANEXO 5 – TEXTO SOBRE AS CONSEQUÊNCIAS DA EXPERIÊNCIA DE OERSTED

7.2. As Primeiras Conseqüências da Descoberta de Oersted

A descoberta de Oersted - divulgada em 21 de julho de 1820 através de uma pequena *Memória* escrita em latim - foi seguida por uma febre de experiências e descobertas. As mais importantes ocorreram na França e em parte foram devidas a Ampère, não sem razão considerado por Maxwell o "Newton da eletricidade".

Em 11 de setembro de 1820, a descoberta de Oersted seria dada a conhecer à famosa *Académie de Sciences*, da França, quando Dominique Arago ali fez a apresentação detalhada dos experimentos de Oersted.

Arago havia assistido a uma exposição sobre os mesmos, pouco tempo antes, no laboratório do pai do físico Auguste de la Rive, na cidade de Genebra, na Suíça. Nas primeiras décadas do século XIX, Genebra era uma cidade de grande influência nas ciências, pois os cientistas suíços serviam de intermediários entre seus colegas das grandes potências, separadas por contínuas guerras. Na reunião seguinte da *Académie* (18 de setembro), Ampère já apresentava uma *Memória relativa aos novos fenômenos galvano-elétricos* onde descrevia um aparelho que utilizava o efeito eletromagnético para a medida de corrente elétrica, atribuindo-lhe o nome de *galvanômetro*. Uma semana depois (25/9) ele apresentava uma outra *Memória sobre os efeitos da pilha* onde mostrava que "duas correntes se atraem quando se movem paralelamente, no mesmo sentido" e "se repelem quando se movem paralelamente, em sentidos contrários". Em cada uma

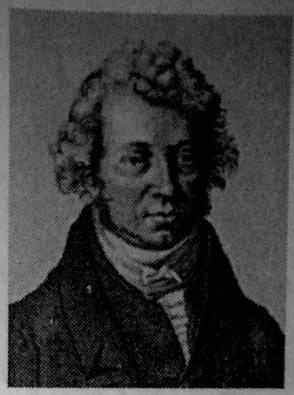


Fig. 51
André Marie Ampère (1775-1836).

das reuniões semanais posteriores (até 6/11/1820), Ampère anunciou novas idéias e descobertas e também propostas de novos instrumentos elétricos. Ao longo dos três anos seguintes, ele publicou nada menos que quinze textos sobre o assunto antes de apresentar, por volta de 1825, sua *Teoria Matemática dos Fenômenos Eletrodinâmicos Deduzida Unicamente da Experiência*, considerada por muitos uma das mais belas obras da Física Matemática. Nesse mesmo período, a partir de experiências com espiras, percebeu, também, que elas interagem como se fossem imãs, o que o levou à idéia de que o magnetismo do ímã natural era uma conseqüência de ser a substância magnética composta de uma infinidade de pequeninas espiras por onde passavam correntes, mais tarde chamadas de "correntes amperianas". Apesar de não parecer, esta hipótese de Ampère era bastante arrojada para a época, pois até então se admitia que o magnetismo era devido a "fluidos magnéticos". Nessa sua teoria do magnetismo dos ímãs naturais, Ampère afirmava ainda que nas substâncias não magnéticas tais espiras estavam orientadas ao acaso, de modo que a soma de seus efeitos era

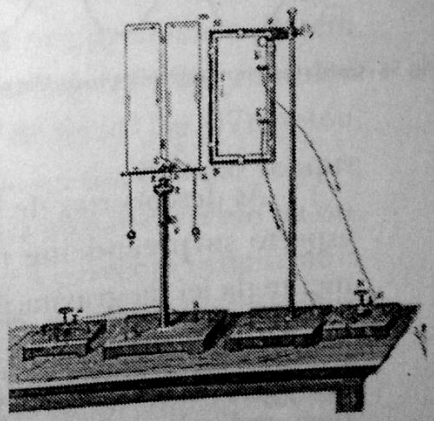


Fig. 52 - Balança de Ampère utilizada no século XIX, com fins didáticos. Permite evidenciar ações eletromagnéticas entre circuitos.

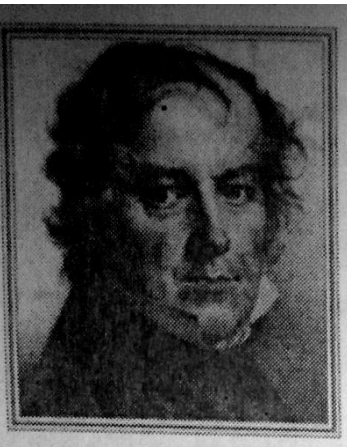


Fig. 53
Jean Baptiste Biot (1774-1862).

nula. As "correntes de Ampère", assim como as propriedades magnéticas dos materiais só viriam a ser melhor compreendidas no século XX, a partir do modelo de átomo do físico dinamarquês Niels Bohr, em 1913.

Em 30 de outubro de 1820, os franceses Jean B. Biot e Félix Savart também anunciavam os resultados das medições de força sobre um pólo magnético (de uma agulha magnetizada, por exemplo), colocado nas vizinhanças de um fio condutor comprido percorrido por uma corrente. De acordo com essas medições, se a partir do pólo for traçada uma perpendicular ao fio, a força sobre o pólo é perpendicular a esta linha e ao fio, e sua intensidade é proporcional ao inverso da distância. A partir de tais resultados, Laplace (1749-1828) tirou a chamada *lei de Biot-Savart*, que dá a expressão geral do campo magnético criado pela passagem de uma corrente por um elemento (pequeno segmento) do fio, a qual algumas vezes é chamada de primeira lei (elementar) de Laplace.[53]

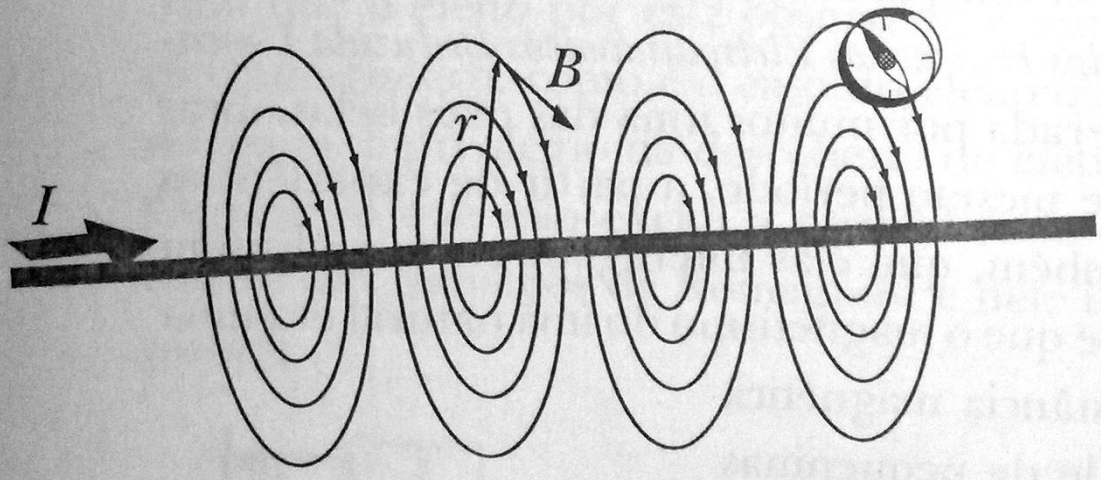


Fig. 54 - Linhas de campo magnético produzidas por uma corrente elétrica.

As descobertas de Oersted, Ampère, Biot e Savart revelaram um aspecto surpreendente nesse novo tipo de interação física. Diferentemente da lei da gravitação universal de Newton e da Lei de Coulomb - que são exercidas na mesma linha que une duas quantidades -, a força entre o pólo magnético e as pequenas porções do fio, por exemplo, é perpendicular à linha que une o fio ao pólo magnético. Isto, de certo modo, contrariava a filosofia mecanicista da época, que tentava reduzir todas as ações do mundo à forças tipo a da gravitação universal.

Outra importantíssima contribuição para o Eletromagnetismo foi a descoberta de Michael Faraday, em 1831, da *indução eletromagnética*, que é o efeito elétrico do campo magnético variável (Joseph Henry descobriu a indução eletromagnética pouco antes de Faraday, mas só a publicou depois deste). O interesse de Faraday pelo eletromagnetismo tinha sido despertado dez anos antes, ao ser solicitado pelo editor da revista *Annals of Phylosophy* a escrever um resumo das experiências e teorias sobre o eletromagnetismo, publicadas no ano anterior. Não demorou para Faraday perceber que não podia se limitar ao relato dos trabalhos dos outros e, a partir daí, passou a desenvolver suas próprias experiências em eletromagnetismo.

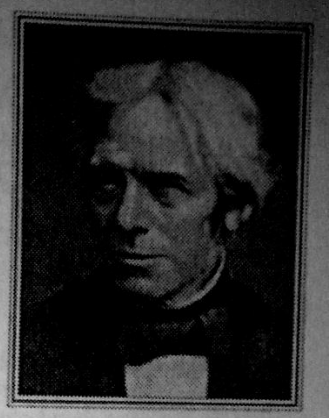


Fig. 55
Michael Faraday (1791-1867).

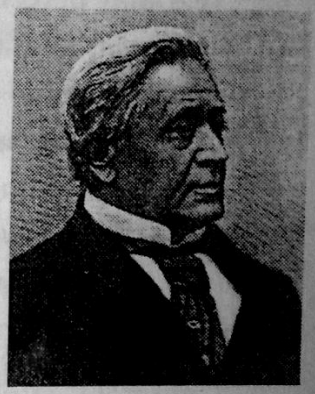


Fig. 56
Joseph Henry (1797-1878).

Faraday já sabia, através das experiências de Oersted e de outros, que as correntes elétricas estacionárias (correntes que não variam no tempo) produziam efeitos magnéticos. A questão posta por ele, por volta de 1831, era então investigar se o fenômeno inverso poderia ocorrer, isto é: Será que o mag-

netismo não poderia produzir correntes elétricas? Ou melhor: Será que um imã muito forte, colocado perto ou em volta de um fio, não poderia gerar uma corrente no fio? Ou ainda: Será que uma corrente estacionária num fio não poderia gerar corrente num outro fio?

Numa investigação cuidadosamente planejada, Faraday mostrou que estas questões deveriam ser respondidas negativamente. Porém, dando continuidade a suas pesquisas, ao fazer experiências com dois fios enrolados em espiral em volta de um anel de ferro (Fig. 57), notou, acidentalmente, que aparecia uma corrente numa das bobinas sempre que se ligava ou desligava a chave que permitia passar corrente na outra bobina. Dito de outro modo, toda vez que a corrente *variava* num fio (circuito), havia indução de corrente elétrica no outro fio (circuito), colocado nas suas vizinhanças! Não satisfeito com apenas esta observação, Faraday passou a investigar a possibilidade de produzir o mesmo efeito de outra maneira. Mostrou, experimentalmente, logo em seguida, que o núcleo de ferro não era necessário para a produção do fenô-

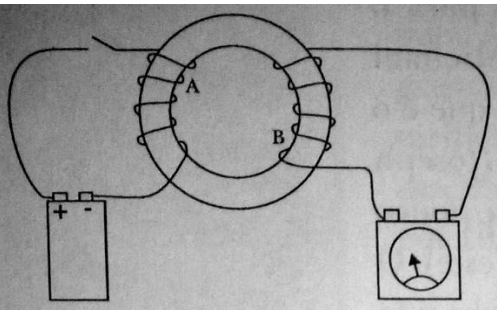


Fig. 57 - Representação esquemática da montagem experimental que permitiu a Faraday perceber o fenômeno de indução eletromagnética.

meno. Depois observou que, na ausência do núcleo de ferro, a bobina *A* não era imprescindível para que ocorresse esse efeito. Isto porque, na sua ausência, se uma barra imantada fosse introduzida na bobina *B*, uma corrente seria induzida também neste circuito, no momento em que se inserisse ou no momento em que se retirasse tal barra. Após estas e outras experiências, Faraday percebeu que a palavra chave para explicar este fenômeno era *variação*, e utilizando o conceito de *linhas de força* (vide 7.3), sintetizou seus resultados afirmando que a variação das linhas de força magnéticas pode induzir uma corrente num fio. Mais tarde, Faraday utilizou a palavra *campo* para se referir à disposição e à intensidade das linhas de força no espaço.

Uma conseqüência prática da descoberta da indução eletromagnética foi a possibilidade de se construir máquinas elétricas geradoras de corrente. Isto foi feito, inicialmente, pelo próprio Faraday ao construir seu gerador de corrente elétrica constante, conhecido como *dínamo*[54] *de disco* de Faraday (Figs. 58 e 59). Nele, um disco de cobre, girando entre os pólos de um imã, gera uma corrente elétrica contínua num circuito ligado ao disco através de escovas.

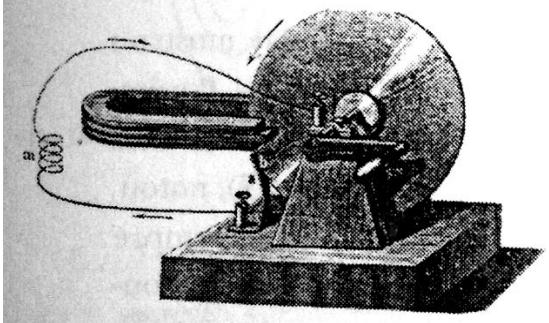


Fig. 58 - Dínamo de disco de Faraday.

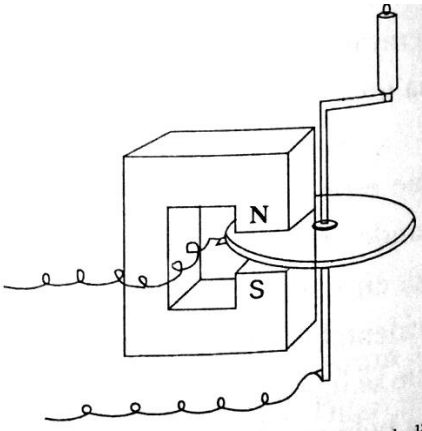


Fig. 59 - Desenho esquemático do dínamo de disco.

Uma vez descoberto o princípio da indução eletromagnética, muitos outros tipos de geradores mecânicos de eletricidade foram inventados, a exemplo do gerador construído pelo francês Hippolyte Pixii que, na época (1832), trabalhava com Ampère como construtor de instrumentos; nesta máquina, os pólos magnéticos de um imã giram em relação a duas bobinas fixas (Figs. 60 e 61). Logo em seguida, surgem geradores nos quais só a bobina gira em relação aos pólos magnéticos fixos. A produção de energia elétrica em larga escala, através de geradores mecânicos de eletricidade, a partir de usinas hidrelétricas, só se tornou realidade nas últimas décadas do século passado.

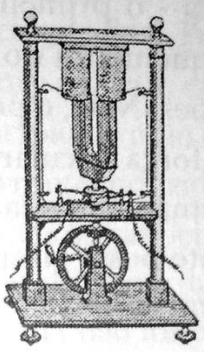


Fig. 60 - Gerador eletromagnético construído em 1832.

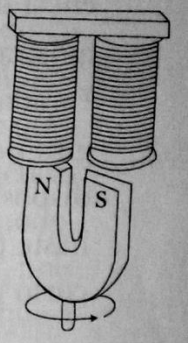
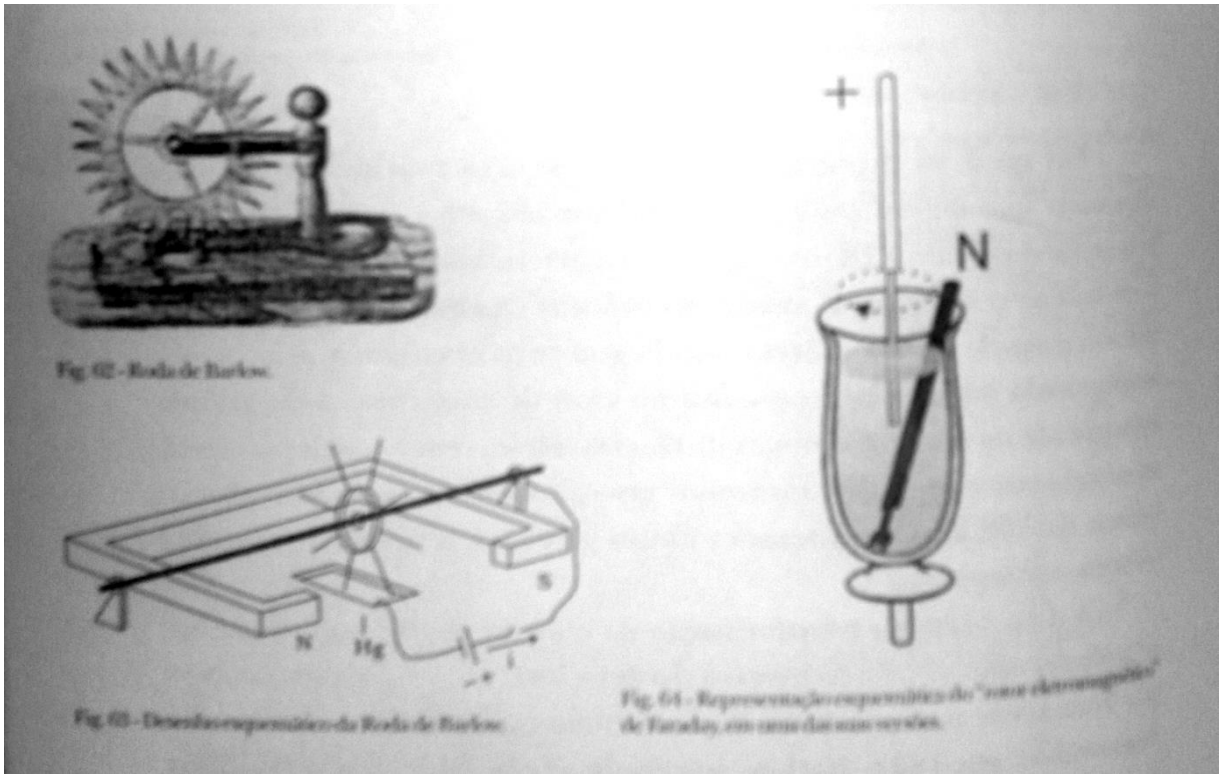


Fig. 61 - Desenho esquemático do gerador da figura anterior.

Em geral, os primeiros geradores elétricos produziam corrente alternada que depois podia ser transformada em contínua. Durante boa parte do século XIX, os engenheiros acreditaram que só a corrente contínua seria útil para as aplicações práticas da eletricidade. Na última década daquele século, entretanto, chegou-se à conclusão que a corrente alternada seria mais econômica no caso de transmissão de grande quantidade de energia a longas distâncias. Hoje, cem anos depois, está-se novamente a preferir e transmitir energia elétrica a longas distâncias (acima de 500 km), com tensões muito elevadas, a partir de corrente elétrica contínua.

A descoberta da transformação da energia elétrica em mecânica, através do *motor elétrico* (o inverso do gerador), teria sido feita também por Faraday (e não por Peter Barlow, como querem alguns). Segundo Resmorduc, em 1822, Barlow, inspirado numa experiência realizada por Faraday no ano anterior, mas à qual este não tinha dado prosseguimento, descreveu o que ele chama de primeiro *motor elétrico* da história, conhecido como Roda de Barlow (Figs. 62 e 63). Resmorduc, ao que parece, refere-se a uma experiência realizada em 03 de setembro de 1821, quando Faraday, ao repetir a experiência de Oersted, ficou impressionado com o fato de que a força exercida pela corrente elétrica em cada pólo do imã tendia a deslocá-lo segundo uma linha circular em volta do fio. Mais tarde, usando o conceito de linhas de força, Faraday diria que o fio ficava rodeado por linhas de força circulares - um campo magnético circular. A partir desta observação, Faraday construiu o seu "rotor eletromagnético", o qual, apesar de rudimentar, foi o primeiro dispositivo capaz de produzir um movimento contínuo como conseqüência de uma corrente elétrica - o primeiro motor elétrico. A Fig. 64 mostra uma representação esquemática do "rotor eletromagnético" de Faraday, em uma de suas versões. Nele, o pólo norte da barra imantada gira no sentido das linhas de força circulares. Uma outra versão deste dispositivo exige que a barra imantada seja mantida fixa na vertical e a haste por onde passa a corrente possa girar. O recipiente contém mercúrio para permitir a passagem de uma corrente elevada.



ROCHA, J. F. (org.) **Origens e evolução das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 250-256.

ANEXO 6 – TEXTO SOBRE O MOTOR DE FARADAY

2 - Introdução

Hoje em dia sabemos que os efeitos elétricos e os magnéticos estão relacionados pelas equações de Maxwell, mas nem sempre foi assim. Antes do século XIX não se sabia da relação entre esses fenômenos, e todos achavam que eram independentes.

Foi então que em 1820 o físico *Hans Christian Ørsted (1777 - 1851)* publica um trabalho defendendo a idéia de que uma corrente elétrica passando por um fio condutor produz um efeito magnético circular ao redor desse fio. Ele chegou a essa conclusão analisando o comportamento de uma bússola colocada ao redor de um fio condutor, e viu que quando se passava corrente pelo fio a agulha da bússola girava, mudando de posição. Em seu trabalho ele comenta que a agulha tendia a girar para um lado quando posta em cima do fio, mas tendia a girar para o outro lado quando posta embaixo do fio. Tal idéia não foi aceita de imediato, pois o problema não apresentava simetria, ou seja, a agulha da bússola acima do fio giraria num sentido, e abaixo do fio giraria no sentido contrário.

Hans Christian Ørsted

Michael Faraday

Como visto, seu trabalho encontrou forte resistência no meio científico, principalmente devido ao fato de que ele defendia um efeito magnético circular ao redor do fio, e não na direção do fio, o que manteria a simetria do problema. Esse impasse durou até que *Michael Faraday (1791 - 1867)* estudou o problema e se convenceu da idéia de Ørsted, ou seja, de que o efeito era realmente circular. Para defender essa idéia, ele criou um aparelho, em 1821, que mostrava justamente esse efeito circular. Tal aparelho ficou conhecido como o motor de Faraday, e foi o primeiro motor elétrico construído, já que seu objetivo era mostrar o efeito magnético circular ao redor de um fio condutor, ou,

como ele mesmo dizia, a rotação eletromagnética. O esquema desse motor é mostrado abaixo:

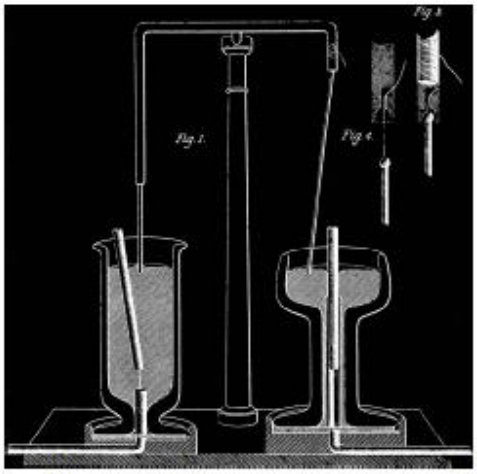


Figura 1 – Esquema do motor construído por Faraday

É interessante notar que mesmo depois da construção desse motor, muitos físicos ainda não concordavam com a teoria de Ørsted, e tentaram explicar a deflexão da agulha da bússola de uma maneira alternativa. Um deles é *André-Marie Ampère (1775 – 1836)*, que apresentou uma explicação para o fenômeno baseado apenas em forças entre correntes elétricas.

André-Marie Ampère

SANTARELLI, R.; SAA, A. V. **Motor de Faraday**. Relatório Final - Instituto d Física "Gleb Wataghin", UNICAMP. Campinas, 2007. Disponível em: <www.ifi.unicamp.br>. Acesso em: 20/10/2015.

ANEXO 7 – TEXTO SOBRE AS EQUAÇÕES DE MAXWELL

7.4. As Equações de Maxwell e a Natureza da Luz

Em meados do século XIX, as pesquisas mais importantes sobre Eletricidade e Magnetismo estavam sendo feitas na Alemanha, por físicos e matemáticos alemães, a exemplo de Wilhelm Weber, J. e C. Neumann e Georg Riemann, e eram baseados na teoria de ação à distância. As idéias que guiaram os trabalhos de Ampère, na França, pertenciam também a esta escola. Na Inglaterra, entretanto, uma visão completamente diferente tinha sido adotada por Faraday: aquela que admitia a presença de um meio entre os corpos, e a ação entre eles se dando através deste meio - de uma porção à porção contígua.

Fig. 66
James Clerk Maxwell (1831-1879).

É neste estágio crucial para o desenvolvimento do Eletromagnetismo que surgem os trabalhos de J. C. Maxwell. Este respeitado físico-matemático foi um dos maiores cientistas do século XIX, com contribuições não só para o Eletromagnetismo, como também para a Termodinâmica e a Mecânica Estatística.

Com respeito à diferença entre o modo de Faraday e o modo dos matemáticos conceberem os fenômenos eletromagnéticos, Maxwell escreveu[30]:

> *... antes de iniciar o estudo de eletricidade, eu resolvi não ler a matemática sobre o tema sem primeiro ler as "Pesquisas Experimentais em Eletricidade", de Faraday. Eu estava atento para a suposta existência de uma diferença entre a maneira de Faraday conceber os fenômenos e a maneira dos matemáticos, tal que nem ele e nem eles ficaram satisfeitos com a linguagem um do outro. Eu também tinha a convicção que essa discrepância não tinha origem em nenhum erro. Fui primeiro convencido disso por Sir William Thomson, cuja orientação e assistência, bem como suas publicações, propiciaram o que eu tenho aprendido sobre o assunto.*

Quando eu prossegui com o estudo de Faraday, percebi que seu método de conceber os fenômenos foi também matemático, apesar de não exibido na forma convencional de símbolos matemáticos. Eu também achei que seus métodos foram capazes de ser expressos nas formas matemáticas ordinárias, e então comparados com aqueles dos matemáticos.

Por exemplo, Faraday visualizava linhas de forças atravessando todo o espaço onde os matemáticos viam centros de força atraindo-se à distância. Faraday visualizava um meio onde eles nada viam, somente distância. Faraday procurava a base dos fenômenos em ações que se processavam num meio, eles se satisfaziam ao tê-las achado num poder de ação à distância exercido sobre os fluidos elétricos.

Quando eu traduzi de uma forma matemática o que considerei serem as idéias de Faraday, achei que em geral os resultados dos dois métodos coincidem, tal que os mesmos fenômenos foram explicados,

e as mesmas leis de ação deduzidas de ambos os métodos, porém, que os métodos de Faraday assemelhavam-se àqueles nos quais começamos com o todo e chegamos às partes por análise, enquanto os métodos matemáticos ordinários baseavam-se sobre o princípio de iniciar com as partes e construir o todo por síntese.

Para Maxwell, seus trabalhos são uma tradução matemática do que ele considera ser as idéias de Faraday. Mas sua obra é de alcance inimaginável. No seu famoso tratado sobre Eletricidade e Magnetismo ele consegue uma formulação matemática *unificada* das leis de Coulomb, Oersted, Ampère, Biot e Savart, Faraday e Lenz, expressando essas leis na forma de quatro equações, conhecidas, hoje, como *equações de Maxwell* (também denominadas Lei de Gauss para a Eletricidade, Lei de Gauss para o Magnetismo, Lei de Ampère-Maxwell e Lei de Indução de Faraday; vide Halliday, D. e Resnick, R., *Física*, vol. 4, Tabela II e Tópico Suplementar VII). Após escrever na sua forma matemática a lei de Biot-Savart-Ampère, ele percebeu que havia uma inconsistência lógica

com a *equação de continuidade da corrente elétrica*, quando deduzida daquela lei. Sabendo ainda, através de Faraday, que a variação temporal do campo magnético produzia campo elétrico, Maxwell passou a especular, então, a situação inversa, isto é, se seria possível a variação temporal do campo elétrico produzir campo magnético. O resultado foi positivamente surpreendente. Esse resultado permitiu sintetizar em quatro equações (as já citadas equações de Maxwell) todas as leis experimentais do Eletromagnetismo. À variação temporal do campo elétrico, Maxwell chamou de *corrente de deslocamento*, e a corrente total passou a ser constituída por duas parcelas: a corrente de condução (devido às cargas reais) e a corrente de deslocamento. A primeira e mais importante conseqüência da unificação do Eletromagnetismo foi que, a partir das equações de Maxwell, nota-se que tanto o campo elétrico como o campo magnético satisfazem a uma equação análoga à equação de Jean D'Alembert para ondas elásticas. A partir dessa equação, Maxwell demonstrou que a velocidade de suas ondas eletromagnéticas - ondas essas desconhecidas até então - coincidiam com a velocidade da luz, a qual já era conhecida na época, o que lhe indicou que a luz era de natureza eletromagnética. Conforme foi citado, a velocidade da luz já havia sido medida por diversos cientistas, a exemplo do físico francês Armand Fizeau que obteve, em 1849, o valor (no ar) de aproximadamente 314.000 km/s. Fazendo a comparação de tais medidas com seus próprios resultados, calculados a partir de medidas de grandezas eletromagnéticas, Maxwell pôde afirmar que a luz era um distúrbio eletromagnético, e também que deveria haver radiações eletromagnéticas para além da região do visível.

A respeito de sua descoberta, Maxwell escreveu[60]:

> *A velocidade das ondulações transversais no nosso meio hipotético, calculada a partir das experiências de eletromagnetismo efetuadas pelos Srs. Kolhraush e Weber (311.000 km/s), tem um valor tão próximo do valor da velocidade da luz calculado a partir de experiências de óptica realizadas pelo Sr. Fizeau que é difícil evitar a inferência de que a luz consistirá em ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos.*

Fig. 67 - Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894).

Em 1880, a Academia de Ciência de Berlim ofereceu um prêmio a quem conseguisse produzir por meios puramente elétricos as ondas (de luz?) previstas por Maxwell, o que seria uma prova da sua teoria. A confirmação experimental seria obtida pela primeira vez, em 1887, pelo físico alemão H. Hertz. Para isso, ele usou um circuito oscilante de pequenas dimensões, produzindo ondas de pequeno comprimento ($\lambda = 0{,}3$m), chamadas hoje de ondas hertzianas ou ondas de rádio. Hertz mostrou que essas ondas possuíam todas as propriedades das ondas de luz, isto é, podiam ser refletidas, refratadas, difratadas, polarizadas. Foi mostrado também que elas interferiam umas com as outras e também se propagavam com a velocidade escalar da luz. E por terem sido produzidas por um circuito oscilante, sua origem era evidentemente eletromagnética. Nessa época, Hertz escreveu[61]:

> *As experiências descritas me parecem em alto grau adequadas para remover as dúvidas sobre a identidade entre a luz, a radiação térmica e as ondas eletromagnéticas*

O triunfo da teoria eletromagnética da luz, de Maxwell, foi tão marcante que em fins do século XIX acreditava-se que pouco, ou nada, poderia ser adicionado ao conhecimento da natureza da luz. Entretanto, como se sabe, esse não foi o caso (vide Cap. V).

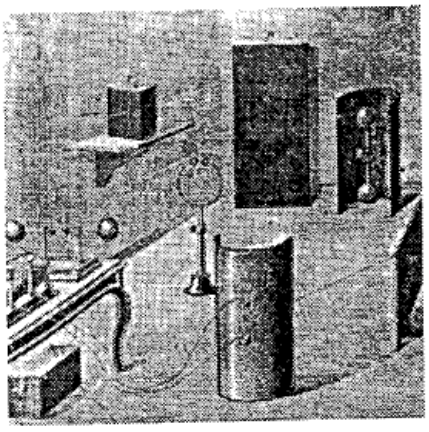


Fig. 68 - Dispositivos de Hertz para produzir ondas eletromagnéticas.