

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LORENA DE LIMA AUER

ABORDAGEM CONCEITUAL DE TEMAS DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA
INSPIRADO POR EXPERIMENTOS HISTÓRICOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

PONTA GROSSA
2021

LORENA DE LIMA AUER

ABORDAGEM CONCEITUAL DE TEMAS DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA
INSPIRADO POR EXPERIMENTOS HISTÓRICOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Gelson Biscaia de Souza
Co-orientador: André Vitor Chaves de Andrade

PONTA GROSSA
2021

A917 Auer, Lorena de Lima
Abordagem conceitual de temas de Indução Eletromagnética inspirado por experimentos históricos na educação básica / Lorena de Lima Auer. Ponta Grossa, 2021.
111 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Gelson Biscaia de Souza.
Coorientador: Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade.

1. História da ciência. 2. Eletromagnetismo. 3. Construção de experimentos.
I. Biscaia de Souza, Gelson. II. Chaves de Andrade, André Vitor. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. IV.T.

CDD: 530.1



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

LORENA DE LIMA AUER

“Abordagem conceitual de temas de Indução Eletromagnética inspirada por experimentos históricos na educação básica”.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós Graduação Profissional em Ensino de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa, 20 de agosto de 2021.

Membros da Banca:

Prof. Dr. Gelson Biscaia de Souza - (UEPG) – Presidente

Prof. Dr. Sergio da Costa Saab - (UEPG)

Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves - (UTFPR)



Documento assinado eletronicamente por **Gelson Biscaia de Souza, Professor(a)**, em 20/08/2021, às 18:17, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Sergio da Costa Saab, Professor(a)**, em 20/08/2021, às 18:18, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **João Amadeus Pereira Alves, Usuário Externo**, em 20/08/2021, às 20:18, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Aparecida Telles, Secretário(a)**, em 16/12/2022, às 15:15, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0586524** e o código CRC **7ACCDAB0**.

À Ivanilda pela doçura e ao Bruno
pela firmeza com que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Há muitas pessoas a agradecer por toda contribuição que deram a este trabalho.

Primeiramente, agradeço à Deus, autor e propósito de todas as coisas.

Aos meus pais pela formação e educação que me propiciaram e pelos desafios que sempre me deram e encorajaram a enfrentar. Especialmente à minha mãe pelas incontáveis horas de conversa e reflexão sobre os mais variados temas.

Ao Bruno por todas as vezes que me incentivou a dar continuidade a este trabalho. Por todo amor, companhia e aconchego.

À CAPES.

Aos meus orientadores, professor Gelson, que sempre esteve disposto a me atender a auxiliar em tudo que fosse preciso, e ao professor André Vitor que coorientou sempre com muita presença a apoio. Especialmente nos dias que antecederam à entrega do trabalho.

À minha família, em particular à minha avó (*in memoriam*) e ao meu avô que sempre muito gentilmente conversou comigo sobre o funcionamento de alternadores e me presenteou com imãs para usar em sala de aula.

Ao Gustavo, meu colega e amigo desde a graduação. Por todos os momentos, especialmente os fora da universidade. Se eu tivesse um irmão, certamente seria menos que ele.

À Escola Evangélica de Carambeí, especialmente à professora Ana Luiza, pedagoga, que com maestria me fez entender muito do que sei hoje sobre sala de aula.

Aos meus amigos que estiveram comigo nesses anos e aos que fiz nessa etapa. Principalmente à Amanda.

Aos professores que lecionam neste mestrado e que muito competentemente compartilharam seus saberes com todos os discentes. Aos colegas de mestrado: Rosivete, Gilvan José, Jair, Jairo e especialmente à Gabriela, que é minha amiga desde a graduação, pela companhia nas aulas e nos cafés.

E se pudéssemos usufruir apenas daquilo que compreendemos o funcionamento?

RESUMO

No escopo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física está a proposta do desenvolvimento de um produto educacional. Sendo assim, neste trabalho planejou-se, executou-se e analisou-se a inserção piloto de um produto educacional proposto para aprendizagem de conceitos relacionados à indução eletromagnética para uma turma de estudantes de 9º ano do ensino fundamental. A proposta se volta para a discussão dos elementos conceituais que são pertinentes ao tema de indução eletromagnética por duas razões: devido ao nível de escolaridade dos estudantes que participaram desta inserção piloto e por buscarmos, na história e na filosofia da ciência, como se desenvolveram as hipóteses da relação entre eletricidade e magnetismo. A escolha de um tema de física clássica justifica-se pelas fragilidades que o ensino destes assuntos ainda apresenta e porque, sem o estudo adequado de tais conceitos, outros mais sofisticados serão de difícil apreensão. Para que os estudantes possam discutir, elaborar hipóteses e testá-las, e porventura ainda retomar este processo, optou-se por uma sequência de aulas com ênfase em experimentos e na construção deles. A prática docente foi realizada à luz da teoria sociocultural de Vygotsky, entendendo-se que o estudante é um sujeito imerso em um meio, que faz uso de instrumentos para interagir com este e faz uso de signos para interagir com outros membros da sua cultura. Concatenada a esta teoria, traz-se os Três Momentos Pedagógicos, de Delizoicov e Angotti, para orientar o planejamento e a condução das atividades em sala de aula. Esta metodologia também privilegia que o professor valorize para a sala de aula os interesses dos seus estudantes e os conecte aos conteúdos. Para analisar os dados obtidos por meio dessa inserção, recorreu-se à análise de conteúdo de Bardin. No decorrer do trabalho nos deparamos com situações que limitaram ou mesmo impediram o uso de textos originais durante toda a aplicação e desenvolvimento do produto educacional, restringindo-o a apenas às situações que viabilizaram tal uso. Mesmo cerceado por esta condição, a abordagem de experimentos inspirados nos originais mostrou-se promissora. Os estudantes construíram, manipularam e observaram o funcionamento de uma bobina de indução e um transformador. A avaliação das afirmações registradas por eles nos permitiu inferir, por meio da Análise de Conteúdo, que houve, de fato, a apreensão dos conceitos físicos, em especial a correlação entre corrente elétrica e campo magnético.

Palavras-chave: história da ciência; eletromagnetismo; construção de experimentos.

ABSTRACT

At the heart of the National Professional Master's Program in Physics Teaching is the proposal of an educational product. Therefore, this dissertation reports the planning, execution and analysis of a pilot educational product, focused on learning concepts related to electromagnetic induction for a student classroom of the 9th grade elementary school. This proposal is structured around the debate of conceptual elements that are relevant for the electromagnetic theme for two reasons:

Firstly, for being adequate to the students school level in this pilot insertion; secondly, For exploring, based on the history and philosophy of science, the hypothesis over which the correlation between electricity and magnetism were set up in its early years of development. The reason to choose a classical physics subject was the fragility of teaching methods that still exists around it in school classes; besides, without a deep learning of these concepts, the comprehension of the subsequent and more sophisticated ones will be more difficult. In order to allow students to debate, develop hypotheses and test them, perhaps returning this cycle, the method consisted in a sequence of classes emphasizing the construction and testing of experiments. The teaching practice was conducted based on the social-cultural theory of Vygotsky, assuming that students are immersed in a social environment, disposing and using instruments to interact with it, while displaying unique skills in their own social context. Along with this theory, the Three Pedagogical Moments from Delizoicov & Angotti guided the planning and conduction of activities at classes. This methodology motivates the teacher to bring to the classroom the students interest issues and bind them to the studied subjects. Analyses of the collected data were based on the Bardin content analysis. In the course of this work, we came across with difficulties for employing original texts as didactic materials throughout the entire educational product, what was possible only in specific situations. Even with this restriction, the proposed teaching approach, employing experiments based on the original scripts, showed to be a promising method. The students built, manipulated and observed the operation of induction coils and transformers. The Content Analysis of the students' entries regarding these activities allowed us to infer that some physical concepts were effectively learned, notably the correlation between electrical current and magnetic field.

Keywords: history of science, electromagnetism, construction of experiments

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática do experimento realizado por Oersted. Em (a) não há corrente elétrica passando no fio (linha preta); (b) a passagem da corrente deflexiona a bússola, que está sob uma placa de vidro e o fio condutor.	18
Figura 2 – Esquema do experimento de rotação de fio condutor ao redor de imã (lado direito) e rotação de imã ao redor de condutor (lado esquerdo).	26
Figura 3 – Desenho esquemático para o experimento anel de ferro doce.	30
Figura 4 – Imagem do experimento (original) anel de ferro doce.	30
Figura 5 – Representação do experimento pinça.	32
Figura 6 – Linha do tempo sobre a trajetória de Oersted.	52
Figura 7 – Linha do tempo sobre a trajetória de Faraday.	53
Figura 8 – (a) Bobinas construídas pelos estudantes (em cima, à esquerda, e no centro) e pela professora (à direita). (b) Imãs utilizados para o funcionamento da bobina.	54
Figura 9 – Experimento "anel de ferro doce" construído pela professora (à esquerda) e um dos anéis preparado pelos estudantes (à direita).	55
Figura 10 – (A) Experimento "eletroímã" construído pela professora e pelos estudantes. (B) Pilha utilizada para alimentar o experimento "eletroímã".	56
Figura 11 – Representação esquemática dos Momentos Pedagógicos e as atividades planejadas para cada um deles.	57
Figura 12 – Esquema representativo das unidades de contexto e registro.	59
Figura 13 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem 1 do diário de bordo.	69
Figura 14 – nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem2 do diário de bordo.	70
Figura 15 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem3 do diário de bordo.	70
Figura 16 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem4 do diário de bordo.	70
Figura 17 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem5 do diário de bordo.	70
Figura 18 – Imagem do alternador, apresentada aos estudantes, e nominado por um deles como "motor Irineu".	72
Figura 19 – Imagem de registros de Diário de Bordo, de dois estudantes, que apresentam o signo "neuds" não decodificado pela professora.	72

Figura 20 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes manipulação livre da caixa experimental.	73
Figura 21 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a realização do experimento “eletroímã”.	77
Figura 22 – Desenhos representativos do eletroímã elaborados pelos estudantes. .	79
Figura 23 – Estudantes organizados em equipes manipulando objetos da caixa de material durante a etapa de problematização inicial (imagens acima); estudantes elaborando o experimento durante a etapa de organização do conhecimento.	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Palavras e sua incidência para a imagem1 no diário de bordo.	60
Quadro 2 – Palavras e sua incidência para a imagem2 no diário de bordo.	60
Quadro 3 – Palavras e sua incidência para a imagem3 no diário de bordo.	60
Quadro 4 – Palavras e sua incidência para a imagem4 no diário de bordo.	61
Quadro 5 – Palavras e sua incidência para a imagem5 no diário de bordo.	61
Quadro 6 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que associam imã e limalha de ferro.	62
Quadro 7 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que associam imã e bússola.	62
Quadro 8 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que associam a interação de imãs.	63
Quadro 9 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que associam a LED e pilhas.	63
Quadro 10 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que descrevem o experimento “bobina de indução”.	64
Quadro 11 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que descrevem observações realizadas no experimento “bobina de indução”.	65
Quadro 12 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que descrevem hipóteses sobre o funcionamento no experimento “bobina de indução”.	65
Quadro 13 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que descrevem o experimento “anel de ferro doce”.	66
Quadro 14 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que descrevem observações realizadas no experimento “anel de ferro doce”.	67
Quadro 15– Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que descrevem hipóteses sobre o funcionamento no experimento “anel de ferro doce”.	67
Quadro 16 – Frases transcritas <i>ipsis litteris</i> dos estudantes que descrevem a montagem e o funcionamento do experimento “eletroímã”.	68

LISTA DE SIGLAS

3MP – Três Momentos Pedagógicos

AC – Análise de Conteúdo

ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

EPEF – Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física

FC – Física Clássica

FMC – Física Moderna e Contemporânea

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 ESCOLHA E DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivos Gerais.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos	15
2 FUNDAMENTOS SOBRE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	16
2.1 ALGUNS PRECEDENTES DO ELETROMAGNETISMO E A EXPERIÊNCIA DE OERSTED	16
2.2 ALGUMAS CRÍTICAS E ANÁLISES AO TRABALHO DE OERSTED	21
2.3 ALGUMAS DAS CONTRIBUIÇÕES DE FARADAY AO ELETROMAGNETISMO	23
3 FUNDAMENTOS SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM	36
4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DAS METODOLOGIAS EMPREGADAS	43
4.1 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	43
4.2 PESQUISA QUALITATIVA.....	46
5 PRODUTO EDUCACIONAL	50
5.1. PÚBLICO DA INSERÇÃO PILOTO	50
5.2. A ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO	51
5.3. O MATERIAL DISPONIBILIZADO PARA OS ESTUDANTES	57
5.4. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO REGISTRO DE DADOS.....	57
6 RESULTADOS	59
7 ANÁLISES	69
8 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICES	89

1 INTRODUÇÃO

1.1 ESCOLHA E DELIMITAÇÃO DO TEMA

O Ensino de Física no Brasil é uma área de destaque na pesquisa de pós-graduação em Educação. Existem, há décadas, eventos de divulgação destas pesquisas a nível nacional, como o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), realizado desde 1997, e o Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) desde 1996, além de muitos encontros regionais. Revistas e periódicos especializados nesta temática são bem consolidados. Porém, em contraste com este cenário na área de pesquisa, o Ensino de Física “real” no Ensino Fundamental e Médio apresenta-se desatualizado, minimizado e desvalorizado (MOREIRA, 2018). Deste modo, ainda é preciso superar obstáculos e estreitar os laços entre a pesquisa e a prática docente para reduzir este distanciamento.

Moreira (2018) elenca aspectos que contribuem para a conjuntura do Ensino de Física: o número reduzido de aulas, que geralmente é de duas por semana, e esporadicamente são experimentais; a escassez de professores de física; e aulas com finalidade de treinamento de resolução de exercícios e memorizações. O resultado deste perfil de ensino, não surpreendentemente, culmina num discurso estudantil de não se apreciar a Física.

Entendemos que a abordagem de conceitos de Física Clássica (FC) fundamenta os estudantes para que oportunamente possam estudar conceitos mais sofisticados da ciência, como os de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Especialmente neste trabalho, cuja inserção de projeto piloto se deu em uma turma de Ensino Fundamental II, se faz ainda mais importante que a abordagem seja sobre conceitos clássicos da ciência. Ao mesmo tempo, encontramos nos experimentos científicos meios de promover que os estudantes investiguem e analisem os fenômenos observados, alterem e refaçam os mesmos para discutir novas possibilidades.

Na busca de trabalhos com similaridade com nosso ponto de vista, consultamos numerosos estudos que, sem pormenorizar, defendem a abordagem de temas da FC em geral, assim como também encontramos os que defendem a FMC; juntamo-nos ao primeiro grupo e defendemos e dedicamos o presente trabalho a um tema da Física Clássica: a Indução Eletromagnética.

Compreendemos que a descoberta da relação entre corrente elétrica e magnetismo, observada inicialmente por Oersted em 1820 e posteriormente estudada por Faraday, é uma das mais provocantes no que diz respeito à observação fenomenológica, além de ser indispensável para o funcionamento das tecnologias de nosso cotidiano. Portanto, vemos neste tema as potencialidades necessárias para desenvolver aspectos que julgamos relevantes para o desenvolvimento de um Mestrado Profissional, bem como o Produto Educacional que decorre deste: envolver os estudantes no processo de ensino e aprendizagem e apresentar uma proposta de planejamento didático exequível.

O Produto Educacional elaborado consiste em oito aulas de quarenta e cinco minutos, executadas duas a duas, compondo então quatro etapas. A inserção piloto foi executada na Escola Evangélica de Carambeí, na cidade de Carambeí – PR, durante o primeiro trimestre do ano letivo de 2019 na turma de 9º ano do Ensino Fundamental com vinte estudantes, com idade entre 13 e 15 anos. Todas as atividades foram desenvolvidas em sala de aula, utilizando-se conjuntos experimentais com o material necessário para a realização das atividades propostas nos planejamentos, todos desenvolvidos por esta proponente. Além disso, os estudantes realizaram registros em um “Diário de Bordo”, também produzido pela mestrandia, cujo propósito foi guiar os estudantes durante o desenvolvimento das atividades e auxiliá-los nos registros dos fenômenos abordados e nos questionamentos resultantes destes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

Atendendo às demandas que o programa do Mestrado Nacional em Ensino de Física nos traz, esta dissertação tem por objetivo:

- Produzir uma sequência de aulas para explorar o conceito de Indução Eletromagnética com ênfase nos aspectos históricos sobre o tema;
- Produzir experimentos baseados nos originais elaborados por Michael Faraday que permitam a investigação do tema;
- Analisar as possibilidades e limitações do produto educacional em uma inserção piloto.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral traçado na proposta deste trabalho seja obtido, é necessário que objetivos singulares e intrínsecos a este sejam delineados, os quais são:

- Alinhar a nossa proposta didática com documentos que norteiam a educação, Referencial Curricular do Paraná e Currículo da Rede Estadual Paranaense, e com o Projeto Político Pedagógico da escola na qual pretendemos desenvolvê-la;
- Estudar os registros originais de Michael Faraday nos quais constem descrições e explicações dos seus experimentos para investigação do fenômeno de Indução Eletromagnética bem como as conclusões obtidas pelo cientista;
- Elaborar e escrever um recurso didático (Diário de Bordo e Caderno de Apoio ao Professor) que propicie o desenvolvimento das competências e habilidades que elencamos;
- Concatenar ao planejamento e ao recurso didático as atividades experimentais a serem realizadas pelos estudantes, baseadas nos experimentos originais de Faraday sobre Indução Eletromagnética;
- Sistematizar e analisar os dados registrados durante a execução do planejamento didático;
- Analisar as possibilidades e limitações encontradas no decorrer de todo o processo.

2 FUNDAMENTOS SOBRE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

2.1 ALGUNS PRECEDENTES DO ELETROMAGNETISMO E A EXPERIÊNCIA DE OERSTED

O descobrimento da relação entre eletricidade e o magnetismo é atribuída a um experimento realizado por Oersted em 1820 (MARTINS, 1986; DIAS, 2004). No entanto, a relação entre essas áreas da Física já era conhecida há pelo menos três séculos, por exemplo, nas situações em que bússolas sofriam deflexão durante tempestades, por ocasião de raios. Outro exemplo são as situações em que peças de ferro eram imantadas também por ocasião de raios. Há também relato de experimentos realizados por diversos nomes desta mesma época, em que agulhas de costuras eram imantadas por meio de descargas elétricas de garrafas de Leyden. Fatos estes estudados e por vezes repetido por diversos cientistas. Com a descoberta de que raios são descargas elétricas, estas observações foram entendidas como indícios da relação entre eletricidade e magnetismo. Contudo, nenhuma elucidação sobre a relação entre estes dois fenômenos havia ainda sido esboçada (MARTINS, 1986; FILHO, 2009).

No início do século XIX, a posição de muitos cientistas era bastante clara a respeito da relação entre eletricidade e magnetismo, embora não estivesse estruturada nenhuma explicação contundente. Esta incerteza encorajava e estimulava o desenvolvimento de experimentos que pudessem esclarecer tal relação. As ideias, em geral, eram baseadas na simetria e confronto dos fenômenos elétricos e magnéticos, como a comparação de polos e cargas. (MARTINS, 1986).

De acordo com Martins (1986 *apud* STAUFFER 1957), Chaib e Assis (2007) e Gardelli (2018), além das razões científicas, Oersted possuía razões filosóficas para acreditar na unidade não apenas entre eletricidade e magnetismo, mas também com a luz e calor. Contudo, ele não tinha boas evidências para justificar suas ideias.

“O eletromagnetismo foi descoberto no ano de 1820 pelo professor Hans Christian Oersted da universidade de Copenhague. Durante 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 isso pelas razões comumente alegadas a favor dessa opinião, mas por um princípio filosófico, o de que todos os fenômenos são produzidos pelo mesmo poder original.” (OERSTED, 1820 *apud* MARTINS, 1986)

Em Gardelli (2018) encontramos uma discussão a respeito das correntes filosóficas (Programa de Pesquisa Laplaciano e *Naturphilosophie*) influenciadoras da época em que ocorreram as experimentações, as observações e as discussões sobre os fenômenos eletromagnéticos. Não pretendemos nos aprofundar nestas reflexões por não fazerem parte do escopo deste trabalho, mas traremos elementos que entendemos pertinentes para a melhor compreensão do desenvolvimento do trabalho de Oersted, bem como do contexto histórico e filosófico no qual seu trabalho estava imerso.

Diferente de seus pares, Oersted voltava sua atenção para a corrente elétrica ao buscar a relação com magnetismo, pois era com a corrente elétrica que se observavam efeitos químicos, térmicos e luminosos. Além disso, não só Oersted, como também outros cientistas, acreditavam na existência de dois tipos de fluidos elétricos, que poderiam percorrer o mesmo fio em sentidos contrários, como se houvesse uma decomposição e imediatamente uma recomposição de cargas, dando a ideia de propagação ondulatória. Esta suposição para explicar a corrente elétrica fora, na época, também validada por Ampère (MARTINS, 1986; CHAIB; ASSIS, 2007; GARDELLI, 2018).

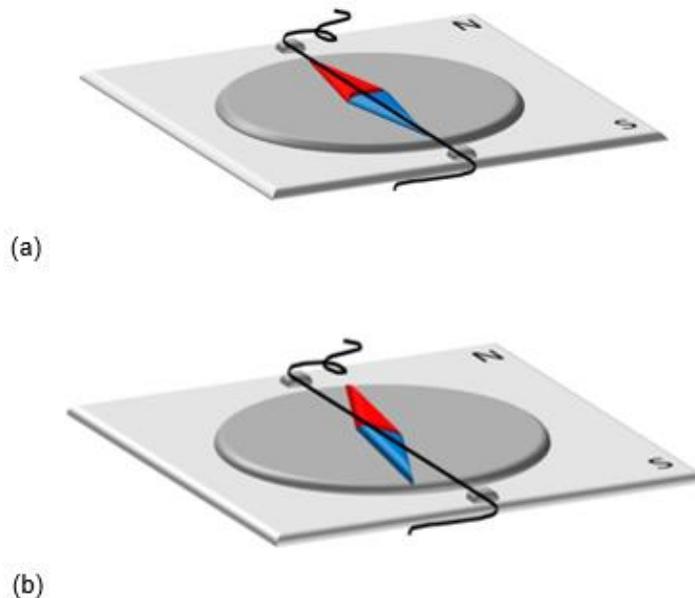
A ideia de que havia dois fluidos elétricos que percorriam o fio tem fundamento na *Naturphilosophie*, da qual Oersted era adepto. Tal corrente filosófica considerava o permanente conflito de forças fundamentais, se manifestando de copiosas formas, dando origens aos fenômenos observáveis e se transformando em outras formas dependendo de sua intensidade de manifestação original. Para a *Naturphilosophie* a compreensão total da natureza e a sua fundamentação ocorreria por meio das polaridades (forças kantianas de atração e repulsão) encontradas na mesma: manifestações elétricas positivas e negativas, pólos magnéticos norte e sul, ácidos e bases. (GARDELLI, 2018)

Das ideias de Oersted, as mais plausíveis eram: o fio, ao ser percorrido por uma corrente elétrica, torna-se algo parecido com uma agulha magnetizada, com os polos magnéticos correspondendo às extremidades do fio; ou que o fio se torna um único polo magnético. Entende-se que essas suposições nortearam seus estudos (MARTINS, 1986).

No inverno de 1819-1820, Oersted ministrou um curso sobre eletricidade e magnetismo na Universidade de Copenhague, no qual o célebre experimento fora realizado pela primeira vez. A experiência consistia em um fio condutor (representado

pela linha preta na ilustração 1) posicionado paralelamente sobre uma agulha metálica magnética (na ilustração 1 representada por uma bússola), separada por uma placa de vidro, alinhada ao eixo norte-sul terrestre, tal como representado na figura (1.a). Na figura 1.b está a representação do que ocorre por ocasião de uma corrente elétrica passar pelo condutor. Nas palavras do próprio Oersted: “nessa situação, a agulha magnética será movida, e a sua extremidade que está sobre a parte do fio de conexão próxima ao terminal negativo do aparelho galvânico será desviada para oeste” (CHAIB; ASSIS, 2007).

Figura 1 – Representação esquemática do experimento realizado por Oersted. Em (a) não há corrente elétrica passando no fio (linha preta); (b) a passagem da corrente deflexiona a bússola, que está sob uma placa de vidro e o fio condutor.



Fonte: A autora.

Este experimento fora planejado para um curso de conferências sobre eletricidade, galvanismo e magnetismo na Universidade de Conpenhagen. Ao preparar-se para a aula, Oersted “conjecturou que, se fosse possível produzir algum efeito magnético pela eletricidade, isso não poderia ocorrer na direção concorrente, pois tal havia sido frequentemente tentado em vão; mas que deveria ser produzido por uma ação lateral” (OERSTED, 1827 *apud* MARTINS, 1986).

Mais uma vez Oersted, motivado pelos preceitos da corrente filosófica *Naturphilosophie*, pensava que em um conflito muito grande de forças de uma forma (neste caso, elétrica) teria como desdobramento a manifestação de forças em outra forma (como por exemplo, calor, luz, magnetismo). Ou seja, ele considerou que o

comportamento magnético oriundo da corrente elétrica poderia irradiar luz e calor para as adjacências do fio. E mais, acreditava que o efeito magnético só surgiria se os efeitos térmico e luminoso estivessem também aparecendo no experimento (FRANKSEN, 1981 *apud* GARDELLI, 2018); afinal, como um relâmpago afeta bússolas, apenas fios incandescentes provocariam o efeito magnético (GARDELLI, 2018).

Ocorre que Oersted não possuía explicações que mostrassem claramente a relação entre eletricidade e magnetismo neste experimento, tendo em vista que das suas hipóteses nenhuma era confirmada por meio dos resultados experimentais. Ao contrário, parecia ser necessário repensar as suas convicções iniciais. Assim, em razão da inconsistência e da suposta confusão nos resultados obtidos, o experimento foi repetido até que conseguisse suposições mais categóricas a respeito (MARTINS, 1986).

Oersted optou por escrever seu trabalho relatando este experimento e suas conclusões em latim, em quatro páginas sob o título *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam* (Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética) (CHAIB; ASSIS, 2007) e foram enviadas, em 21 de julho de 1820, diretamente a cientistas de diversos países, sociedades e revistas científicas. Neste trabalho encontramos breves descrições dos experimentos realizados por Oersted, bem como suas interpretações (MARTINS, 1986; ASSIS, 2006; CHAIB, 2007; FILHO, 2009)

Esse texto chega à Academia Real de Ciências da França em 4 de setembro de 1820 e é examinado pelo então presidente da instituição, à época, Arago. Em razão da incredulidade demonstrada por parte de outros cientistas, Oersted realizou novamente a experiência na mesma academia em 11 de setembro do mesmo ano.

A princípio, em 1820, Oersted supôs que ao redor do fio condutor de conflito elétrico (Oersted denominava conflito elétrico o que era conduzido pelos fios em razão da diferença de potencial, para fins didáticos podemos comparar com o conceito atual de corrente elétrica) haveria dois turbilhões de matéria elétrica em formato de espiral em sentidos opostos se manifestando; um destes deveria atuar sobre o polo norte e outro sobre o polo sul da agulha da bússola.

“Todos os efeitos aqui expostos, relativamente ao polo norte, são facilmente compreendidos, supondo-se que a força ou matéria elétrica negativa percorre uma linha espiral dobrada para a direita, e empurra o polo norte, mas não age

sobre o [polo] sul. Pode-se explicar de forma semelhante os efeitos sobre o polo sul, se atribuirmos à força ou a matéria elétrica positiva um movimento contrário, e o poder de agir sobre o polo sul e não o polo norte.” (OERSTED, 1820 *apud* MARTINS, 1986).

Foi só em 1832 que Oersted apresentou sua concepção de influência magnética ao redor do fio sob formato circular, depois de tomar conhecimento de resultados encontrados por Ampère (GARDELLI, 2018).

É importante salientar que o espanto e estranheza com que o experimento de Oersted foi recebido no meio acadêmico não foi em razão do efeito observado propriamente dito, mas da elucidação que Oersted fez a respeito dos fenômenos, especificamente da sua simetria (SILVA, 2006; GARDELLI, 2018).

O curso ministrado por Oersted foi assistido por Hansteen, responsável por escrever uma carta a Faraday, muito posteriormente, em 1857, relatando o que observara no referido curso (MARTINS, 1986; DIAS, 2004). Encontramos em Martins (1986) um trecho desta carta em que se relata o experimento que se tornou célebre por demonstrar a relação entre eletricidade e magnetismo.

“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 paralelamente 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 razão em dizer-se que tropeçou com sua descoberta por acaso. Assim como os outros, não teve ideia alguma de que a força poderia ser transversal.” (MARTINS, 1986, p.97 *apud* HANSTEEN, carta a Faraday, *apud* CREW, Rise of Modern Physics).

Também em Martins (1986) há outro relato que parece bem mais plausível. Esta publicação é de sete anos após a realização do experimento.

“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 uma 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.

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 feitos fossem ainda fracos nas primeiras repetições do experimento, pois empregou apenas fios muito finos, supondo que o efeito magnético não ocorreria quando a corrente galvânica produzisse calor e luz; mas logo descobriu que os condutores de um diâmetro maior proporcionariam 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.” (MARTINS, 1986, p.99 *apud* HANSTEEN, carta a Faraday, *apud* CREW, Rise of Modern Physics).

Martins (1986) e Dias (2004) nos chamam atenção e provocam uma breve reflexão a respeito das divergências entre as publicações que relatam o célebre experimento. Hansteen, ao escrever para Faraday relata, com alguns distanciamentos do outro registro, algumas condições do experimento, mas esta é a versão pela qual o experimento obteve visibilidade. Entendemos que este pode ser um indicativo da disseminação da ideia de que Oersted encontrou neste experimento a relação entre eletricidade e magnetismo por pura e simples sorte, o que é evidente ser falso, dada toda sua trajetória acadêmica.

A propriedade do trabalho de Oersted fez com que rapidamente a descoberta se disseminasse pela Europa e que outros cientistas tomassem conhecimento do experimento e o reproduzissem. Daqueles que se dedicaram a estas questões entre eletricidade e magnetismo, e ao qual voltaremos nossa atenção, destaca-se Faraday.

2.2 ALGUMAS CRÍTICAS E ANÁLISES AO TRABALHO DE OERSTED

Após a divulgação da descoberta de Oersted os cientistas de maior prestígio na época voltaram sua atenção para o tema. Em poucos dias Ampère, Biot e Savart apresentaram artigos em que discutiam outras explicações para o fenômeno observado (ASSIS, 2006; FILHO, 2007).

Ampère apresentou um trabalho intitulado *Mémoire présentée à l'Académie royale des Sciences, le 2 octobre 1820, où se trouve compris le résumé de ce qui avait été lu à la même Académie les 18 et 25 septembre 1820, sur les effets des courants électriques* (Memória apresentada à Royal Academy of Sciences, 2 de outubro 1820, onde se inclui o resumo do que havia sido lido na mesma Academia do 18 e 25 de setembro de 1820, sobre os efeitos das correntes elétricas) em 2 de outubro de 1820. Neste texto o cientista apresenta experimentos instigados pela descoberta de Oersted e que seguiu uma proposta de pesquisa inspirada em Newton (CHAIB, 2007), o que nos leva a crer que ele era um simpatizante do programa de pesquisa Laplaciano.

Para explicar o efeito que a corrente elétrica causa sobre a agulha de uma bússola, Ampère deduziu que correntes elétricas percorriam a superfície e o interior do ímã, de modo que não haveria a indução de um campo magnético, mas apenas a interação entre correntes elétricas no fio condutor e no ímã (CHAIB, 2007; FILHO, 2009).

Relata-se também nesse texto uma experiência realizada com muito primor, no qual dois condutores retilíneos são colocados paralelamente entre si e percorridos por correntes elétricas. Numa situação as correntes elétricas possuem mesmo sentido, e então os condutores sofrem atração. Noutra situação, a corrente elétrica de um condutor é invertida, ou seja, as correntes elétricas dos condutores estão em sentidos contrários, e o efeito observado foi a repulsão entre eles (CHAIB, 2007).

Com o conhecimento deste efeito é que, possivelmente, Ampère entendeu que os ímãs deveriam ser portadores de corrente elétrica. Contudo, o padrão do fenômeno observado, de que correntes elétricas de sentidos iguais sofrem atração e de sentidos opostos sofrem repulsão, provocaram alguma cisma, já que em geral entidades iguais se repelem e opostas se atraem (como cargas elétricas). Com isso, Ampère também conseguia reunir fenômenos magnéticos, eletromagnéticos e eletrodinâmicos em uma explicação única (CHAIB, 2007).

Apesar de muito sofisticada, a explicação de Ampère não foi apoiada por Oersted ou Faraday, nem por Biot e Savart. Arago, que concordava com as ideias de Ampère, apresentou um trabalho nos *Annales de Chimie et Physique* (Anais de Química e de Física), sob o título *Expériences relatives à l'aimantation du fer et du l'acier du courant voltaïque* (Experiências relativas à imantação do ferro e do aço pela ação da corrente voltaica) (FILHO, 2009).

Arago descreve em seu trabalho que um fio condutor, quando percorrido por uma corrente elétrica, é capaz de atrair limalha de ferro. Se este fio for disposto em formato de espira verificam-se polaridades, de acordo com o sentido da corrente e de acordo com o sentido com que o fio é enrolado. Se colocado um núcleo de aço dentro da espira os efeitos ficam sensivelmente mais fortes, e o metal também adquire propriedade magnética (FILHO, 2009).

Em 30 de outubro de 1820 Biot e Savart apresentam um artigo também para o *Annales de Chimie et Physique* (Anais de Química e de Física) denominado *Note sur le Magnétisme de la pile de Volta* (Nota sobre o magnetismo da pilha de Volta). Neste texto apresentam a ideia de que uma corrente elétrica, ao percorrer um condutor,

simplesmente o magnetiza. Assim, haveria uma relação puramente magnética entre o fio que acabara de ser imantado e a agulha magnética da bússola (ASSIS, 2006).

2.3 ALGUMAS DAS CONTRIBUIÇÕES DE FARADAY AO ELETROMAGNETISMO

Faraday, que era assistente de Humpry Davy na Royal Institution em Londres, teve seu primeiro contato com eletromagnetismo por meio de seu tutor que, como grande parte da comunidade científica, demonstrava interesse nesse ramo especialmente após a divulgação dos experimentos e conclusões publicados por Oersted (MARTINS, 1986; DIAS, 2004; DIAS; MARTINS, 2004).

Na primeira seção deste capítulo trouxemos algumas considerações a respeito do que Oersted pressupunha a respeito da natureza dos fenômenos que pesquisava e experimentava. Estas hipóteses nortearam seu trabalho num aspecto mais “filosófico”. Em Reis (2006), encontramos uma discussão neste mesmo sentido, mas a respeito das pressuposições de Faraday. Traremos alguns dos aspectos que consideramos serem relevantes para a compreensão do trabalho de Faraday.

Detendo-se diligentemente ao que diz respeito às contribuições de Faraday para o Eletromagnetismo, podemos distinguir três fases de seus experimentos encontrados em Dias e Martins (2004) e que nos parecem pertinentes e esclarecedoras. Tal divisão segmenta o trabalho de Faraday em uma primeira parte, compreendida entre 1820 e 1821; de 1821 a 1823 a segunda parte; e, por fim, a terceira parte de 1825 a 1832. Ainda acrescentaremos uma quarta parte em que descreveremos alguns desenvolvimentos posteriores a 1832 realizados nos estudos de Faraday.

É importante sublinhar que, das fontes primárias que se sabe atualmente, constam os volumes dos diários de laboratórios de Faraday e cartas recebidas e enviadas por ele. Contudo, não se tem conhecimento da existência de parte dessas cartas, apenas indícios (há cartas de resposta recebidas por Faraday, mas não há cartas enviadas por Faraday). Há, portanto, um volume maior de correspondências dirigidas a Faraday do que escritas por ele (DIAS, 2004).

Em 1820 Faraday realiza uma sequência de experimentos sobre rotações eletromagnéticas, mas há indícios de que este não teria sido seu primeiro contato independente com o eletromagnetismo (DIAS; MARTINS, 2004).

No ano seguinte, 1821, Faraday troca correspondências com Richard Phillips, nas quais há informações sobre o envolvimento de Faraday com o eletromagnetismo. Nestas cartas, Phillips solicita a Faraday um artigo, que Faraday faz sob a condição de publicação anônima. Pouco tempo depois Phillips acusa o recebimento do artigo (DIAS; MARTINS, 2004; REIS, 2006). Em Martins (1986) encontramos uma referência sobre “uma interessante série de artigos anônimos sobre a história do eletromagnetismo, publicados de 1821 a 1822, e de autoria de um certo “M” que provavelmente era Michael Faraday”, o que reforça esta hipótese. Foi apenas em 1832 que Faraday assumiu a autoria destes artigos publicados anonimamente, em razão de acusações de se apropriar de ideias de outros cientistas (DIAS, 2004).

Novamente a convite de Phillips, Faraday escreve um artigo para ser publicado no *Annals of Philosophy*, sob o título “*Historical Sketch of Electro-magnetism*”. O artigo configurava-se como uma revisão das pesquisas até então realizadas sobre eletromagnetismo (REIS, 2006).

Na primeira parte do artigo, Faraday descreve os trabalhos de Oersted resumidamente, suas considerações e hipóteses que levaram à descoberta do eletromagnetismo. Faraday ainda relata as contribuições posteriores ao célebre experimento, especialmente as de cientistas franceses (Arago e Ampère) buscando pontuar pouco a respeito dos fatos observados (DIAS, 2004; DIAS, MARTINS, 2004).

Sobre os efeitos magnéticos resultantes de correntes elétricas, Faraday parece discordar, ou pelo menos ter opinião diferente da opinião de Oersted. Apesar de Oersted ter divulgado suas hipóteses sobre campo circular ao redor do fio condutor de corrente elétrica, Faraday diz “que se colocado [o fio através do qual está passando uma corrente elétrica] junto a uma agulha magnética, tem o poder de atrair ou repelir esta de uma certa maneira” (FARADAY, 1821a, p. 197 *apud* DIAS, 2004, p. 20)

Outro aspecto que julgamos interessante citar é o aparente comedimento que Faraday apresentava em relação às hipóteses e suposições de Ampère para a explicação da relação entre eletricidade e magnetismo. Em carta para Charles-Gaspard de La Rive, Faraday afirma ser cético a teorias filosóficas e pensa que faltam evidências experimentais no trabalho de Ampère (DIAS, 2004).

Apesar deste claro envolvimento de Faraday com o eletromagnetismo, nesta primeira etapa de pesquisa ele não apresenta nenhuma contribuição inovadora, mas as leituras certamente despertaram nele o interesse em fazer novas investigações (DIAS; MARTINS, 2004; DIAS, 2004).

Em setembro de 1821, Faraday publicou um trabalho intitulado “*On some new electro-magnetical motions and on the theory of magnetism*” e apresentado no *Quartely Journal of Science* que representa uma nova etapa nas suas pesquisas apontando suas contribuições às teorias de outros cientistas sobre o eletromagnetismo (DIAS, 2004).

De 1821 a 1823, Faraday realizou experimentos semelhantes ao célebre experimento de Oersted e norteados pela ideia de que um condutor de corrente elétrica atrairia ou repeliria polos magnéticos de uma agulha magnética no sentido de que o campo magnético induzido pela corrente elétrica que é conduzida no fio interage com o campo magnético do imã permanente, mas, essa compreensão ainda não existia na época. (DIAS, 2004; DIAS; MARTINS, 2004). Sobre um destes experimentos, Faraday relata que:

“Aproximando o fio, perpendicularmente, na direção de um polo de uma agulha, este se desviará para um lado, segundo a atração ou repulsão dada na extremidade do polo; mas, se o fio é continuamente aproximado do centro do movimento [o meio da agulha magnética], por um lado ou pelo outro da agulha, a tendência da agulha de mover-se na direção anterior diminui até anular-se, de forma que a agulha torna-se indiferente ao fio. Finalmente, o movimento se inverte e a agulha é fortemente forçada a passar pelo caminho oposto” (Faraday, 1821b, p. 74 apud Dias, 2004, p. 23).

O resultado observado por Faraday não era compatível com o observado por Oersted. Durante a realização de experimentos semelhantes entre si, Faraday acabou concluindo que os polos magnéticos das agulhas não estariam localizados precisamente em suas extremidades, mas a uma distância delas e no eixo da agulha (DIAS, 2004). Mais importante ainda é que, após algumas variações e observações destes experimentos, Faraday passou a supor que, ao invés de existir um modo de atração e repulsão entre a agulha magnética e o condutor, havia propensão da agulha girar ao redor do condutor (DIAS, 2004; DIAS; MARTINS, 2004). Assim, nas palavras do próprio Faraday:

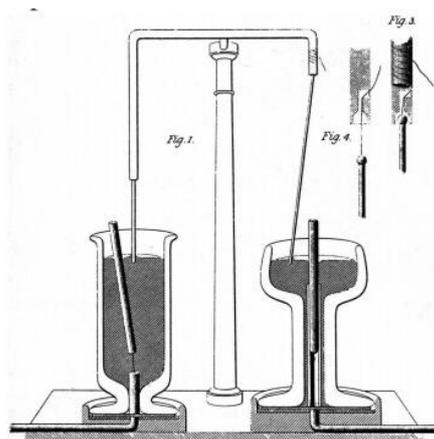
“[...] Não existe atração entre um fio e cada polo de um imã: um fio deve girar ao redor do polo magnético e o polo magnético ao redor do fio; tanto a atração e repulsão de fios conectantes quanto, provavelmente, entre imãs, são ações compostas [...]” (Faraday, 1821b, p.74 apud Dias, 2004, p. 24).

Faraday, então, acaba por consentir com o que Oersted já havia falado a respeito do campo magnético ao redor do condutor, embora não seja claro o motivo pelo qual ele não havia concordado antes (DIAS, 2004).

Entendendo como sendo algo fundamental para a compreensão dos fenômenos do eletromagnetismo, Faraday planeja experimentos que busquem comprovar e aprimorar o entendimento das características deste comportamento circular do campo magnético ao redor do fio condutor de corrente elétrica (DIAS, 2004). Como argumentado por Reis (2006), Faraday tem um modo particular de conduzir seus estudos, e insistentemente buscaria por tais comprovações e elucidaciones.

Assim, Faraday elabora um experimento, no qual propicia a rotação de um condutor ao redor de um ímã e também, posteriormente, fez um ímã girar ao redor de um condutor. A figura 2 é uma representação desse experimento feita por Faraday, encontrada em Dias e Martins (2004).

Figura 2 – Esquema do experimento de rotação de fio condutor ao redor de ímã (lado direito) e rotação de ímã ao redor de condutor (lado esquerdo).



Fonte: Dias (2004)

O experimento elaborado para provar o comportamento magnético de rotação devido a interação magnética, ilustrado do lado direito na figura 2, consiste em mercúrio líquido contido em um recipiente no qual uma das extremidades de um fio condutor fica em contato e pode se movimentar livremente. Outro experimento parecido com este, também mostrado na figura 2, do lado esquerdo, cujo propósito era o mesmo, foi elaborado com o ímã podendo girar livremente ao redor de um condutor de corrente elétrica fixo (DIAS 2004; DIAS; MARTINS, 2004).

O esperado destes experimentos era mostrar que o fio podia girar ao redor do imã e que o imã podia girar ao redor do condutor. Ambas as hipóteses foram confirmadas. Além disso, Faraday também observou que, invertendo-se os polos positivo/negativo de ligação da corrente elétrica no aparato, o sentido de rotação nos dois casos se invertia também (DIAS 2004; DIAS; MARTINS, 2004).

A divulgação deste experimento em "*On some new electro-magnetical motions, and on the theory of magnetism*", além de outros experimentos e discussões, colaborou com o desenvolvimento deste segmento da física. Logo o artigo foi traduzido em francês e Ampère toma conhecimento deste, que acrescenta comentários. Além disso, uma intensa troca de cartas inicia-se entre Faraday e Ampère (DIAS, 2004; DIAS; MARTINS, 2004).

No início de 1822, Ampère escreve, em carta a Faraday, que este experimento sugere a existência de correntes elétricas em imãs, o que comprovaria suas hipóteses. Faraday rapidamente responde contrariamente, argumentando que lhe parece que as partículas constituintes do imã são colocadas no mesmo estado que as partículas do condutor. Isto seria devido não a correntes elétricas circulares nos imãs, mas sim à interação entre a corrente elétrica que passa pelo condutor e os polos magnéticos do imã.

Faraday ainda estava, nesta época, envolvido com a revisão bibliográfica sobre eletromagnetismo solicitada por Phillips. Após concluir a revisão, Faraday ainda publica uma terceira parte do "*Historical Sketch of electro-magnetism*", relatando os principais aspectos do eletromagnetismo levantados por cientistas, citando Oersted, Berzelius, Wollaston, Schweigger, Ridolfi e Ampère.

No ano seguinte, 1823, Faraday trabalhou numa série de vinte e quatro experimentos bastante inventivos ainda sobre rotação. Em Dias (2004) encontramos alguns destes experimentos e seus respectivos esquemas reproduzidos dos registros de Faraday. Mais uma vez conseguimos observar o que Reis (2006) aponta sobre a peculiaridade de Faraday, no que diz respeito a elaboração de ideias, experimentos construídos e no modo de conduzir seus estudos.

Após uma pausa de dois anos, em 1825 Faraday retoma suas pesquisas em eletromagnetismo. Esta e outras pausas que serão mencionadas se referem à momentos em que Faraday não está voltado para o eletromagnetismo mas ativo em outras pesquisas, especialmente as de química, que ocupava a maior parte do seu trabalho como cientista.

No período entre 1825 e 1832, na terceira fase de pesquisa citada anteriormente e de acordo com a divisão encontrada em Dias (2004), Faraday tem intervalos nos estudos sobre eletromagnetismo, com duração de anos. E na maioria das vezes, após essas pausas, retoma os experimentos em eletromagnetismo sem dar indícios, nos seus registros, das razões que o levaram a isso.

Em 1825 Faraday publica no *Quartely Journal of Science* um pequeno trabalho que apresenta resultados negativos sobre as tentativas de influenciar correntes elétricas com interferência de ímãs. A motivação desta tentativa se dá por conta do entendimento de que uma corrente elétrica podia afetar uma agulha magnética, portanto esperava-se que um ímã também pudesse influenciar uma corrente elétrica. (DIAS, 2004; DIAS; MARTINS, 2004)

Em novembro de 1825 Faraday realiza “*Experimentos de indução pela conexão de fio na bateria voltaica*”, que se configuravam como tentativas de induzir correntes elétricas em condutores por meio da condução de corrente elétrica em outros fios próximos. Nenhum resultado que corroborasse com suas hipóteses foi obtido. (DIAS, 2004)

Ainda em 1825, em dezembro, por meio de uma troca de cartas com Peter Barlow, Faraday parecia estar a par dos experimentos demonstrados por Arago. Faraday, inclusive, realizou uma série de reproduções desses experimentos, intitulado-os de “*Experimentos de indução elétrica em imitação aos experimentos de Arago na rotação de ímãs*” (DIAS, 2004).

No diário de laboratório de Faraday, em abril de 1828, ele registra um experimento semelhante a uma balança de torção. Em uma extremidade da haste da balança havia um anel de cobre soldado, e na outra, provavelmente, um contrapeso. No anel foi inserido o polo de um ímã em barra, o qual seria depois aproximado de outros ímãs. Em seguida, trocou o ímã em barra por um ímã em ferradura. Ainda trocou o cobre por platina e prata. Ele ainda torceu o fio da balança para formar o anel, com o propósito de eliminar a solda.

Faraday esperava que a aproximação dos ímãs induzisse corrente elétrica no anel, que por sua vez induziria um efeito magnético, o qual deveria interagir com o campo magnético do ímã e seria identificado pelo movimento da balança de torção. Em nenhuma das ocasiões obteve resultados de acordo com suas expectativas. Após este experimento isolado, Faraday permaneceu mais quatro anos sem pesquisar e experimentar sobre eletromagnetismo (DIAS, 2004).

Os experimentos que citaremos daqui até o final desta seção são encontrados em Dias (2004) e em Dias e Martins (2004). Mas encontramos em Assis e Haruna (2010) uma tradução do “*Experimental Researches in Electricity*”, apresentado em 1832 à Royal Society, que contém outros experimentos descritos, ilustrados e comentados por Faraday. Assim, mesmo usando a segmentação do trabalho de Faraday em três partes como proposto por Dias (2004), usaremos a tradução de Assis e Haruna (2010) por ser fonte primária da obra.

Daremos ênfase à alguns experimentos datados entre agosto e novembro de 1831, período em que Faraday realizou 135 experimentos buscando a relação entre eletricidade e magnetismo. Estes experimentos conduzem Faraday à indução eletromagnética, e por consequência, às bases das suas teorias (REIS, 2006).

No trabalho “*Experimental Researches in Electricity*” Faraday aborda quatro tópicos: 1 – Sobre a indução de correntes elétricas; 2 – Sobre a evolução da eletricidade a partir do magnetismo; 3 – Um novo estado elétrico ou condição da matéria; 4 – Explicação dos fenômenos magnéticos de Arago. Por enquanto manteremos nossa atenção nos tópicos 1 e 2. Sobre esta publicação, Faraday afirma que se propõe “a descrever esses resultados, não como foram obtidos, mas de maneira a dar a visão mais concisa do conjunto” (FARADAY, 1832 ASSIS; HARUNA, 2010)

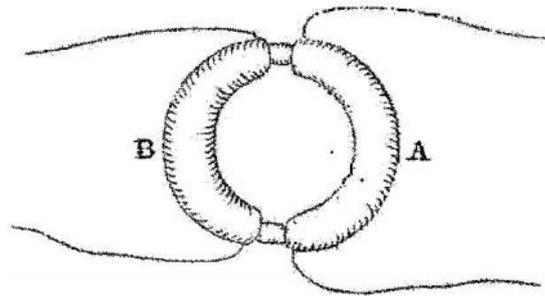
Na primeira parte do “*Experimental Researches in Electricity*” Faraday trata de experimentos nos quais é possível induzir corrente elétrica por meio de corrente elétrica (hoje sabemos que isso é possível inicialmente induzindo campo magnético por meio de corrente elétrica, e este campo magnético induzido induzir uma segunda corrente elétrica), magnetização de agulhas por meio de corrente elétrica (hoje também entendido que por meio do campo magnético induzido pela corrente elétrica um material pode ser imantado). Já neste tópico percebemos que Faraday nota que a agulha do galvanômetro deflexiona para diferentes direções quando a corrente elétrica indutora é ligada e desligada do circuito, indicando que a corrente induzida tem dois comportamentos possíveis.

Em 1831 Faraday, supostamente, encontra o que estava procurando desde 1825: a indução eletromagnética. Em meio a registros de outras pesquisas e sem nenhuma introdução, em 29 de agosto de 1831 Faraday descreve, em seu diário de laboratório, uma montagem com anel de ferro doce (DIAS, 2004). Na publicação do “*Experimental Researches in Electricity*”, Faraday descreve o experimento:

“27. Um anel soldado foi feito de uma barra circular de ferro doce; o metal possuía sete oitavos de polegada de espessura, e o anel seis polegadas de diâmetro externo. Três hélices foram colocadas ao redor de uma parte desse anel, cada uma contendo cerca de vinte e quatro pés de fio de cobre com uma espessura de um vigésimo de uma polegada; elas foram isoladas do ferro e uma da outra, e superpostas da mesma maneira descrita anteriormente (6), ocupando cerca de nove polegadas de comprimento sobre o anel. Elas podiam ser usadas separadamente ou em conjunto, o grupo [das três hélices] pode ser distinguido pela letra A (FIGURA 1). Foram colocados da mesma maneira na outra parte do anel cerca de sessenta pés de fio similar de cobre em dois pedaços, formando uma hélice B, que tinha a mesma direção comum com a hélice A, mas sendo separada desta em cada extremidade, por cerca de meia polegada de ferro descoberto.” (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010)

A figura 1 na descrição de Faraday é a ilustração da figura 3.

Figura 3 – Desenho esquemático para o experimento anel de ferro doce.



Fonte: “Experimental Researches in Electricity”.

Há um registro de imagem (figura 4) deste experimento original em Dias (2004):

Figura 4 – Imagem do experimento (original) anel de ferro doce.



Fonte: Dias (2004)

A imagem (figura 3) é a representação esquemática do experimento que Dias (2004) apresenta como anel de ferro doce (cuja imagem original aparece na figura 4). Este experimento consiste em um anel de ferro doce (deduzimos que é uma liga de

ferro com baixa porcentagem de carbono). O lado A no esquema representa o lado do anel em que foram enrolados três fios (Faraday os chama de hélice), cada um com aproximadamente 7,31m (24 pés), isolados entre si e isolados do anel. O enrolamento dos fios foi feito no mesmo sentido, e como eram três partes, era possível que se usasse apenas uma, duas ou as três conectando a extremidade de um fio ao outro, de acordo com o que fosse desejado para conduzir corrente elétrica (muito embora sabemos hoje que se estes fios fossem conectados de modo a não acompanhar a posição dos fios enrolados o campo magnético resultante não seria “tão uniforme”). O lado B, semelhante como no lado A, teve dois fios enrolados no mesmo sentido que no lado A e com comprimentos de 18,28 (60 pés) cada um, podendo também serem ligados ou desligados, de acordo com o que se desejasse.

As conclusões são descritas por Faraday no parágrafo seguinte do “Experimental Researches in Electricity”:

“A hélice B foi conectada por fios de cobre com um galvanômetro, que estava a três pés do anel. As hélices de A foram conectadas de ponta a ponta para formar uma hélice comum, suas extremidades foram conectadas a uma bateria [composta] por dez pares de placas de quatro polegadas quadradas. O galvanômetro foi imediatamente afetado, em grau muito superior ao descrito quando foram usadas hélices sem ferro com uma bateria de potência dez vezes maior (10), mas, ao manter o contato, o efeito não foi permanente, pois a agulha voltou rapidamente ao repouso em sua posição natural, como se estivesse completamente indiferente ao arranjo eletromagnético anexado. Ao interromper o contato com a bateria, a agulha foi novamente desviada fortemente, mas em direção contrária à direção induzida no primeiro caso.” (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010).

Faraday relata que nos fios do lado A foi ligado uma bateria, e nos fios do lado B um galvanômetro. Ao ser ligado o fio do lado A na bateria, a agulha do galvanômetro ligado ao fio do lado B oscilava repentinamente. E o mesmo acontecia quando a bateria era desligada do fio do lado A, mas com a agulha movimentando-se para o lado contrário (para facilitar a nossa compreensão, podemos comparar este experimento à um transformador).

Nos parágrafos seguintes, Faraday descreve algumas variações deste mesmo experimento e as suas implicações. Dias (2004) afirma que no diário de laboratório de Faraday também são mostradas variações deste experimento. É importante ressaltar que neste primeiro experimento bem-sucedido Faraday relata que encontra a implicação de uma corrente elétrica em outra, e não em campo magnético.

Neste experimento também encontramos indícios daquilo que Faraday entendia sobre a conversibilidade e unicidade entre eletricidade e magnetismo (REIS, 2006).

Noutro experimento relatado a Philips por meio de cartas (DIAS, 2004; DIAS; MARTINS, 2004), e também publicado no *“Experimental Researches in Electricity”*, Faraday chega pela primeira vez à indução de corrente elétrica por meio de campo magnético.

O experimento consiste em uma “pinça” (figura 5) feita de dois ímãs em formato de barra de 60 centímetros unidos pelos seus polos opostos, constituindo a parte “fechada da pinça”. Na parte “aberta da pinça” o contato entre os polos do ímã foi impedido por um cilindro de ferro doce (de dimensão não descrita por Faraday no artigo) com dois fios de cobre enrolados sobre ele com comprimento de aproximadamente 1,5 metros cada um. As pontas desses fios de cobre foram ligadas a um galvanômetro para identificar a passagem de corrente elétrica (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010).

Figura 5 – Representação do experimento pinça.



Fonte: *Experimental Researches in Electricity*

Ao realizar o contato entre a extremidade de um ímã com o cilindro de ferro doce (na parte aberta da pinça), o cilindro de ferro comportava-se como um ímã, que, portanto, induzia corrente elétrica nos fios de cobre, cuja indicação era feita pelo galvanômetro. Ao desfazer o contato entre o ímã e o cilindro, o galvanômetro novamente sinalizava a passagem de corrente (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010). De acordo com os registros do diário de laboratório de Faraday este experimento foi realizado em 24 de setembro de 1831 (DIAS, 2004).

Assim como no experimento anterior, Faraday faz alguns ajustes neste experimento buscando testar os fenômenos observados ou torná-los mais suntuosos.

Faraday estava ciente de que era possível produzir correntes elétricas a partir de outra corrente elétrica, bem como pela variação de um campo magnético repentino. Persistente na busca pela comprovação desta segunda condição eletromagnética, Faraday, em 17 de outubro de 1831, realiza o experimento que hoje é o mais conhecido: a movimentação de um ímã em barra no interior de uma bobina (DIAS, 2004; DIAS; MARTINS, 2004).

No “Experimental Researches in Electricity”, Faraday, antes de descrever este experimento, argumenta sobre o surgimento momentâneo da corrente induzida como “efeito peculiar ocorrendo durante a formação do ímã, e não apenas por sua aproximação virtual”. Em seguida ele descreve as alterações feitas no experimento anterior, que consiste basicamente em tirar os ímãs da configuração “pinça” e trocar o cilindro de ferro doce do interior do enrolamento de fio de cobre por um ímã. De acordo com o descrito no artigo:

39.[...] todas as pontas similares da combinação oca de hélices (34) foram unidas pelo fio de cobre, formando duas terminações gerais, e estas foram conectadas ao galvanômetro. O cilindro de ferro doce (34) foi removido, em seu lugar foi usado um ímã cilíndrico com diâmetro de três quartos de polegada e comprimento de oito polegadas e meia. Uma ponta desse ímã foi introduzida no eixo da hélice (FIGURA 4) e, então, a agulha do galvanômetro estando em repouso, o ímã foi subitamente empurrado para dentro [da hélice]; imediatamente, a agulha foi desviada na mesma direção, [...]. Sendo deixado dentro [da hélice], a agulha voltava a sua posição inicial e, então, o ímã sendo retirado, a agulha era desviada na direção oposta. Esses efeitos não eram grandes, mas, introduzindo e retirando o ímã, para que cada vez o impulso fosse adicionado àqueles previamente transmitidos para a agulha, podia-se fazer a agulha vibrar através de um arco de 180° ou ainda maior.” (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010).

Antes de registrar variações e ajustes neste experimento, Faraday aponta as seguintes conclusões de suas observações:

“40. Nesta experiência, o ímã não pode atravessar a hélice inteiramente, pois então ocorre uma segunda ação. Quando o ímã é introduzido, a agulha no galvanômetro é desviada em uma certa direção, mas estando dentro, se for empurrado completamente ou retirado, a agulha é desviada em uma direção oposta à direção que havia sido produzida anteriormente. Quando se atravessa o ímã com um movimento contínuo, a agulha se desvia de um jeito, para de repente e, finalmente, desvia-se para o outro lado.” (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010).

Depois de apresentar as variações deste experimento, Faraday faz considerações a respeito da obtenção de efeitos químicos, do efeito sobre membros de sapos e da possibilidade de se inflamar carvão por meio da corrente induzida (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010).

Ao final desta seção Faraday apresenta suas conclusões sobre os experimentos e expressa:

“57. Acredito que as várias experiências desta Seção provam completamente a produção da eletricidade a partir do magnetismo comum. Pode não ser considerado maravilhoso que sua intensidade seja muito baixa e sua quantidade pequena [...]” (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010).

E, por fim, propõe-se a “chamar de a ação assim exercida pelos ímãs comuns de indução elétrico-magnética ou eletromagnética” (FARADAY, 1832 in ASSIS; HARUNA, 2010).

Por meio destes experimentos, Faraday comprova fenomenologicamente o contrário do que fora observado por Oersted: a variação de campo magnético induz corrente elétrica. Esta correlação entre experimentos fornece subsídios para o estabelecimento sólido da teoria do eletromagnetismo.

Faz parte, ainda, desta terceira fase de pesquisas realizadas por Faraday, (de acordo com a divisão de Dias, 2004), as discussões trazidas na seção 3 e 4 do “*Experimental Researches in Electricity*” que foram adiantadas resumidamente por meio de cartas a Phillips. Contudo, não trataremos a discussão destes tópicos por entendermos não serem pertinentes ao assunto deste trabalho.

É importante ressaltar aqui alguns aspectos que a revisão do trabalho de Faraday proporciona. Primeiro, é notória a descontinuidade do processo de desenvolvimento do conceito de indução eletromagnética, bem como o envolvimento de diversos cientistas neste processo. É comum que um único grande nome seja atribuído à descrição e explicação de um fenômeno ou lei, como se houvesse sido elaborado por meio de algum evento brilhante que propiciou a epifania para seu entendimento. É inegável também que a experimentação fundamenta e dá suporte praticamente todo o processo de construção de conhecimento científico. Além disso, Faraday, ao que nos consta, em momento algum se deteve aos aspectos matemáticos dos efeitos que estudava. Essas observações podem conduzir a uma reflexão muito

profunda e produtiva a respeito da prática docente, e dos resultados que se busca obter *versus* os resultados que efetivamente são obtidos.

3 FUNDAMENTOS SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM

Entender como ocorrem os processos de apropriação de conhecimento, especialmente o formal, é de caráter fundamental para o professor, enquanto responsável por gerir o espaço em que ocorre essa apropriação. Muitos autores, dentre os quais podemos citar David Ausubel, Jerome Bruner, Jean Piaget, Carl Rogers e Lev Vygotsky, que discutem como estes processos ocorrem, como o professor pode mediar e promover situações em que a apropriação de conhecimento se torne mais promissor, bem como os aspectos que podem desfavorecê-la. Portanto, o professor pode se basear em um ou mais destes autores para nortear o seu trabalho pedagógico e atrelar as teorias adotadas à sua prática docente.

Optamos pela abordagem sócio-interacionista de Vygotsky para orientar o desenvolvimento pedagógico do nosso trabalho, tendo em consideração que este autor direciona a Proposta Político Pedagógica da escola na qual ocorreu a aplicação piloto de nosso produto educacional.

Vygotsky se inspira no materialismo dialético, que concatena o desenvolvimento humano, no seu aspecto mais profundo e complexo, com o meio no estado histórico e cultural no qual se encontra. Deste modo, entende-se que o organismo biológico e o meio social não podem estar desligados e, mediante esta relação, o homem se constitui tal como é em razão e por meio das interações sociais que estabelece, submetendo-se a transformações particulares e simultaneamente provocando transformações neste mesmo meio social e cultural. É nesta relação dialética que o sujeito se constrói (REGO, 1995).

O materialismo dialético declina às afirmações de comportamento inato humano, como por exemplo, os comportamentos inerentes de determinadas faixas etárias, por conceber a restrição de que o homem pode não ser caracterizado por aspectos pura e simplesmente subjetivos de seu desenvolvimento biológico. Ainda, rejeita as concepções de que o homem é um depósito vazio passível ao meio sem interagir e intervir neste meio (REGO, 1995).

Portanto, não é complicado encontrar as influências de Marx e Engels no trabalho de Vygotsky. Foi na dialética materialista que ele buscou subsídios para desenvolver seu método e elaborar hipóteses, com o intuito de explicar como ocorre o desenvolvimento das funções superiores do comportamento humano (PALANGANA, 2015).

Não pretendemos nos aprofundar nesta discussão sobre os fundamentos filosóficos e epistemológicos da teoria vygotskyana. Usamos esses parágrafos apenas para sinalizarmos em quais aspectos Vygotsky se apoia para desenvolver seu estudo e para que possamos compreender o importante papel que ele atribuiu ao ambiente histórico-social nos processos de desenvolvimento e aprendizagem.

Presume-se, então, que o propósito primário de toda a história do homem está na existência de sujeitos que se organizam para trabalhar em prol de sua própria sobrevivência, formando relações entre si e com a natureza (PALANGANA, 2015). Portanto, o materialismo dialético afirma que a vida material do sujeito é obtida pela sua organização de vida social, política e econômica, bases da sociedade estabelecidas atualmente (REGO, 1995).

O homem, mesmo fazendo parte da natureza, diferencia-se dela e de seus aspectos por possuir a capacidade de modificá-la conscientemente para atender às demandas de sua existência e sobrevivência (PALANGANA, 2015), mas, ao transformar o meio natural no qual se insere, o homem também se transforma, fazendo-se e constituindo-se homem. Logo, para se compreender o sujeito, é preciso compreender sua relação com a natureza, a transformação que ele provoca na natureza e as que provoca em si mesmo (REGO, 1995).

As transformações e modificações que o homem provoca na natureza para atender suas necessidades são realizadas por meio do trabalho, que é uma atividade prática e consciente. Entende-se que o trabalho é motor do processo histórico e enxergamos nele o propósito social e histórico do sujeito. Ainda, no trabalho, é essencial o relacionamento entre dois ou mais sujeitos, que estejam na mesma época ou não. (REGO, 1995) Esta relação possibilitou o surgimento da linguagem como meio de comunicar o conhecimento (PALANGANA, 2015).

A proposta de Vygotsky de notabilizar a relação entre o sujeito e o seu meio social vem ao encontro aos Três Momentos Pedagógicos, de Angotti e Delizoicov, que foram usados como estratégia de ensino neste trabalho, que será abordado no próximo capítulo. Esse método didático-pedagógico favorece as questões trazidas pelo estudante à sala de aula, viabilizando que a apropriação do conhecimento científico se dê por meio que situações que fazem sentido e são presentes em seu cotidiano.

Encontramos em Gehlen (2012) argumentos sobre a aproximação das propostas de Paulo Freire e Vygotsky, por meio da interlocução entre uma Situação

de Estudo balizada na teoria vygotskyana e a investigação temática freireana. Assim, sabendo que os 3MP são fundamentados na teoria dialógico-problematizadora de Paulo Freire, entendemos a aproximação destes referenciais.

A obra de Vygotsky é vasta e rica, pois aborda diversos temas que articulam diferentes processos mentais, tais como o neurológico, psicológico, linguístico e cultural. (REGO, 1995) Nesta dissertação vamos nos ater sobre alguns aspectos de sua obra voltados à educação e que nos parecem pertinentes ao que nos propomos desenvolver.

O trabalho de Vygotsky objetivava “caracterizar os aspectos tipicamente humanos do comportamento e elaborar hipóteses de como essas características se formaram ao longo da história humana e de como se desenvolvem durante a vida de um indivíduo” (VYGOTSKY, 1991). Esta busca aconteceria por meio de três aspectos, explicados pelo autor.

“Qual a relação entre os seres humanos e o seu ambiente físico e social? (2) Quais as formas novas de atividade que fizeram com que o trabalho fosse o meio fundamental de relacionamento entre o homem e a natureza e quais são as consequências psicológicas dessas formas de atividade? (3) Qual a natureza das relações entre o uso de instrumentos e o desenvolvimento da linguagem? Nenhuma dessas questões têm sido adequadamente tratadas pelos estudiosos preocupados com a compreensão da psicologia humana e animal.” (Vygotsky, 1991, p.17).

As funções psicológicas superiores às quais Vygotsky se dedicou são típicas da psique humana, como a memória facultativa e a capacidade de planejamento, que são denominados superiores por serem processos mentais complexos que refletem recursos controlados e voluntários e que dão autonomia ao indivíduo frente às adversidades que se apresentam no ambiente natural. Estes processos se desenvolvem na relação entre sujeitos e na apropriação de comportamentos culturais. Sendo assim, são processos diferentes daqueles observados em crianças e animais, como reflexos e ações automáticas, que são próprios da ordem biológica (REGO, 1995).

Compreender as funções psicológicas superiores, que são características humanas, significa compreender o processo de mediação entre sujeitos e entre sujeito e meio, pois é por este processo que se desenvolvem tais funções psicológicas superiores. Ainda que distintos, esses processos estão interligados ao longo da história humana e do homem, especificamente. (REGO, 1995) Vygotsky separa os

processos de mediação em dois: instrumentos e signos. Assim, sob a perspectiva da psicologia, signo e instrumento podem ser colocados na mesma categoria (PALANGANA, 2015).

Vygotsky e seus colaboradores, na evolução de sua pesquisa, buscam analisar no desenvolvimento de sujeitos a utilização de instrumentos forjados para a execução do trabalho humano. Um instrumento reflete não apenas a sua elaboração e uso, mas a possibilidade e a capacidade que o sujeito já possui ou desenvolve de armazenar e replicar tal utensílio, bem como transmitir a outros sujeitos sua aplicabilidade e aperfeiçoá-lo. É por meio do uso deste instrumento que o homem transforma e modifica o seu meio natural, portanto, é por meio deste instrumento que o homem interage com o seu meio natural (REGO, 1995).

Partindo da afirmação de que os instrumentos são os mediadores entre homem e meio a manipulação de materiais experimentais não se limita a uma operação mecânica, de modo que estes materiais carregam significados e conceitos dentro do propósito para o qual foram elaborados e aprimorados (OLIVEIRA, 2010). Assim, entende-se que a prática experimental pode ser alicerçada na definição de instrumento da teoria vygotskyana de modo que permita o estudante manipular um aparato experimental propriamente dito, bem como fazer uso de um instrumento de medição para obtenção de informações sobre o experimento, cujo efeito não é perceptível aos sentidos humanos (GASPAR, 2005).

De acordo com Vygotsky, para que os sujeitos possam interagir entre si eles fazem uso de signos, que são instrumentos psicológicos, como ele mesmo os denomina. A função do signo é de amparar o sujeito em seus processos psicológicos, portanto, ele o faz intrinsecamente. O uso de signos também permite o controle dos processos psicológicos. (REGO, 1995) Vygotsky elucida signos e instrumentos comparando-os da seguinte maneira:

“A invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher, etc.) é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico. O signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel do instrumento no trabalho”. (Vygotsky, 1991, p.38).

A linguagem é abordada na teoria de Vygotsky com precaução pois é concebida como um empreendimento de representações e símbolos fundamental nos

processos psicológicos superiores, imprescindível na sistematização dos signos, e, portanto, em todos os aspectos subjacentes ao homem e ao meio que os signos estão associados. A linguagem permite que o sujeito expresse a designação de objetos e a sua caracterização e expresse também ações. (REGO, 1995)

Nos processos psicológicos superiores, a linguagem permite novas funcionalidades: a capacidade de se referir a objetos e suas condições sem necessariamente tê-los, a sua disposição no instante da verbalização; a generalização e abstração de objetos, permitindo a categorização e tipificação de conceitos; e a comunicação entre sujeitos que assegura o compartilhamento e aproveitamento de experiências reunidas ao longo da história particular e comum. Até onde se tem conhecimento, nestes aspectos os homens se diferenciam substancialmente dos outros animais (REGO, 1995).

Contudo, a representação e uso dos signos, independente da específica finalidade, carrega consigo significados típicos e característicos do meio natural e social dos indivíduos que os expressam. É por esse motivo que Vygotsky atribui à cultura e ao meio o funcionamento das funções psicológicas superiores (REGO, 1995).

Entendemos como sendo importante que o professor, enquanto mediador do processo de aquisição de conhecimento, reconheça, identifique e distinga os instrumentos e principalmente os signos que o grupo de estudantes fazem uso. Pois é por meio dos signos que os estudantes se expressam e, por consequência, é sabendo dos significados dos signos usados pelos estudantes que o professor consegue conduzir o processo de aquisição do conhecimento.

No que diz respeito à interação entre desenvolvimento e aprendizado, três proposições teóricas à época eram consideradas, que podem ser rapidamente nominadas em: 1) desenvolvimento e aprendizado são independentes; 2) aprendizado é desenvolvimento e 3) existe uma combinação entre desenvolvimento e aprendizagem. Vygotsky rejeita a todas elas, muito embora a reflexão que cada uma traz auxilia na compreensão da proposta pelo autor (VYGOTSKY, 1991).

Vygotsky, então, separa em dois os níveis de desenvolvimento: o real e o potencial. O *primeiro nível* pode ser chamado de nível de desenvolvimento real, isto é, o nível de desenvolvimento das funções mentais da criança que se estabeleceram como resultado de certos ciclos de desenvolvimento já completados (VYGOTSKY, 1991).

Este primeiro nível compreende as atividades que o sujeito consegue realizar sem auxílio de um membro mais velho de sua cultura, habilidades já consolidadas e que ele as domina sozinho. Neste nível ocorre a identificação daquilo que já ocorreu, é um olhar retrospectivo sobre o aquilo que o sujeito já domina e realiza por si só. A zona de desenvolvimento potencial, o *segundo nível*, integra as situações em que o sujeito não consegue desenvolver a atividade sozinho, mas sim com a ajuda de um membro mais experiente da sua cultura. Neste espaço estamos observando as potencialidades do sujeito. (REGO, 1995)

Portanto, para visualizarmos aquilo que o estudante já desenvolveu e aquilo que é promissor que desenvolva, podemos usar a nomenclatura e definição de zonas de desenvolvimento real e potencial elaboradas por Vygotsky (REGO, 1995).

O espaço de um nível para outro é nominado como zona de desenvolvimento proximal (VYGOTSKY, 1991) Nas palavras do próprio Vygotsky, a relação entre estes espaços acontece da seguinte maneira:

“A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de "brotos" ou "flores" do desenvolvimento, ao invés de "frutos" do desenvolvimento. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente.” (Vygotsky, 1991, p.58).

É na zona de desenvolvimento proximal que o professor consegue identificar a condição de desenvolvimento do estudante, ou seja, “permite-nos delinear o futuro imediato da criança e seu estado dinâmico de desenvolvimento, propiciando o acesso não somente ao que já foi atingido através do desenvolvimento, como também aquilo que está em processo de maturação.” (VYGOTSKY, 1991) Assim, a percepção do professor sobre aquilo que o estudante desenvolve deve agrupar o que é observável tanto no nível real como no potencial (REGO, 1995).

O aprendizado, portanto, é o promotor da zona de desenvolvimento proximal. É neste estágio que o sujeito executa aquilo que não é capaz de fazê-lo sozinho, mas expressa vários conhecimentos e processos que já possui desenvolvidos. (REGO, 1995) Desse modo, “aquilo que é a zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã - ou seja, aquilo que uma criança pode

fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã (VYGOTSKY, 1991).

Agora, depois de elencarmos os aspectos que entendemos como pertinentes na perspectiva prática docente em nosso trabalho, podemos afirmar que é com base nestes pressupostos que acreditamos que o processo de aquisição de conhecimento, mediado pelo professor, ocorre em sala de aula. Será também com base nestes pressupostos que buscaremos encontrar evidências sobre a inserção do nosso produto educacional.

4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DAS METODOLOGIAS EMPREGADAS

4.1 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

A escolha desta proposta didático-pedagógica vem da formação inicial da mestrandia. Durante o estágio obrigatório de graduação e da atividade docente nos níveis Fundamental e Médio, estas três etapas estiveram sempre presentes nos planejamentos. Assim, depois de alguns anos planejando e executando aulas neste modelo, incutiu-se a sua prática docente essa proposta.

O método dos Três Momentos Pedagógicos (3MP) tem sua origem entre os anos de 1985 e 1988 quando uma coordenação do Ministério da Educação (MEC), com apoio da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC - SP), propôs e desenvolveu o denominado “Projeto diretrizes gerais para o ensino de 2º grau: núcleo comum e habilitação de magistério”, que culminou na Coleção Magistério – 2º Grau, publicados no final dos anos 1980. Integravam esta coleção os livros “Física” e “Metodologia do Ensino de Ciências” nos quais constavam o que se tornou conhecido como Três Momentos Pedagógicos. Os seus autores, José André Perez Angotti e Demétrico Delizoicov, fundamentaram sua proposta na perspectiva freireana de educação. (MUECHEN; DELIZOICOV, 2014)

Os 3MP são caracterizados, evidentemente, por três passos: *problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento*. Esta proposta didático-pedagógica está contida em um plano de ensino, com conteúdo de Física, voltado aos estudantes do 2º grau (como se chamava, então, o Ensino Médio) e dirigido para professores em formação inicial e/ou continuada que atuem com este referido público. (MUECHEN; DELIZOICOV, 2014)

Corroborando com a nossa busca em Vygotsky, no que diz respeito à valorização da cultura e do meio no qual o sujeito está inserido, encontramos em Angotti e Delizoicov (1988) também a preocupação em promover a aquisição de conhecimentos científicos, a percepção da sua finalidade e aplicabilidade e a relação deste conhecimento científico com situações e fenômenos observados pelos estudantes em seu cotidiano. É importante também sinalizarmos que, com essa proposta, os autores valorizam tanto os estudantes que não têm por objetivo a continuidade dos estudos após o Ensino Médio quanto aqueles que buscam a aprovação em exames, como no vestibular.

Na primeira etapa, a *problematização inicial*, devem ser apresentadas questões, situações e equipamentos tecnológicos que, preferencialmente, façam parte do cotidiano dos estudantes e que envolvam os conceitos científicos que o professor pretende abordar, para que os estudantes sejam questionados e reflitam e manifestem o que conhecem e pensam sobre o exposto. Neste passo, o professor não deve esperar que os estudantes apresentem conceitos físicos formais e/ou corretos, e também não deve corrigir o estudante na ocasião deste expressar algo impreciso, equívoco ou vago para construir uma explicação.

Para o estudante, um dos propósitos da *problematização inicial* é despertar o interesse e a curiosidade no funcionamento e a explicação de equipamentos tecnológicos e fenômenos, além de mostrar a necessidade da aquisição ou aperfeiçoamento de conhecimento. Para o professor, o intuito é que se possa realizar um breve diagnóstico dos conhecimentos que os estudantes já possuem, e quais são as questões que lhes despertam maior interesse e curiosidade. Delizoicov e Angotti (1988) aconselham que o professor, neste momento, seja questionador para lançar dúvidas sobre o tema.

Este primeiro momento também move o estudante a refletir sobre a conexão entre o conhecimento trazido à sala de aula para suas situações cotidianas:

“Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente, não dispõem de conhecimentos científicos suficientes.” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1988, p. 22).

Para que o professor escolha com quais equipamentos tecnológicos e fenômenos deva conduzir a *problematização inicial*, é importante que a turma já seja conhecida, ou que antes tenha sido possível realizar uma investigação para conhecer um pouco do cotidiano dos estudantes. O processo pode ser desfavorecido nos casos em que o professor apresente situações desconhecidas pelos estudantes ou que não os sensibilizem, justamente por este se tratar de um momento em que os estudantes manifestem aquilo que já conhecem ou podem supor sobre o tema (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

Pode ser redundante, mas ainda é necessário ressaltar que os temas trazidos durante este primeiro momento devem ser relacionados e pertinentes ao conteúdo da

Física que será abordado pelo professor na segunda etapa (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1988).

Em seguida, na *organização do conhecimento*, sob a orientação do professor, os conhecimentos científicos que são fundamentais para a compreensão e entendimento dos fenômenos e equipamentos tecnológicos apresentados na primeira etapa são apresentados e estudados. Os autores esclarecem que, neste momento, os conceitos científicos devem ser sistematicamente estudados sob os direcionamentos do professor para que ocorra sua compreensão e entendimento (MUECHEN; DELIZOICOV, 2014).

“O núcleo do conteúdo específico de cada tópico será preparado e desenvolvido, durante o número de aulas necessárias, em função dos objetivos definidos e do livro didático ou outro recurso pelo qual o professor tenha optado para o seu curso. Serão ressaltados pontos importantes e sugeridas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem.” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1988, p. 23).

Para este momento de sistematização o professor pode fazer uso de diferentes estratégias: aulas expositivas (definições, propriedades, unidades de medida), livros, textos previamente preparados para promover debates, revisões com ênfase nos aspectos mais importantes, trabalhos fora da sala de aula, experiências. Essas atividades devem ser

“[...]sempre em número adequado e em grau crescente de dificuldade. É importante que, dentre os problemas escolhidos, alguns exijam habilidades diferentes da simples aplicação, envolvendo também conceituação, análise e, quando possível, síntese. As relações quantitativas são imprescindíveis e recomenda-se a utilização frequente das unidades do SI [...]” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1988, p. 23-24)

Então, é neste momento pedagógico que efetivamente os estudantes entram em contato com o conhecimento científico.

Por fim, a *aplicação do conhecimento* é o momento em que o que foi adquirido pelo estudante é utilizado para se compreender e explicar os fenômenos e equipamentos tecnológicos apresentados na *problematização inicial*. Podem também surgir nesta etapa casos em que os estudantes consigam extrapolar as situações apresentadas na *problematização inicial*.

Sobre este momento, os autores afirmam que:

“Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1988, p. 25).

Com efeito, pretende-se que nesta etapa o estudante entenda o conhecimento científico como empreendimento humano, resultado de esforços coletivos e justaposto às demandas sociais, desmistificando a dicotomização entre produto e conhecimento científico (MUECHEN; DELIZOICOV, 2014).

Notamos aqui certa aproximação desta metodologia com a proposta de Vygotsky. Quando o indivíduo está atuando sobre a natureza e provocando nela modificações de maneira consciente, entendemos que o sujeito é também consciente de certo conhecimento que propiciou a alteração do seu meio, atendendo as demandas de sua existência. Por sua vez, os 3MP privilegiam situações nas quais os conhecimentos e interesses dos estudantes tem papel central, e ao redor deles é que estruturamos o conhecimento científico, e posteriormente discutimos a sua aplicabilidade.

Não obstante, se é o aprendizado o promotor da zona de desenvolvimento proximal, é possível que seja por meio dos 3MP que ocorra a aquisição do conhecimento de modo que este sujeito torne-se apto a modificar a seu meio de acordo com as demandas emergentes.

4.2 PESQUISA QUALITATIVA

O produto educacional por nós elaborado e aplicado consiste em uma sequência de aulas que, para o estudante, é guiada por um livreto que chamamos de *diário de bordo*. O propósito deste material foi permitir o registro daquilo que os estudantes realizavam nas aulas, para que, posteriormente, pudéssemos acessar estes apontamentos e buscar nele evidências de aprendizagem.

Diante desta demanda, procuramos por possibilidades de análise que permitissem encontrar tais evidências. Encontramos na *Análise de Conteúdo* (AC), de Bardin, os recursos para conduzir a nossa pesquisa. A AC, como aponta Bardin (2011), tem origem no século passado, no anseio de diversos setores da sociedade pela busca de seus significados por meio de uma interpretação sistemática dos discursos.

Ao buscar este tipo de ferramenta o analista declina, ou tenta declinar, ao entendimento e interpretação que de imediato pode-se surgir ao entrar em contato com o material. Assim, o objetivo da AC é a superação da incerteza e o enriquecimento da leitura. Ainda, a AC tem por finalidade a heurística, que torna a descoberta rica e profícua, e a comprovação de hipóteses que podem ter sido levantadas precocemente; na prática, essas duas funções não se separam e não são excludentes no decorrer da pesquisa. (BARDIN, 2011).

Portanto, a AC é aplicável ao exame de qualquer transmissão de significados entre um emissor e receptor. Nas palavras de Bardin:

“A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inseridas) dessas mensagens.” (BARDIN, 2012, p.48).

Encontramos na AC subsídios para que possamos extrair, sistematicamente, dos registros dos estudantes suas impressões, conclusões, indagações e afirmações sobre os conceitos e fenômenos estudados no decorrer das aulas. Tendo em vista que os registros são espontâneos, isto é, cabe ao estudante anotar aquilo que entende como pertinente e relevante frente aos experimentos e discussões, é preciso que ao analisar e inferir resultados tenhamos acesso à uma ferramenta que nos permita fazê-lo de forma apropriada e coerente. Recorreremos, então, à AC para analisar os dados registrados.

No que diz respeito à sistematização dos dados, que pode ser denominada de análise categorial, Bardin (2012) enuncia as regras que devem ser seguidas. São elas: 1) a busca pela homogeneidade dos dados agrupados, de modo a não agregar informações de categorias diferentes; 2) a busca de regularidades de forma exaustiva no texto até que se esvazie de possibilidades; 3) a categorização exclusiva de dados, de modo que um mesmo recorte não pertença a dois nichos; e 4) que esta sistematização seja adequada e relevante àquilo que se pretende analisar. Vale ressaltar que o analista é responsável por esta delimitação, trazendo clareza ao seu trabalho.

Após este tratamento inicial dos dados registrados, o analista deve buscar por inferências, ou seja, buscar “conhecimentos relativos às condições de produção (ou,

eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (qualitativos ou não)” (BARDIN, 2011). Esta inferência é capaz de mostrar duas faces do discurso: o que leva este discurso a ser exprimido ou as consequências que este discurso pode provocar.

É importante lembrarmos que:

“Qualquer análise de conteúdo visa não o estudo da língua ou da linguagem, mais ou menos parcial do que chamaremos as condições de produção dos textos, que são o seu objeto. O que tentamos caracterizar são essas condições de produção e não os próprios textos. O conjunto das condições de produção constitui o campo das determinações dos textos.” (MOSCOVICI, 1968 *apud* BARDIN, 2011).

Concomitante a esta proposta de análise, relembremos também a importância que já citamos anteriormente sobre a familiaridade que o professor deve ter com os signos que os seus estudantes fazem uso, ou seja, pretendemos aqui destacar a importância da consciência que o professor deve ter sobre aquilo que o estudante quer dizer, mais do que sobre aquilo que ele diz. No caso desta dissertação, o professor e o analista são a mesma pessoa.

Precisamos, então, organizar o material que será analisado por meio da AC. Bardin (2011) separa esta etapa em três partes: a 1) pré-análise; 2) a exploração do material e 3) o tratamento, a inferência e a interpretação dos resultados.

A pré-análise acontece em cinco etapas. A primeira delas diz respeito a uma leitura flutuante, na qual o analista ainda despretensiosamente lê todo o material disponível. Em seguida acontece a escolha dos documentos, que para serem eleitos devem ser estudados exaustivamente, terem representatividade diante do todo, não serem muito díspares uns dos outros, e serem adequados para o objetivo da análise. Depois, o terceiro passo, consiste em formular hipóteses e objetivos para serem investigados na análise. Nem sempre este terceiro passo acontece na pré-análise, mas isso não é decisivo para a continuidade do processo. A referenciação dos índices e a elaboração de indicadores ocorrem em seguida, no quarto passo, elencando aspectos que sejam apresentados com regularidade no texto e que podem ter representatividade na análise. Finalmente, o quinto passo consiste na preparação do material escolhido em organização que facilite o manuseio e acesso daquilo que será analisado (BARDIN, 2011).

Na etapa de exploração do material apresenta-se a “codificação, decomposição ou enumeração em função de regras previamente formuladas”. (BARDIN, 2011) Tal codificação é realizada, seguindo orientações, com objetivo de tomar o texto bruto e devolver recortes que, ao mesmo tempo, promovam a representação do conteúdo bruto e possuam características que propiciem agregações segundo alguma similaridade (BARDIN, 2011).

Para que se possa escolher os elementos textuais que são relevantes para a AC, Bardin (2011) sugere que unidades de registro e de contexto sejam usadas para guiar esta decisão. As unidades de registro encerram os significados ainda codificados, são o texto base sobre o qual o analista estuda para a categorização e para a contagem de frequência daquilo que é pertinente ao objetivo. Por sua vez, a unidade de contexto desempenha a função de compreensão da unidade de registro.

Neste trabalho, dentro das unidades de registro, usaremos diferentes meios para analisar as etapas das aulas: palavra e objeto/referente. Usaremos a incidência de palavras, buscando em sua repetição significado; temas, buscando em recortes correlatas significados. Em ambos os casos, por meio da regra de enumeração: presença. Não obstante, estas estratégias, bem como suas definições, podem ser encontradas em Bardin (2011).

É apenas depois da pré-análise e da exploração do material que se realiza a terceira etapa, o tratamento dos resultados obtidos e sua interpretação. Esta é a fase em que o analista pode inferir e interpretar os achados com foco nos objetivos iniciais, ou sobre aspectos que não tinham sido especulados anteriormente. Neste momento, os resultados ainda estão brutos mas devem ser abordados com objetivo de refiná-los tornando-os significativos e válidos (BARDIN, 2011).

Em razão do volume de informações registrado, optamos pela elaboração de nuvem de palavras (wordclouds) e tabelas (excel) para contabilizarmos as palavras que aparecem em maior número, e posteriormente inferir o significado que elas carregam. Então, a interpretação daquilo que foi registrado pelos estudantes será cuidadosamente classificado, de acordo com as orientações supracitadas.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

5.1. PÚBLICO DA INSERÇÃO PILOTO

Nos capítulos anteriores apresentamos os fundamentos e metodologias que nortearam nosso trabalho educacional. Este capítulo se destina a localizar o leitor justamente neste espaço, ou seja, contextualizar o produto educacional.

Citamos anteriormente que, por se tratar de um MNPEF, há a demanda de desenvolvimento de um produto educacional, do qual deve ser feita uma inserção piloto, para que posteriormente se pondere quanto ao seu potencial como instrumento de ensino e aprendizagem. Por motivações de interesse pessoal no tema, escolhemos indução eletromagnética.

O nosso produto foi desenvolvido voltado para um grupo de vinte estudantes de uma turma de 9º ano, da qual a mestrandia era professora do componente curricular Ciências (a disciplina era dividida entre duas professoras, uma que ministrava o conteúdo de química, e a mestrandia era responsável pelos conteúdos de física).

A aplicação do produto educacional ocorreu no decorrer do primeiro trimestre letivo do ano de 2019. Entendemos que não é comum que o conteúdo de eletromagnetismo seja contemplado tão cedo do ano letivo, especialmente em um 9º ano, mas, por conta da divisão da disciplina entre duas professoras, os conteúdos eram distribuídos em ordem diferente daquela trazida no livro didático.

Na primeira metade deste trimestre tratamos de conteúdos sobre circuitos elétricos (geradores/fontes; condutores, resistores, interruptores/chaves), Lei de Ohm e associação de resistores, e potência elétrica. No encerramento da primeira metade do primeiro trimestre os alunos construíram, sob a orientação da professora, um abajur para aplicar os conhecimentos estudados.

Na segunda metade do primeiro trimestre aconteceu a inserção do produto educacional. De antemão, os estudantes foram avisados que as próximas aulas faziam parte de um trabalho da professora dentro da Universidade e que, por esta razão, eles utilizariam um diário de bordo para registrar suas impressões; além disso, outro professor estaria presente em uma das aulas (o professor Gelson acompanhou uma das aulas e registrou os estudantes construindo experimentos em fotografias).

Como já era prática na escola, durante todas as aulas (nas que ocorreram inserção do produto e nas demais) os estudantes se organizavam em equipes, visto que as próprias carteiras possuem um formato que permitem seu encaixe em grupos de quatro. Mesmo na primeira aula, na qual saímos da sala e fomos até a sala de multimídia, os estudantes mantiveram o hábito de se organizarem em equipes. Assim, nós tivemos cinco equipes de quatro estudantes cada uma, mas que variavam de uma aula para outra (era dada esta liberdade a eles).

Ao final desta sequência de aulas, seguindo o calendário da escola, foi realizada uma avaliação para obtenção de parte da nota trimestral. Cabe aqui destacar que a professora, mesmo após a realização da inserção piloto do produto educacional planejou e executou uma aula de retomada dos conceitos e fenômenos observados por meio destes experimentos. As aulas e a avaliação não foram integradas ao produto educacional e/ou dissertação.

5.2. A ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO

Para atender às demandas do nosso público, planejamos que a abordagem matemática do eletromagnetismo não caberia neste momento. Na primeira parte do primeiro trimestre os estudantes já demonstraram dificuldade em relacionar grandezas físicas em descrições matemáticas. Pensamos que isto seria pertinente também pela razão de que, do ponto de vista do desenvolvimento histórico da “descoberta” da indução eletromagnética, nos primeiros anos após a observação do célebre experimento de Oersted pouca ou nenhuma matemática era trazida às discussões. Esse fato decorre de que a maioria dos cientistas envolvidos possuíam afinidade com a *Naturphilosophie*.

Entendemos que seria importante, em um primeiro momento, que os estudantes pudessem experimentar a inquietação de “não entender” um fenômeno observado, então, decidimos que começar pelo célebre experimento de Oersted seria potencialmente eficiente.

Ao mesmo tempo, a mestrandia, que leciona desde seu estágio curricular (realizado em 2014) sob o norte dos 3MP, traz para o planejamento da inserção piloto do produto educacional essa metodologia. Assim, além do experimento de Oersted, acrescentamos mais elementos ao primeiro momento pedagógico, que de agora em diante chamaremos de *problematização inicial*.

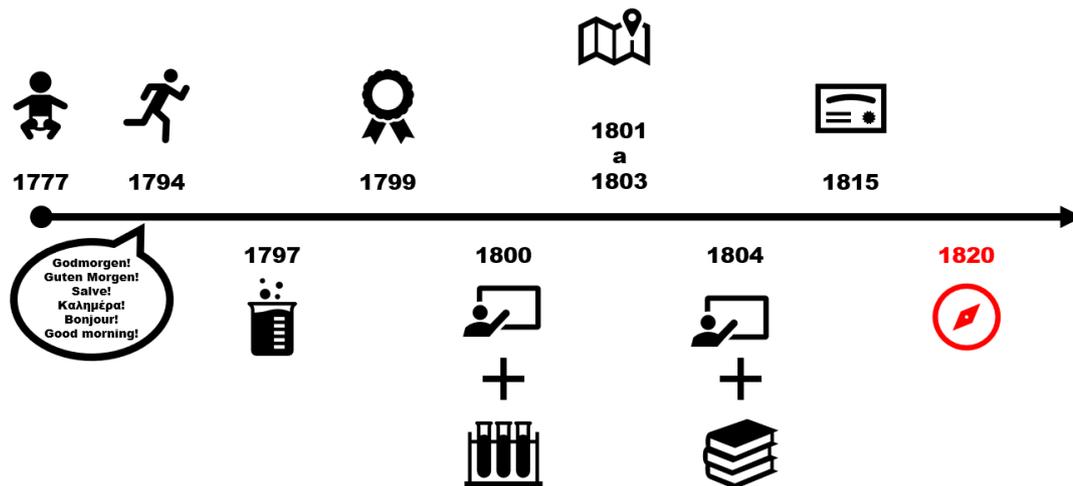
Com o diário de bordo em mãos, começamos a primeira aula com a identificação, descrição de função e funcionamento de equipamentos tecnológicos que envolvem o conceito de indução eletromagnética. Os estudantes tinham acesso às imagens no diário de bordo (vide apêndice A) que foram também projetadas em sala por meio de um aparelho multimídia. A orientação dada foi que cada estudante deveria fazer os registros individualmente em seus diários, que possuíam capa personalizada com seus respectivos nomes.

Depois dessa discussão, os estudantes se reuniram em grupos para manipular a caixa de experimentos (vide apêndice A) livremente. Conforme orientação escrita e oral, deveriam registrar no diário tudo o que fosse interessante para eles.

Em seguida, a professora exibiu uma linha do tempo (figura 6) sinalizada com a data e um símbolo ligado ao evento que marcava aquela data sobre a trajetória de Oersted. O material que subsidiou esta linha do tempo foi:

MARTINS, R. de A. *Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo*. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. v. 10, p. 89-114, 1986.

Figura 6 – Linha do tempo sobre a trajetória de Oersted.



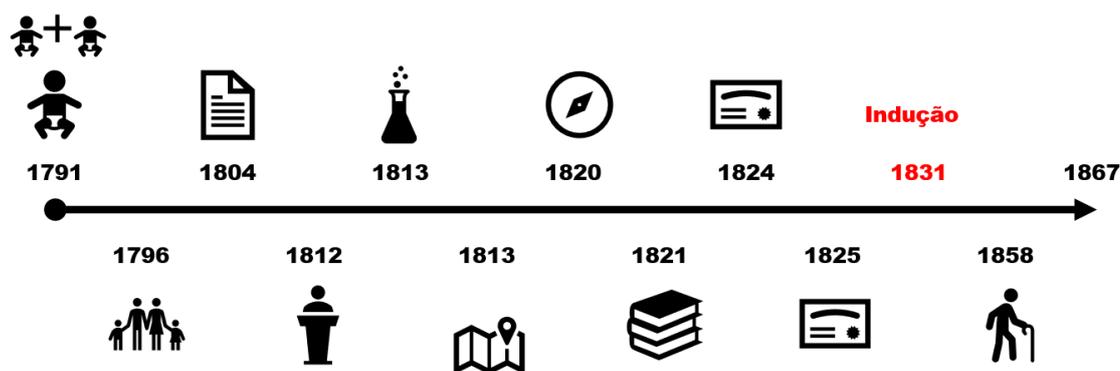
Fonte: A autora

Após esta breve explanação, os alunos foram orientados escrita e verbalmente para que reproduzissem o célebre experimento de Oersted (posicionar um fio conduzindo corrente elétrica sobre uma bússola) e apresentassem suas observações no diário de bordo.

Em uma breve fala, depois que os estudantes tentaram reproduzir o experimento de Oersted, a professora introduziu Faraday como um dos sujeitos que mais demonstrou interesse com o tal experimento de Oersted. Em seguida ela apresentou uma linha do tempo (figura 7) sobre a trajetória do Faraday, cuja fonte de informações foi:

DIAS, V. S.; MARTINS, R. de A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**. v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.

Figura 7 – Linha do tempo sobre a trajetória de Faraday.



Fonte: A autora

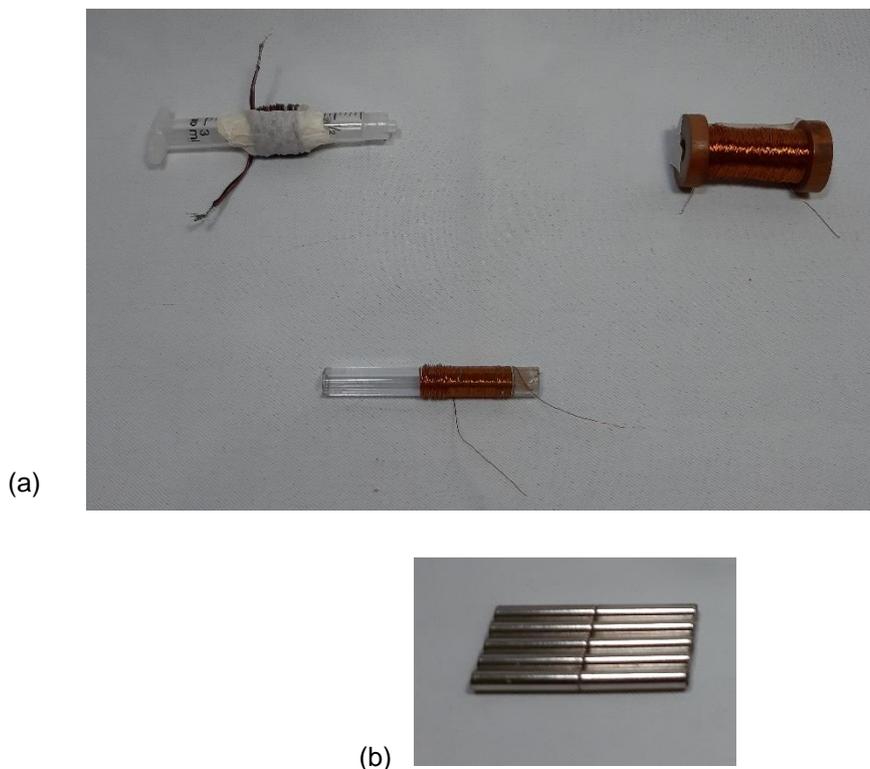
Depois de apresentar aos estudantes as trajetórias tão diferentes entre Oersted e Faraday, destinou-se um espaço da aula para a reflexão sobre como cada um deles chegou aos méritos de serem reconhecidos como grandes cientistas.

Para a segunda parte do planejamento didático pedagógico do nosso produto educacional, a *organização do conhecimento*, escolhemos dois experimentos realizados por Faraday: a “bobina de indução” e o “anel de ferro doce”. A escolha de ambos é devido à sua reprodutibilidade com materiais que encontramos facilmente e por apresentarem pouca dificuldade para sua construção, já que pretendíamos que os estudantes pudessem elaborar os experimentos.

Então, na primeira aula da *organização do conhecimento* (segunda aula da inserção piloto), os alunos foram instruídos oralmente e por meio do diário de bordo a construir uma bobina de indução. A proposta foi que os estudantes a fizessem como entendessem e conseguissem, e que a professora mediasse este processo. Os alunos poderiam usar papel firme (tipo papel cartão) para construir o suporte, partes de caneta cortados, carretel de madeira e seringa sem agulha. Todos estes materiais estavam disponíveis na caixa de experimentos. A imagem (figura 8) abaixo ilustra dois

experimentos construídos pelos estudantes (à esquerda e abaixo) e um construído pela professora (à direita). A bobina construída pela professora foi elaborada previamente para que, se eventualmente nenhum dos experimentos construídos pelos estudantes funcionasse, este permitiria que eles pudessem observar os efeitos físicos.

Figura 8 – (a) Bobinas construídas pelos estudantes (em cima, à esquerda, e no centro) e pela professora (à direita). (b) Imãs utilizados para o funcionamento da bobina.



Fonte: A autora

A bobina de indução configura-se por meio de um enrolamento de fio de cobre muito bem alinhado e de grande comprimento sobre um cilindro oco, que permita a passagem de um ímã em seu interior. É a variação de campo magnético por meio do vai e vem do ímã no interior do cilindro oco que induz a corrente elétrica no fio de cobre.

Para a segunda aula da *organização do conhecimento* (terceira aula da aplicação piloto) foi escolhido o experimento “anel de ferro doce”¹. Cronologicamente, este experimento foi realizado por Faraday antes do experimento da bobina de

¹ Entendemos que ao substituir por uma ruela o anel de ferro doce a nomenclatura torna-se inapropriada. Mas mantivemos assim pois no diário de bordo e nos registros dos estudantes foi utilizado o termo “anel de ferro doce”

indução, contudo, pensamos que seria mais natural que os estudantes pudessem observar e compreender a indução de corrente antes da indução de campo.

Este experimento pode ser grosseiramente comparado a um transformador. O anel de ferro doce foi substituído por ruelas cortadas e agrupadas por fita isolante (figura 9). O corte nas ruelas facilitou o enrolamento do fio de cobre. De um lado da ruela deve ser colocado um número de voltas de fio e do outro lado um número diferente de espiras, cuidando-se para que os lados não tenham contato. Ao ligar uma fonte em um enrolamento será induzido um campo magnético que, por sua vez, induzirá corrente elétrica no segundo enrolamento. Se o segundo enrolamento estiver ligado a um galvanômetro ou multímetro poderá registrar a tensão ou corrente elétrica.

Novamente, a professora tinha consigo um experimento previamente construído e que pudesse ser usado em demonstração. A imagem abaixo (figura 9) mostra alguns destes experimentos, à esquerda se encontra o produzido pela professora, à direita montado pelos estudantes.

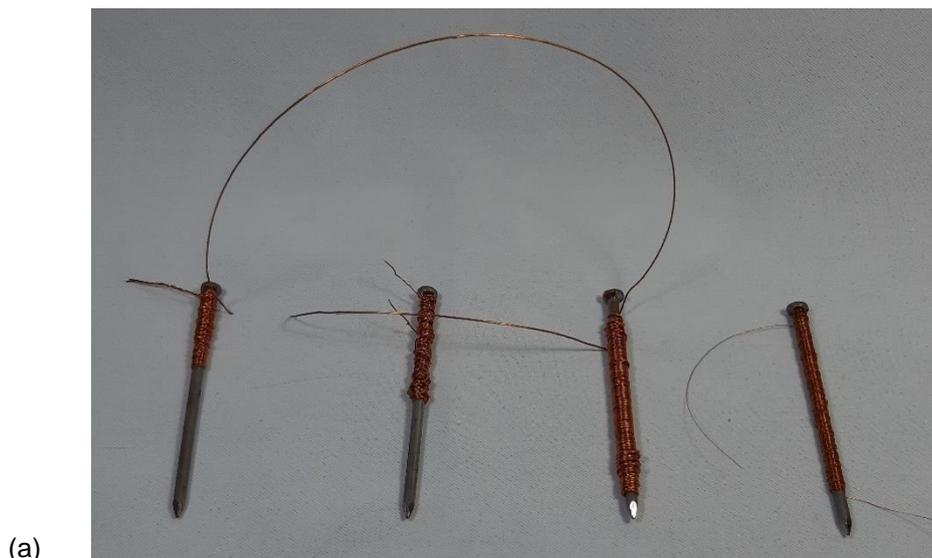
Figura 9 – Experimento "anel de ferro doce" construído pela professora (à esquerda) e um dos anéis preparado pelos estudantes (à direita).



Fonte: A autora

Na última aula do planejamento e da aplicação piloto os estudantes construíram um eletroímã para aprimorar seus conhecimentos sobre indução eletromagnética. A proposta da construção do eletroímã vem de interesses e discussões trazidas pelos estudantes no decorrer das aulas. Na imagem abaixo vemos os eletroímãs construídos pelos estudantes.

Figura 10 – (A) Experimento “eletroímã” construído pela professora e pelos estudantes. (B) Pilha utilizada para alimentar o experimento “eletroímã”.

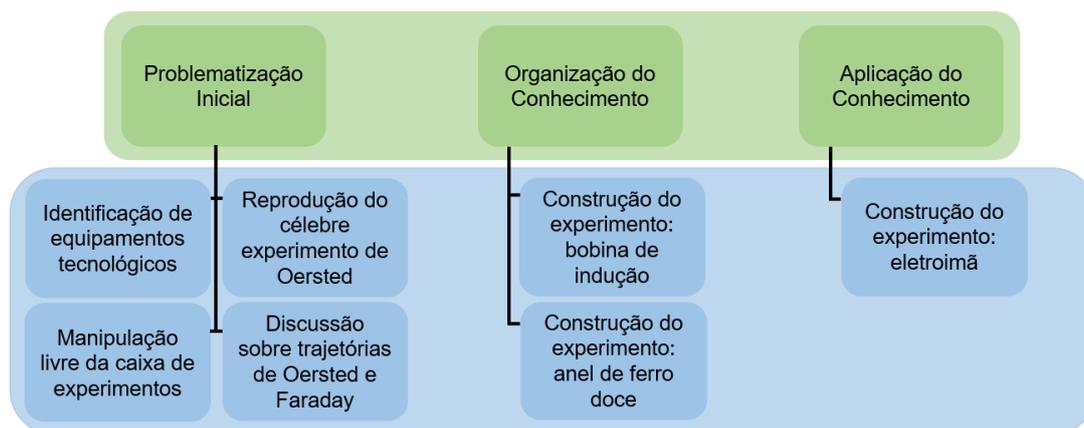


Fonte: A autora

O experimento sobre eletroímã foi construído com um enrolamento de fio de cobre alinhado sobre um prego, que depois foi ligado a uma pilha. O campo magnético associado à corrente que passa pelo enrolamento de fios induz a magnetização do metal.

Em resumo, nosso planejamento didático é representado pelo esquema da figura 11.

Figura 11 – Representação esquemática dos Momentos Pedagógicos e as atividades planejadas para cada um deles.



Fonte: A autora

5.3. O MATERIAL DISPONIBILIZADO PARA OS ESTUDANTES

O material que foi entregue para os estudantes se divide em duas partes: o diário de bordo e a caixa de experimentos. O diário de bordo, disponível no apêndice A, tem por objetivo guiar os estudantes nas instruções (sempre reforçado oralmente pela professora) e ser o instrumento para os estudantes registrarem suas observações e percepções, e que depois pudesse ser utilizado pela mestranda como fonte de dados para procurar evidências de aprendizagem.

A caixa com o material de experimentos é composta por: ímãs, garrafa transparente com líquido viscoso transparente e limalha de ferro (usamos álcool líquido e álcool gel na proporção de 1:1), bússolas, fios de cobre, pilhas, suportes para pilha, lâmpadas de filamento, LED, tubos de caneta, seringas, carretéis, ruela cortada, fita isolante e lixa. Posteriormente, adicionamos pregos à caixa para que os estudantes produzissem um eletroímã (a produção deste dispositivo se dá em razão do interesse dos alunos no funcionamento do mesmo).

5.4. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO REGISTRO DE DADOS

Recorremos à AC de Bardin (2012) para recortar, sistematizar e categorizar os dados registrados pelos estudantes em seus diário de bordo. Utilizamos o recurso de *palavra* para inferir sobre o conhecimento que os estudantes apresentam sobre as figuras apresentadas na *problematização inicial*. Nos quadros 1 a 5, no Capítulo 6, apresentamos as palavras que os estudantes escreveram nos diários e o seu número

de incidência. Posteriormente, no Capítulo 7, usamos nuvens de palavras para melhor visualizar este dado (nas nuvens de palavras os termos de maior incidência aparecem em dimensões maiores, e do mesmo modo, os vocábulos de menor incidência aparecem em dimensões menores). Ainda com os dados da *problematização inicial* usamos nuvem de palavras para exibir as expressões de maior incidência nos registros dos estudantes sobre a manipulação livre da caixa de experimentos,

Em outro momento, na *aplicação do conhecimento*, também fizemos uso de nuvem de palavras para exibir as palavras de maior incidência no registro dos estudantes sobre a construção do experimento “eletroímã”.

O recurso *tema* foi utilizado com registros dos três momentos de planejamento. Na *problematização inicial* encontramos similaridades entre as frases registradas pelos estudantes e categorizamos em quatro *temas*: associação entre limalha de ferro e imã; associação entre imã e bússola; associação entre imãs; associação entre pilha e LED. As frases com estes *temas* estão nos quadros 6 a 9 no Capítulo 6.

Com os registros sobre os experimentos reproduzidos na *organização do conhecimento* separamos as frases dos alunos sob os temas: descrição dos experimentos; fenômenos observados; hipóteses. As frases registradas sobre o mesmo *tema* mas sobre cada experimento foi sistematizada em um quadro diferente. Para as frases sobre o experimento “bobina de indução” são os quadros 10 a 12 e para o experimento “anel de ferro doce” são os quadros 13 a 15.

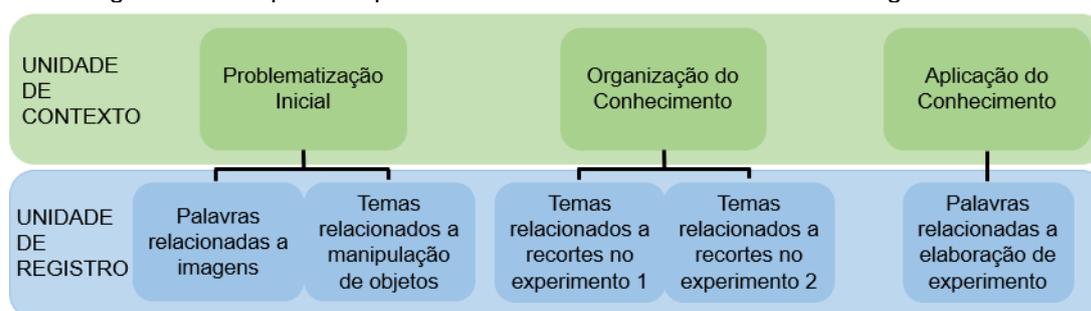
Para o experimento “eletroímã”, na *aplicação do conhecimento*, não encontramos similaridades entre as frases registradas pelos estudantes em seus diário de bordo que permitissem mais de um *tema*: construção e funcionamento do eletroímã. Portanto, as sistematizamos em um único quadro, o quadro 16.

6 RESULTADOS

Na proposta de desenvolvimento do MNPEF está a elaboração de um material didático cujo propósito é favorecer os processos de ensino e aprendizagem. Nós elaboramos um material (vide apêndice A) que é dividido em três partes: o planejamento didático, o material experimental fornecido aos estudantes e o diário de bordo. Os resultados que neste capítulo serão apresentados são os registros elaborados pelos estudantes do diário de bordo. Todas as palavras e frases que serão apresentadas nos quadros deste capítulo e do próximo são de autoria dos alunos e foram transcritas *ipsis litteris*, de modo que alguns termos podem parecer errados ou inapropriados.

Para facilitar a compreensão do leitor sobre a estrutura em que os nossos resultados estão segmentados recorreremos a um fluxograma. A unidade de contexto são os momentos pedagógicos de nossas aulas, por justificarem o que buscaremos posteriormente nas unidades de registro. Por sua vez, as unidades de registros são recortes dos apontamentos das atividades que os estudantes foram convidados a realizar. O esquema apresentado na figura 12 visa esclarecer essa metodologia:

Figura 12 – Esquema representativo das unidades de contexto e registro.



Fonte: A autora.

A primeira parte de nossa análise compreende a primeira semana de aula na qual foi realizada a *problematização inicial*. Este momento, de acordo com o referencial, é voltado para mobilização dos estudantes, levantamento de ideias e conhecimentos que eles possuem e possíveis questionamentos.

Os apontamentos que os estudantes foram convidados a realizar em seu diário de bordo é a identificação, função e funcionamento que alguns equipamentos tecnológicos têm relação com o nosso conteúdo principal: a indução eletromagnética.

Os dados que logramos com os registros dos estudantes no diário de bordo foram tratados por meio da regra de numeração, contando a ausência/presença de

palavras. Aqui optamos por usar, como recorte, a resposta de todos os vinte (20) estudantes. Obtivemos o resultado que é apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Palavras e sua incidência para a imagem1 no diário de bordo.

PALAVRA	INCIDÊNCIA
hidrelétrica	19/20
usina	18/20
energia	12/20
gerar	4/20
transformar	3/20
produzir	2/20
fazer	2/20

Fonte: A autora

Para a imagem 2, o resultado que obtivemos foi:

Quadro 2 – Palavras e sua incidência para a imagem2 no diário de bordo.

PALAVRA	INCIDÊNCIA
transformador	20/20
energia	9/20
poste	2/20

Fonte: A autora.

Obtivemos o seguinte resultado para a imagem 3:

Quadro 3 – Palavras e sua incidência para a imagem3 no diário de bordo.

PALAVRA	INCIDÊNCIA
motor	16/20
pressurização	4/20
alternador	3/20
gerador	2/20
automóvel	1/20
carro	1/20

Fonte: A autora.

Para a imagem 4, o resultado que obtivemos foi:

Quadro 4 – Palavras e sua incidência para a imagem4 no diário de bordo.

PALAVRA	INCIDÊNCIA
eólica	19/20
energia	15/20
usina	10/20
vento	5/20
força	4/20
transformar	3/20
produzir	3/20
gerador	2/20

Fonte: A autora.

E para última imagem, a imagem 5, obtivemos o seguinte resultado:

Quadro 5 – Palavras e sua incidência para a imagem5 no diário de bordo.

PALAVRA	INCIDÊNCIA
imã	20/20
ligar/desligar	8/20
magnético	2/20
elétrico	1/20
eletromagnético	1/20
campo	1/20

Fonte: A autora.

Ainda na problematização inicial, o material experimental que os acompanharia nas próximas aulas foi entregue aos estudantes. Em um primeiro momento eles manipularam o material livremente e registraram em seus diários de bordo aquilo que realizaram. Para esta análise, usaremos quatro temas nos quais se encaixam as frases registradas pelos estudantes.

Quadro 6 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que associam imã e limalha de ferro.

TEMA: ASSOCIAÇÃO ENTRE LIMALHA DE FERRO E IMÃ
A limalha de ferro é atraída pelo imã
O imã tem a capacidade de mover o que tem dentro da garrafa.
Quando colocamos o imã perto da garrafa os pontos se juntam
O imã junta o magnésio de ferro e podia mexer para qualquer lugar.
Estamos mexendo com imãs de neodímio e dentro de uma garrafa de vidro tem limalha de ferro e o imã puxa tudo que está dentro.
(O imã) juntava ferro
O imã tem a capacidade de mover o que há dentro da garrafa.
Tinha um recipiente com água que tinha uns negócio pretos dentro que o imã grudava e ficavam parado. Quando tirávamos, o negócio preto se soltava.
A garrafa tinha um pó magnético quando coloca o imã na garrafa grudava o pó no imã.
Estamos mexendo com imãs muito fortes, e dentro de cada garrafa tem limalha de ferro e o imã puxa tudo que está dentro.
O imã tem poder de mexer com a malha de ferro que está dentro do vidro.

Fonte: A autora.

Quadro 7 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que associam imã e bússola.

TEMA: ASSOCIAÇÃO ENTRE IMÃ E BÚSSOLA
A bússola se perde e vai aonde o imã vai
O imã tem a capacidade de mover a bússola.
Quando o imã chega perto da bússola as setas seguem o imã
Quando a bússola chega perto de um imã, ele muda de lugar sempre para onde o imã estiver.
Quando a bússola chega perto de um imã, ele muda de lugar sempre para onde o imã estiver.

Fonte: A autora.

Quadro 8 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que associam a interação de ímãs.

TEMA: ASSOCIAÇÃO ENTRE IMÃS
Os ímãs se grudavam facilmente, porem quando virávamos um dos ímãs do outro lado, eles não se grudavam. Como se fosse o lado negativo do ímã. Algo meio que impedia com que os dois ímãs se unissem.

Fonte: a autora.

Quadro 9 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que associam a LED e pilhas.

TEMA: ASSOCIAÇÃO ENTRE PILHA E LED
A lâmpada e a pilha juntas funcionaram junto com o fio
Quando ficam conectados com a pilha, o LED acende.
Conectou os fios com a pilha. Montaram a pilha e fez uma luzinha.
Juntamos os fios com a pilha e assim acendeu a luz.
4 pilhas colocando uma luz de pinheirinho ela acende.

Fonte: A autora.

Estas frases foram retiradas de alguns dos diários de bordo; portanto, diferentemente das palavras associadas a imagens, aqui não usamos as respostas de todos os estudantes, mas sim aquelas que entre si apresentavam semelhança e regularidade, ou que nos pareceram pertinentes a este trabalho. Alguns estudantes apenas descreveram o que encontraram na caixa, ou apresentaram desenhos que mostravam os efeitos observados ou realizados com os materiais. Estes, portanto, foram recortes excluídos de nosso material de análise.

Depois disso, mas ainda na mesma aula, os estudantes foram orientados a reproduzirem o célebre experimento de Oersted, por meio de uma breve descrição do que foi observado pelo cientista. Ressaltamos aqui que não se disponibilizou nenhuma representação esquemática ou imagem do experimento, para que isto não influenciasse os estudantes de modo a conduzi-los a uma ou outra configuração. Optamos por essa abordagem, sem desenhos, para que os estudantes não fossem influenciados por um ou outro arranjo, mas que pudessem usar a sua imaginação para testar as hipóteses que lhes ocorressem ao ler a descrição.

No espaço destinado a este registro, cinco estudantes não apresentaram nenhum apontamento. Dentre os demais não emergiu nenhuma regularidade entre as frases e observações que nos trouxesse meios de fazer posteriormente inferência

alguma. A única resposta que estaria de acordo com o experimento de Oersted foi: “A bússola tinha uma ‘reação’ quando ligávamos o led perto dela”. Mas como este foi um caso isolado, não podemos inferir muito a respeito da turma como um todo.

Na *organização do conhecimento*, a segunda etapa do nosso planejamento e segunda unidade de contexto, foram realizadas duas práticas experimentais. Disponibilizamos uma aula para cada experimento porque demandariam bastante trabalho para os estudantes elaborarem e testarem os experimentos.

Na primeira prática os estudantes foram orientados a construir uma bobina. O descritivo estava disponibilizado no diário de bordo, mas novamente sem desenhos ou esquemas que dessem a eles sugestões. Eles ficaram livres para usar o suporte que desejassem, dentro das possibilidades do que estava na caixa. Aqui, recortaremos as frases dos estudantes em três temas, e mais uma vez não serão contemplados os registros de todos eles. Há também desenhos realizados pelos estudantes ilustrando o experimento que realizaram e que não foram incluídos no material para análise.

Quadro 10 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que descrevem o experimento “bobina de indução”.

TEMA: DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO
Enrolamos um fio de cobre em um cilindro dando aproximadamente 550 voltas, pegamos o medidor de tensão assim colocando um jacaré em cada ponta de fio de cobre.
Enrolamos o fio de cobre em um cilindro, 550 voltas, pegamos o medidor de tensão assim colocando um jacaré em cada ponta de fio de cobre.
Enrolar um fio desencapado num papel firme e colocar e passar o imã no meio dos fios.
Enrolar um fio desencapado num papel firme e colocar no meio dos fios e passar o imã.
Enrolar um fio desencapado num papel firme e passar o imã no meio dos fios.
E o nosso experimento funcionava da seguinte forma: Tínhamos que fazer uma bobina então tínhamos um medidor de tensão que quando passávamos o imã por dentro da bobina o medidor de tensão entrava em ação.

Fonte: A autora.

Quadro 11 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que descrevem observações realizadas no experimento “bobina de indução”.

TEMA: FENÔMENOS OBSERVADOS
Quando o imã é colocado dentro do cilindro, o (ponteiro do) galvanômetro mexe.
Quando coloca não acontece nada e quando tira o ponteiro se mexe.
E quando o imã passa entre esses fios o ponteiro (do galvanômetro) fica se movimentando.
Ao aproximar o imã do galvanômetro (?) conectado ao fio o ponteiro subia detectando volts.
Quando coloca o imã no suporte, e tirava o ponteiro se mexia e mostrava o volts.
A professora deu uma bobina com bastante fios e o galvanômetro subiu, mas quando deixamos parado o imã, o ponteiro caiu.
Em movimentação passando o imã pelo carrossel (bobina) o galvanômetro faz medições.
Quando o imã passa entre esses fios o ponteiro fica sem a tensão exemplo. Quando coloca não acontece nada e quando tira o ponteiro se mexe.

Fonte: A autora.

Quadro 12 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que descrevem hipóteses sobre o funcionamento no experimento “bobina de indução”.

TEMA: HIPÓTESES
O nosso experimento deu errado pois não demos volta suficiente com o cobre. O experimento só funcionou por causa do fio de cobre que é condutor e o imã que serve para "ativar" a tensão, modificando o galvanômetro (que mede a tensão e dependendo do que faz com o imã o galvanômetro muda).
Por causa dos fios e quando o imã entra no meio dos fios cria um tipo de energia que faz o negócio se movimentar conforme o imã se movimenta.
O nosso experimento deu errado, pois não demos voltas suficiente com o cobre.
O nosso não funcionou pois não estava dando contato entre eles.
Parado (o imã) ele não funciona e tem que ter bastante fio de cobre se não não funciona daí dá mal contato.
O nosso não funcionou pois não estava dando contato entre eles.
Isso (movimento) para que o imã gere tensão ao entrar em contato com fio de cobre.

O nosso experimento não deu certo pois nós colocamos poucos fios de cobre.
Assim(depois de observar que o imã em movimento movia o ponteiro do galvanômetro, mas em repouso o ponteiro indicava zero volts), descobrimos que o imã deve estar em movimento.
O nosso experimento deu errado. Eu acho que deu errado pois precisaríamos de mais cobre. Chegamos a conclusão de que através do magnetismo no imã a tensão é conduzida através do cobre o que faz com que o aparelho de tensão varie.
O nosso não funcionou pois não estava dando contato entre eles.
Eu acho que o nosso não funcionou pois não tinha fio suficiente já o da professora tinha muitas voltas contínuas sem emendar fios

Fonte: A autora.

O segundo experimento realizado na organização do conhecimento, o “anel de ferro doce”, será separado nos mesmos temas de análise que o experimento anterior. Assim como nos espaços disponíveis para registro, há imagens produzidas pelos estudantes retratando o experimento que não constam no material destinado a análise.

Quadro 13 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que descrevem o experimento “anel de ferro doce”.

TEMA: DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO
Primeiro enrolamos uma fita isolante nos dois aneis de ferro juntos, depois enrolamos muito fio de cobre em volta dos aneis, depois ligamos em um lado o galvanômetro e do outro as pilhas.
Primeiramente enrolamos o fio de cobre no anel assim deixando duas pontas para o galvanômetro.
Na aula de hoje tentamos reproduzir o experimento "pneu de ferro doce". Primeiramente, enrolamos o fio de cobre na roela em suas 2 pontas sem se encostarem, enquanto enrolavamos o fio ele arrebentou, então para que o fio tivesse contato nos a lixamos e depois o juntamos os fios novamente, depois de terminar de enrolar os fios ficaram 4 pontas sobrando, 2 delas conectamos no galvanômetro.

Primeiro enrolamos o fio de cobre no anel assim deixando duas pontas para o galvanômetro.

Fonte: A autora.

Quadro 14 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que descrevem observações realizadas no experimento “anel de ferro doce”.

TEMA: FENÔMENOS OBSERVADOS

Assim fez com que o galvanômetro se mova com energia mandada pelas pilhas e pelo fio de cobre.
--

Fazendo com que o galvanômetro medisse a tensão dos fios com as pilhas.

Assim fez com que o galvanômetro se mova com energia mandada pelas pilhas e pelo fio de cobre.
--

Fonte: A autora.

Quadro 15– Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que descrevem hipóteses sobre o funcionamento no experimento “anel de ferro doce”.

TEMA: HIPÓTESES

Conclusão: Aparece a tensão do outro lado por causa do magnetismo. Gerando um campo magnético afetando a bússola.

Concluindo que quando passa uma corrente elétrica aparece um campo magnético.

Conclusão: Aparece a tensão do outro lado por causa do magnetismo.
--

Conclusão: Aparece tensão do outro lado por causa do magnetismo. Gerando um campo magnético afetando a bússola, o campo magnético faz com que o galvanômetro se mova.

Ao realizar o experimento, percebemos que o galvanômetro só reage a tensão e que a bússola reage ao magnetismo.

Fonte: A autora.

Na última aula, durante as discussões entre a professora e a turma, surgiu a possibilidade de se construir um eletroímã. Depois da aula em que foi realizado o experimento “anel de ferro doce”, uma estudante, conversando com a professora, concluiu que havia relação entre corrente elétrica e magnetismo, e essa observação deixou os demais colegas bem interessados no assunto. Os estudantes já demonstravam interesse neste equipamento desde a problematização inicial, especialmente sobre o funcionamento de um imã “que liga e desliga”, como eles

mesmos descreveram. Desta análise temos poucos registros escritos que podem nos dar meios de fazer alguma inferência. Não optamos por palavras, temas ou qualquer outro tipo de categoria, por se tratar de um material escasso.

Quadro 16 – Frases transcritas *ipsis litteris* dos estudantes que descrevem a montagem e o funcionamento do experimento “eletroímã”.

TEMA: SOBRE A CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO DO ELETROIMÃ
A atividade de hoje é chamada de eletro imã, onde nós enrolamos o fio de cobre várias vezes envolta de um prego e deixava dois fios soltos para conectar nos fios com a pilha, onde formava um campo magnético que transformava o prego em um imã. Quanto mais enrolamos o fio, mais forte ficava o campo magnético.
O prego que estava enrolado com o cobre quando ele recebe energia ele se torna o imã e quando o retirado a energia e ele continua funcionando.
Eletro imã - na aula de hoje fizemos um eletro imã utilizamos na montagem um prego, fio de cobre, clips, e pilhas. Enrolamos o fio de cobre no prego, deixando que sobrassem 2 pontas. Essas duas juntamos aos 2 fios que estavam conectados nas pilhas gerando eletricidade, depois ao aproximar esse prego de moedas e clips ele os atrai como um imã de verdade

Fonte: A autora.

6 ANÁLISES

Dentro daquilo que refinamos na nossa exploração do material, nos propomos a encontrar evidências de aprendizagem dos conteúdos à luz da teoria vygotskyana e a relevância da abordagem histórica. É certo que estas inferências não se esgotam aqui, mas, dentro do nosso objetivo, que é verificar a existência de evidências de que os estudantes se apropriaram do conhecimento científico, entendemos como pertinente a nossa abordagem.

Na problematização inicial, que é a primeira parte da análise, nosso objetivo era diagnosticar a familiaridade que os estudantes possuíam com os equipamentos tecnológicos associados à indução magnética. Por se tratar da etapa de *problematização inicial*, aqui não buscamos evidências de aprendizagem por meio da abordagem que propomos neste trabalho, pois neste momento os estudantes manifestaram aquilo que já sabiam sobre as imagens que foram apresentadas. De qualquer maneira, a análise pode nos fornecer um diagnóstico dos conhecimentos dos estudantes.

A imagem 1 do diário de bordo apresenta a foto de uma usina hidrelétrica. Na imagem 2 apresenta-se um transformador, na imagem 3 um alternador, na imagem 4 uma usina eólica e na imagem 5 é apresentado um eletroímã.

Os termos que constam nos quadros 1, 2, 3, 4 e 5 do Capítulo anterior foram convertidos em nuvens de palavras para melhor visualização, como mostram as figuras 13 a 17.

Figura 13 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem 1 do diário de bordo.



Fonte: A autora

Figura 14 – nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem2 do diário de bordo.



Fonte: A autora

Figura 15 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem3 do diário de bordo.



Fonte: A autora

Figura 16 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem4 do diário de bordo.



Fonte: A autora

Figura 17 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a imagem5 do diário de bordo.



Fonte: A autora

A incidência de palavras, referentes às imagens, nos dão indícios claros de que os estudantes conhecem os equipamentos apresentados a eles. A exceção é a imagem 3 que apresenta um alternador de automóvel, e que esta palavra ou as palavras “carro” e “automóvel” apareceram com baixa incidência.

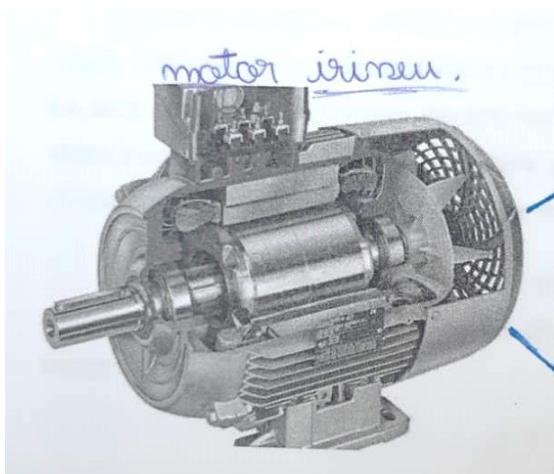
Em ambas as imagens que retratam usinas de energia, na imagem 1 uma usina hidrelétrica e na imagem 4 uma usina eólica, os estudantes usaram palavras como *gerar, produzir, transformar, fazer* para sinalizar a função da usina em relação à energia. Aqui, inferimos que os estudantes não diferenciam tais palavras, especialmente “gerar”, “produzir” e “fazer” de “transformar”, pois ainda não têm conhecimento do princípio de conservação de energia. Nos parece, no entanto, que os estudantes têm conhecimento de que uma usina, de algum modo, é responsável pela energia elétrica.

Outra reflexão que nos parece pertinente é a de que, mesmo recebendo a orientação sobre escrever qual a função e como ocorre o funcionamento dos equipamentos representados na imagem, poucos estudantes escreveram algo além do nome do equipamento. Das cem respostas apresentadas pelos estudantes, mais de sessenta apresentam apenas o nome do equipamento. A interpretação, neste caso, não nos traz indícios de conhecimento. Mesmo os estudantes que registram algo além do nome do equipamento não mostraram indícios do funcionamento do equipamento.

Nos chamou atenção também que um dos estudantes nominou o alternador da imagem 3 como “motor Irineu²” (figura 18), em referência a um “meme”. Meme é a palavra associada a situações, pessoas, animais, etc. que se disseminam rapidamente nas redes sociais. Em geral, se faz uso deste “meme” para expressar, em situações reais, significado igual ou parecido à situação inicialmente apresentada nas redes sociais. Este signo foi utilizado por este grupo de estudantes para designar objetos e situações que são desconhecidas por eles, individualmente ou pelo grupo todo, pois, no meme, a frase que ganhou espaço nas redes sociais da Internet é “Irineu, você não sabe nem eu”. Então, aqui podemos interpretar que o estudante sinalizou que ele não conhece aquele equipamento e possivelmente ele acredita que seus colegas também não o conheçam.

² O vídeo que deu origem ao meme Irineu pode ser acessado em:
<https://www.youtube.com/watch?v=MyR5tO9FOfl>

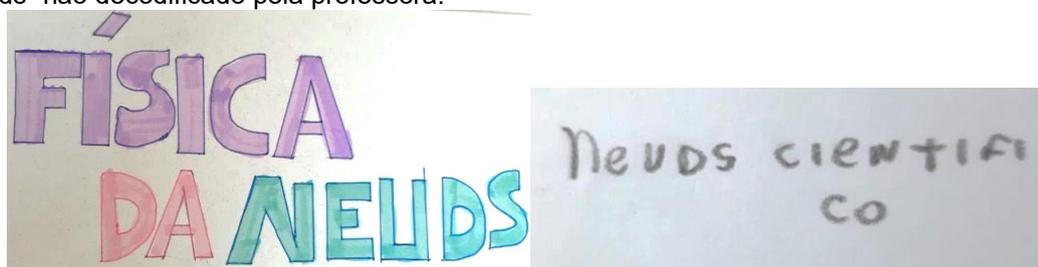
Figura 18 – Imagem do alternador, apresentada aos estudantes, e nominado por um deles como “motor Irineu”.



Fonte: A autora

Neste mesmo tema, ocorreu outro signo relacionado a um “meme” ou a uma “piada interna” da turma e a professora não soube identificar o significado. Refere-se à palavra “neuds” (figura 19) que aparece na capa de um dos diários de bordo e em um dos espaços de registro. Infelizmente, neste caso, não podemos fazer nenhuma inferência sobre o significado associado à palavra “neuds”. Nos aproveitamos destes fatos para ressaltar a importância da consciência do professor sobre os significados dos signos que seus estudantes usam.

Figura 19 – Imagem de registros de Diário de Bordo, de dois estudantes, que apresentam o signo “neuds” não decodificado pela professora.



Fonte: A autora

Na sequência da problematização inicial, os estudantes manipularam livremente o material experimental que lhes foi oferecido. Usamos uma nuvem de palavras para exibir a incidência daquelas mais citadas, com o propósito de inferir se os objetos mais citados foram os que chamaram mais atenção dos estudantes.

Figura 20 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes manipulação livre da caixa experimental.



Fonte: A autora

Notamos aqui que a incidência de palavras está alinhada às categorias que levantamos nos resultados. A interação entre imã e limalha de ferro foi a de maior incidência em frases, bem como imã e *limalha* aparecem em destaque na nuvem de palavras. A segunda maior incidência é de frases que associam *imã* e *bússola*, e *pilha* e *LED*, palavras que também possuem destaque na nuvem de palavras. Com relação à observação de apenas um estudante sobre a relação entre imãs, mesmo não sendo recorrente, nos pareceu pertinente apontar entre os temas tabelados, pois assim como a interação entre limalha e imã, está é uma observação que poderia estar associada a campo magnético. Esta é uma das situações nas quais, apesar de não aparecerem outras frases que se assemelhem a esta, optamos por inserir no recorte em razão da relevância do significado que ela carrega. Infelizmente, não houve nenhuma ocorrência para frases que contivessem a palavra “*campo*” ou “*campo magnético*”.

De todo modo, entendemos que no momento da manipulação livre do material, os estudantes estavam interessados e o fizeram com bastante entusiasmo. As observações que realizaram foram interessantes na perspectiva de que eles apontaram fenômenos e efeitos que são corroborados pelas explicações científicas, como por exemplo, que dois imãs em uma disposição se atraem e em outra se repelem.

De acordo com o que trouxemos no Capítulo anterior, ao serem convidados a reproduzirem o experimento de Oersted, os estudantes não realizaram apontamentos

de modo a nos propiciar uma inferência. De todo modo, aqui poderíamos questionar em que aspecto nosso material ou abordagem pode ter sido ineficaz para que os estudantes realizassem o experimento. A falta de imagens e esquemas pode ter sido decisiva para o que observamos? Os estudantes estavam entusiasmados demais para pensarem em uma sugestão de experimento que não as que desejassem fazer? Não temos registros que possam nos auxiliar a responder estas perguntas. Mas, em caso de reaplicação deste produto, há meios para que estes questionamentos sejam mais bem explorados, como por exemplo apresentando-se imagens do experimento ou sugerindo-se o experimento antes da manipulação livre da caixa experimental.

O primeiro experimento apresentado na etapa de *organização do conhecimento* é a bobina de indução. As frases classificadas de acordo com os temas apresentados no Capítulo anterior não são muito bem elaboradas. Fato este que vai se repetir no segundo experimento. Os estudantes, por vezes, usam termos que não expressam com clareza aquilo que desejam. Por meio da mediação da professora durante a aplicação do produto os estudantes, mesmo usando palavras pouco apropriadas para descrever suas observações, eles se faziam entender muito melhor em comparação aos seus registros escritos.

Mesmo diante dessa dificuldade interpretativa, podemos inferir alguns aspectos que entendemos relevantes na nossa análise. No que diz respeito aos apontamentos que descrevem a elaboração do experimento, aparentemente, alguns estudantes copiaram a descrição do seu colega, o que nos permite fazer duas inferências. A primeira delas é que isto, somado ao que apontamos no parágrafo anterior, pode nos dar indícios que os estudantes não estão habituados a realizarem descrições por meio da escrita. A outra é que os estudantes que escrevem auxiliam os colegas que não escrevem, dentro da perspectiva da zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky.

No próximo tema, no qual as frases dos estudantes indicam as observações realizadas, todos os recortes apresentam relação entre o movimento do ímã no interior da bobina e a indicação de voltagem no galvanômetro. Contudo, apenas uma observação está relacionada ao ímã em repouso no interior da bobina e o ponteiro do galvanômetro não indicando tensão.

Nas frases relacionadas a hipóteses que justifiquem o que foi observado, muitos estudantes apontaram o insucesso do seu experimento em razão de terem construído uma bobina com poucos enrolamentos de fio de cobre. Fato este que deve

ter sido agravado nos registros, depois que a professora usou uma bobina bastante robusta para demonstrar o resultado esperado daquele experimento.

Ainda nesse tema encontramos frases que apontam para o fenômeno de indução eletromagnética, mas, novamente, esbarramos nas palavras pouco apropriadas usadas pelos estudantes. As frases que melhor permitem fazer esta inferência são: *“O experimento só funcionou por causa do fio de cobre que é condutor e o ímã que serve para ‘ativar’ a tensão, modificando o galvanômetro (que mede a tensão e dependendo do que faz com o ímã o galvanômetro muda).”*; *“[...] quando o ímã entra no meio dos fios cria um tipo de energia que faz o negócio se movimentar conforme o ímã se movimenta.”*; *“Isso (movimento) para que o ímã gere tensão ao entrar em contato com fio de cobre.”*; *“Chegamos a conclusão de que através do magnetismo no ímã a tensão é conduzida através do cobre o que faz com que o aparelho de tensão varie.”*

Inferimos que os estudantes recorrem à palavra *tensão*, pois esta é a esta grandeza física que o galvanômetro é sensível, e portando supõem que é esta grandeza também a resultante do efeito gerado pela movimentação do ímã no interior da bobina. É importante ressaltar que estes estudantes já tinham conhecimento de corrente elétrica e da sua relação com tensão quando realizaram este experimento, mas nenhum deles apontou esta relação em suas hipóteses.

No segundo experimento da *organização do conhecimento*, o “anel de ferro doce”, a separação em temas foi mantida tal qual o experimento anterior. No diário de bordo dos estudantes há menos registros, se comparado ao experimento anterior, pois este demandou mais tempo e cuidado para sua elaboração, diminuindo o tempo disponível para registro. Deste modo, as nossas inferências foram sobre um material pouco rico.

Nas frases que constam no tema que descrevem o experimento os estudantes foram bastante claros e assertivos. Aqui, o fato de os estudantes realizarem bem as suas descrições nos levam a duas reflexões: ou invalidamos nossas inferências sobre a dificuldade que eles apresentam de escrita, ou então a insistência em escrever está trazendo resultados de desenvolvimento desta habilidade. Nos parece mais provável a segunda possibilidade, pois estratégias para superar este obstáculo foram elaboradas pela equipe pedagógica. Apontaremos este fato nas conclusões.

No que diz respeito aos fenômenos observados, os estudantes apontam que o ponteiro do galvanômetro foi movimentado em razão da “energia” da pilha. Porém, até

onde nos consta, eles estavam cientes de que o material que era feito o anel não era condutor de eletricidade.

Sobre o tema que contém as hipóteses dos estudantes, cinco das frases recortadas apontam para a relação entre magnetismo e o efeito observado de deflexão do ponteiro do galvanômetro. Em três destas frases acontece a repetição de uma parte. São elas: *“Conclusão: Aparece a tensão do outro lado por causa do magnetismo. Gerando um campo magnético afetando a bússola.”*; *“Concluindo que quando passa uma corrente elétrica aparece um campo magnético.”*; *“Conclusão: Aparece a tensão do outro lado por causa do magnetismo.”*; *“Conclusão: Aparece tensão do outro lado por causa do magnetismo. Gerando um campo magnético afetando a bússola, O campo magnético faz com que o galvanômetro se mova.”*

Nesta aula, muito embora não existam registros escritos ou gravados deste diálogo, a professora conversou com uma estudante sobre os fenômenos que estavam sendo observados, e esta perguntou à professora se tudo aquilo estava relacionado também à corrente elétrica. A professora respondeu de maneira afirmativa e lembrou a aluna sobre a relação entre diferença de potencial e corrente elétrica. Então, a aluna supôs que, apesar do galvanômetro medir tensão, este só ocorria por conta da presença da corrente elétrica no fio. E perguntou novamente à professora “então corrente elétrica faz magnetismo também?”, que também foi confirmado pela professora. Supomos que os outros estudantes, ao perceberem que a colega fez uma observação à qual a professora deu importância, deram a este argumento um grande peso em seus apontamentos. **E é desse momento que emerge a aplicação do conhecimento por meio da construção de um eletroímã.**

Como os colegas se interessaram pelo diálogo entre a estudante e a professora e, posteriormente, houve registros que nos levam a crer que a conversa permaneceu depois que a professora se afastou da estudante, podemos inferir que aqui, novamente, um estudante auxiliou outros, sob a perspectiva da zona de desenvolvimento proximal.

Na etapa de *organização do conhecimento*, é importante lembrar que este é o momento destinado à sistematização do conteúdo curricular. Ao final deste segundo experimento, especialmente depois do diálogo com a estudante, a professora expôs aos demais o fenômeno que era procurado observar naquele experimento, bem como os conhecimentos científicos relacionados a ele.

Para a etapa de *análise da aplicação do conhecimento* (ver figura 12) há poucos registros em formas de frase que nos permitam sequenciá-las em temas. Portanto, antes de analisar os resultados tabelados no Capítulo anterior, recorreremos novamente à nuvem de palavras, ilustrada na figura 21.

Figura 21 – Nuvem de palavras do registro de dados referentes a realização do experimento “eletroímã”.



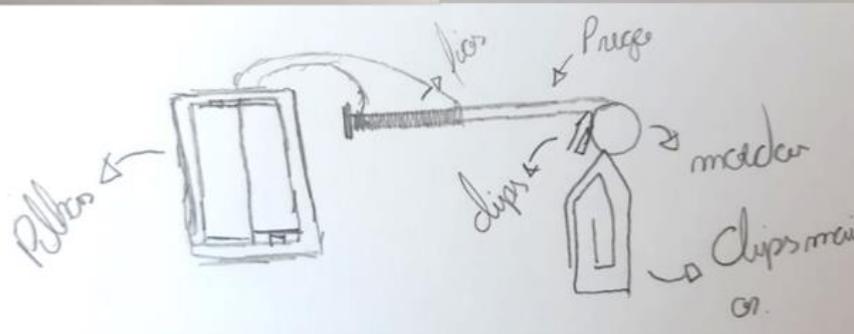
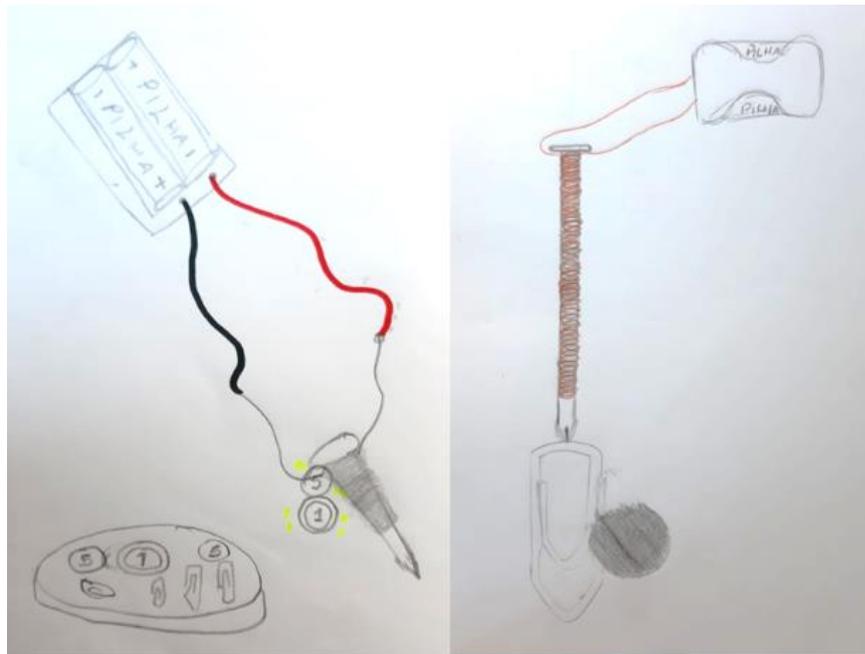
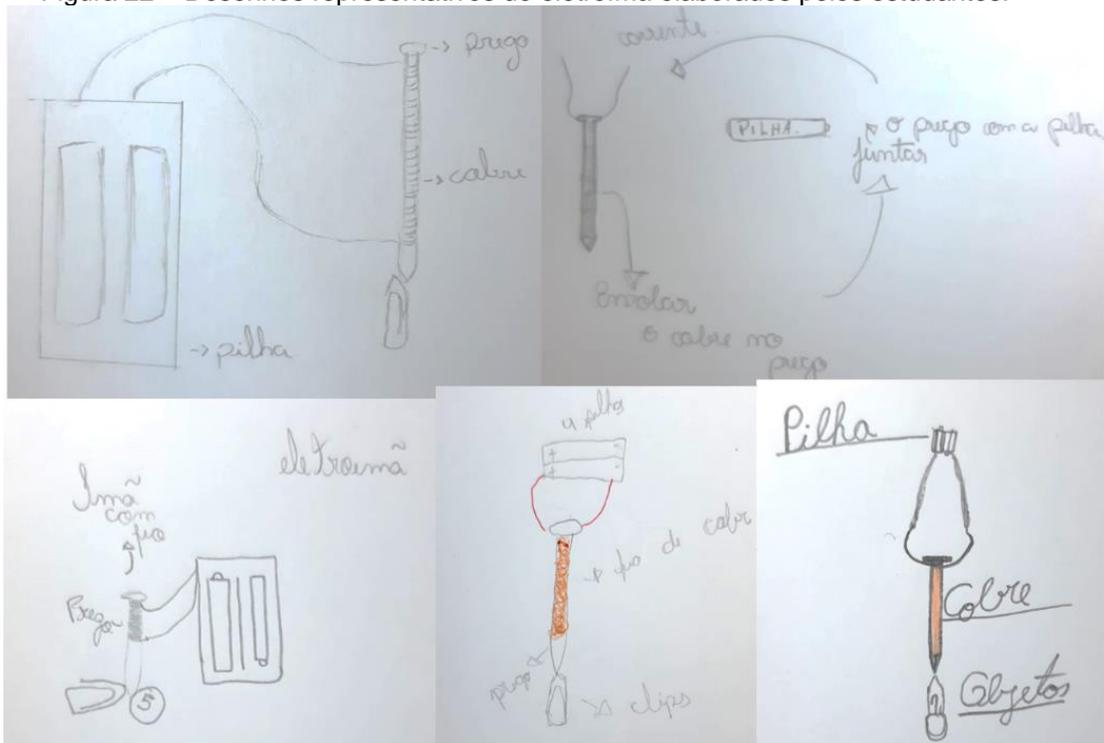
Fonte: A autora.

Observamos que na nuvem de palavras incidem termos que realmente abrangem os elementos que os estudantes usaram para compor o eletroímã (fios, prego, pilhas), sobre a técnica empregada para construí-lo (enrolar), sobre os objetos que usaram para testá-lo (clips e moedas), e conceitos chave que estão relacionados ao funcionamento do equipamento (energia, campo, magnético). Contudo, não podemos inferir, aqui, muito a respeito da aquisição de conhecimento científico, ou sobre o domínio dos conhecimentos científicos que explicam o funcionamento do equipamento. Apenas podemos inferir que os estudantes relacionaram os materiais e conceitos considerados na construção do eletroímã.

Recorreremos então às frases elencadas nos resultados para encontrarmos vestígios de aquisições de conhecimento. Encontramos indícios de que os estudantes percebem a relação da pilha com a característica magnética que o prego adquire temporariamente, mas não conseguimos inferir algo mais sofisticado que isso. Encontramos evidências também de que os estudantes percebem a variação da intensidade do campo magnético em função do número de voltas do fio ao redor do prego mas, mais uma vez, não conseguimos nos aprofundar.

A figura 22 apresenta imagens extraídas dos diários de bordo dos estudantes, que podem nos auxiliar a validar os indícios de aprendizagem aos quais nos referimos no parágrafo anterior.

Figura 22 – Desenhos representativos do eletroímã elaborados pelos estudantes.



Nesta aula também ocorreu um fato interessante relacionado ao número de voltas de fio colocadas ao redor do prego. Uma estudante enrolou um comprimento razoável (maior do que comprimento que os colegas) fio sobre o prego, mas sem nenhum alinhamento entre as voltas, e por consequência, o aparato não funcionou como eletroímã. Outra estudante, que enrolava cuidadosamente o fio sobre o prego, testou o seu experimento na presença da estudante, causando certa discussão sobre o alinhamento dos fios para a eficiência do experimento. Porém, não há registros desse diálogo que nos permitam fazer inferências. Novamente notamos aqui a ocorrência da zona de desenvolvimento proximal vygotskyana.

De modo geral, pudemos perceber que os estudantes se envolveram muito nas aulas experimentais. Tentamos dar ao leitor essa percepção por meio das fotografias apresentadas na figura 23. O enlevo com que manipularam os materiais experimentais, especialmente na primeira aula, corroboram à essa nossa afirmação. Ao mesmo tempo, verificamos que os estudantes apresentam dificuldades em descrever o que realizam e suas ideias a respeito, isto em razão da dificuldade de interpretar alguns dados e da escassez em outros. Contudo não podemos sugerir que estas duas afirmações são correlatas.

Figura 23 – Estudantes organizados em equipes manipulando objetos da caixa de material durante a etapa de problematização inicial (imagens acima); estudantes elaborando o experimento durante a etapa de organização do conhecimento.



Fonte: a autora

Diferentemente do que poderíamos esperar, encontramos mais evidências de aprendizagem na etapa de *organização do conhecimento* se comparada à *aplicação do conhecimento*. Podemos deduzir que isto ocorre novamente em razão da não aptidão dos estudantes em descrever seus procedimentos ou, novamente, ao entusiasmo em produzir o experimento e vê-lo em funcionamento, já que todas as equipes construíram eletroímãs capazes e de atrair mais de um objeto ao mesmo tempo.

Com relação ao insucesso na reprodução do experimento de Oersted, temos dois aspectos a assinalar. O primeiro deles é que, ao ser possível realizar o experimento da bobina sem uma imagem ilustrativa e/ou esquemática do experimento e apenas com a descrição, há a possibilidade de que os estudantes realmente não estavam envolvidos com a realização do experimento, mas sim em manipular os objetos livremente. O segundo ponto é que, possivelmente, as relações entre os

fenômenos observados na organização do conhecimento e corrente elétrica não tenha aparecido em razão de, justamente, não terem reproduzido o experimento de Oersted.

Ao decorrer da análise de dados, duas oportunidades foram encontradas e que, em eventual reaplicação desta atividade, poderão ser observadas. A primeira se refere a registros em áudio. Mesmo sabendo que é laborioso transcrevê-los posteriormente, os registros dos diálogos poderiam ter trazido enorme contribuição às nossas inferências. A segunda é sobre a análise de conteúdo que poderia ser feita sobre o que e como a professora se expressou aos estudantes. É possível que algumas suposições de que não houve indício de aprendizagem estejam relacionadas ao modo como as orientações foram dadas aos estudantes, e a este caso caberia outro tipo de investigação.

8 CONCLUSÕES

O propósito do produto educacional é a de viabilizar a aquisição de conhecimentos científicos dos estudantes. A de nossa análise é investigar essa viabilização, seus potenciais e fragilidades.

A proposta de um ensino baseado na história da ciência, que pede abordagens de textos originais, não foi possível neste cenário. Há diversas razões para isso: os estudantes, e por vezes nem mesmo os professores, conseguem ler fontes originais devido ao idioma; a demanda pelo cumprimento do currículo nos impede de dispor de tempo para que os estudantes leiam, experimentem e reflitam tanto quanto for necessário; e reproduzir experimentos tal como os originais são muito complicados.

Contudo, uma abordagem de experimentos que estejam inspirados nos originais, como mostramos aqui, parecem promissores. Isto se evidenciou, especialmente, na análise de frases dos alunos que foram registradas no decorrer da organização do conhecimento, onde pudemos identificar que os estudantes relacionaram conceitos e elaboram hipóteses pertinentes. É evidente que tal aprendizado ocorreu dentro das limitações de sua faixa etária, vocabulário e interesses.

As conversas e discussões entre estudantes e a professora também se mostraram promissoras. Por meio desses momentos, nos deparamos com situações em que a mediação da professora conduziu um estudante a chegar a conclusões bastante pertinentes para este trabalho. Como já apontado, estas são situações em que os estudantes estão na zona de desenvolvimento próxima e a caminho da zona de desenvolvimento potencial, mas situações como esta não se limitaram à mediação da professora - em alguns recortes, identificamos que os estudantes se apoiam entre si e se auxiliam neste processo.

Além disso, entendemos que a utilização de metodologias que colocam o estudante e os seus interesses no centro do processo de ensino e aprendizagem é fundamental para promover as discussões e os resultados que dela decorrem.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fora do escopo da análise de conteúdo e das questões pertinentes aos objetivos desta dissertação, trazemos algumas reflexões que nos parecem relevantes.

A proposta educacional da escola na aplicação piloto que decorreu desta dissertação era muito bem conduzida pela pedagoga. Contudo, as práticas pedagógicas tradicionais ainda estão arraigadas nas ações pedagógicas dos professores, de modo que práticas pedagógicas inovadoras podem ser morosas até que sejam incutidas. Oportunamente, a pedagoga da escola convidou -me para que mostrasse a outros professores como conduziu as suas aulas de aplicação de produto, com o propósito de que pudessem ser debatidas abordagens que se distanciem do padrão “lousa e giz”.

As questões relacionadas a dificuldades de escrita apresentadas pelos estudantes, apontadas aqui neste trabalho, também foram levadas à pedagoga e posteriormente aos professores da turma. Outros professores também relataram que notavam a mesmas dificuldades naquela turma, e juntos, elaboramos algumas estratégias para buscar a superação desses obstáculos.

No que diz respeito aos aspectos formativos, as leituras sobre os temas de história e contribuições filosóficas à ciência e aquelas sobre Vygotsky são as que mais marcaram este processo. O conhecimento a respeito da Física é um pouco mais restrito a alguns momentos, mas as questões filosóficas levam a questionamentos e reflexões que podem ser trabalhados de modo mais abrangente na prática profissional. Os conhecimentos trazidos pela leitura vygotskyana são ainda mais irrestritos na vida do professor.

Além disso, os dias que antecederam a entrega deste trabalho e as recomendações, especialmente do professor André Vitor, e a recente entrada em um grupo de pesquisa, reanimaram os desejos desta mestranda em buscar outras atividades no meio acadêmico.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, A. K. T.; CHAIB, J. P. M. C. Nota sobre o magnetismo da pilha de volta – Tradução comentada do primeiro artigo de Biot e Savart sobre eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. v. 16, n. 2, p. 307-309, 2006.
- ASSIS, A. K. T.; GUIMARÃES, L. R. F. Faraday e a indução unipolar. In: da SILVA, A. P. B.; GUERRA, A. (org.). **História da Ciência e Ensino: Fontes Primárias e Propostas para a Sala de Aula**. São Paulo: Livraria da Física, .2015. p. 57-68.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 3ª reimp. São Paulo: Edições 70, 2012. 279 p.
- BOSS, S. L. B.; FILHO, M. P. de S.; CALUZI, J. J. Traduções de fonte primária – Algumas dificuldades quanto à leitura e o entendimento. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VIII, 2011, Campinas/SP. **Anais eletrônicos**. São Paulo: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011.
- CHAIB, J. P.M. C., ASSIS, A. K .T Distorção da obra eletromagnética de Ampère nos livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n. 1, p. 67-70, 2007.
- CHAIB, J. P.M. C., ASSIS, A. K .T A Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n. 1, p. 41-51, 2007.
- CHAIB, J. P.M. C., ASSIS, A. K .T Sobre os efeitos das correntes elétricas – Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. **Revista da SBHC**. v. 5, n. 1, p. 85-102, 2007.
- CHAIB, J. P.M. C., ASSIS, A. K .T **Análise do significado e da evolução do conceito de força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.
- DIAS, V. S.; MARTINS, R. de A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**. v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.
- DIAS, V. S. **Michael Faraday: subsídios para metodologia de trabalho experimental**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- FARADAY, M. **Experimental Researches in Electricity**. 2.ed. Londres: Bibliothèque nationale de France, 2005. 34 p. vol. 1.
- FARADAY, M. Pesquisas experimentais em eletricidade. Tradução de Assis, A. K. T. e HARUBA, L. F. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 28, n. 1, p. 152-204, 2011.

GARDELLI, D. Antecedentes históricos ao surgimento do eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 35, n. 1, p. 118-137, 2018.

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, 2004.

MAGALHÃES, M. de F.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 24, n. 4, 2002.

MAGALHÃES, G. Ciências e filosofia da natureza no século XIX: eletromagnetismo, evolução e idéias.

MARTINS, R. de A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. v. 10, p. 89-114, 1986.

MARTINS, R. de A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 5, p. 49-57, 1988.

MARTINS, R. de A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**. v. 9, p. 3-5, 1990.

MARTINS, R. de A. Física e história. **Ciência e Cultura**. v. 57, n. 3, p. 25-29, 2005.

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.

MATHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

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

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de física. **Estudos Avançados**. v. 32, n. 94, p. 72-80, 2018.

MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História e Ciência**. v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Revista Ensaio**. v. 14, n. 3, p. 199-215, 2012.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência & Educação**. v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.

NARDI, R. A pesquisa em ensino de ciências e matemática no Brasil. **Ciência & Educação**. v. 21, n. 2, p. I-V, 2015.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. Brasil: Ministério da Educação, 1988. 202 p.

ØRSTED, H. C. Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. v. 10, p; 115-122, 1986.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino em Física**. v. 20, n. 3, p. 270-288, 1998.

PALANGANA, I. C. **Desenvolvimento e Aprendizado em Piaget e Vigotski**. 6.ed. São Paulo: Summus, 2015. p. 91-138.

REGO, T. C. **Vygotsky: Uma Perspectiva Histórico-cultural da Educação**. Rio de Janeiro: Vozes, 1995. 138 p.

dos REIS, J. B. A. **A Arquitetura Metodológica de Michael Faraday**. 2006. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Pontífica Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

dos REIS, J. B. A. Arquitetura e mapeamento da matéria diamagnética em Michael Faraday (1791-1867): meados do século XIX. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, XVIII, 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. Florianópolis, 2016. 10 p.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 22, n. 3, p. 316-337, 2005.

SOUZA FILHO, M. P. de; CALUZI, J. J. Sobre as experiências relativas à imantação do ferro e do aço pela ação da corrente voltaica: uma tradução do artigo escrito por François Arago. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 31, n. 1, p. 1603-1 – 1063-12, 2009.

SOUZA FILHO, M. P. de. **O Erro em Sala de Aula: Subsídios para o Ensino do Eletromagnetismo**. 2009. Tese (Doutorado em Educação para Ciências) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da Teoria para a Sala de Aula**. 1996. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

VITÓRIA, F. B. Dialética materialista: uma perspectiva necessária para educação popular. In: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, IX, 2012, Caxias do Sul. **Anais eletrônicos**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2012. 13 p.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente.** 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991. 90 p.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem.** 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008. 190 p.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

PARTE 1 – CADERNO DE APOIO AO PROFESSOR

*Experimentos em
Eletromagnetismo*

Caro Professor,

O Mestrado Nacional Profissional em Física – MNPEF – tem por objetivo aprimorar a formação dos docentes atuantes, mais do que isso, busca a elaboração de materiais que possam ser colocados à disposição dos professores que estão em sala de aula mas não participam do MNPEF.

Deste modo, fruto do trabalho de mestrado da autora e seus orientadores, este fascículo é elaborado para uma prática docente em física. Este volume apresentará os direcionamentos do trabalho que desenvolvemos: planejamentos de aula, sugestão de leituras, situações emergentes da nossa realidade, etc, como sugestão para que outros professores possam lançar mão desta prática. O volume do estudante, que é companheiro deste, mas com suas especificidades apresenta: textos curtos, direcionamentos de atividades, questionamentos.

Não temos a pretensão de esgotar as possibilidades do ensino deste tema em sala de aula, ao contrário, pensamos que este é um dos muitos meios que podem ser explorados. A escolha do tema e da abordagem se deram por meios das demandas e interesses da nossa realidade, e entendemos que esta não é única.

Esperamos que seu trabalho, assim como o nosso, seja tão fortuito e gratificante!

1 – Introdução

A sequência didática que será descrita é o produto do trabalho de mestrado da professora Lorena Auer e seus orientadores professor Dr. Gelson Biscaia de Souza e professor Dr. André Vitor Chaves, no pólo 31 do MNPEF, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, e aplicação deste produto aconteceu na Escola Evangélica de Carambeí em uma turma de 9º ano do Ensino Fundamental II.

Os referenciais que serão abordados foram elencados alinhados com o Projeto Político Pedagógico da escola, pois entendemos ser respeitoso acatar estas orientações, pois fazemos parte da composição de um grupo que deve ter seu trabalho coordenado, afim de atender o principal sujeito da escola: o estudante. A escolha da abordagem histórica da ciência é devido ao interesse pessoal e crédito de que este é um meio viável e proveitoso de se ensinar conteúdos de física. Por fim, a temática escolhida: eletromagnetismo, também é fruto do interesse particular dos envolvidos neste trabalho e da percepção do mesmo na importância de abordar, ainda, a física clássica na sala de aula. Estas justificativas estão melhor explanadas na dissertação de mestrado, a qual também sugerimos a leitura, para uma compreensão mais completa de nossa abordagem e referenciais.

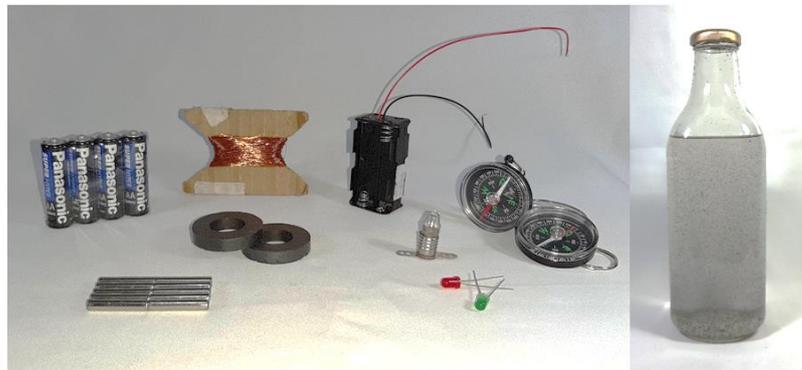
2 – Material didático e experimental

O material didático que o estudante teve em mãos durante a sequência de aulas foi apenas o Diário de Bordo, cuja finalidade é de que o estudante registre suas impressões por meio de desenhos, esquemas e textos pois entendemos a linguagem escrita e verbal como fundamental para o processo de aprendizagem.

Durante todas as aulas os estudantes também devem ter acesso à uma caixa com itens que lhes permitam analisar fenômenos elétricos e magnéticos e realizar os experimentos propostos. Todo o material deve estar disponível desde a primeira aula, pois eles deverão investigar e experimentar tudo aquilo que for pertinente aos questionamentos do diário e do professor.

Esta contém:

- Pilhas AA
- Suporte de pilhas (para facilitar a associação, caso haja interesse)
- Fio de cobre
- Lâmpada de filamento e LED
- Lixa
- Ímãs comuns e de neodímio (para realização do experimento da bobina de indução)
- Bússola
- Garrafa com líquido viscoso e limalha de ferro (nosso líquido é uma mistura de álcool gel e líquido na proporção de 1:1; sugerimos que esta garrafa seja elaborada às vésperas da aula pois a limalha oxida em poucos dias)



Materiais disponíveis na caixa experimental
Fonte: a autora



Limalha dentro da garrafa com líquido viscoso submetida à campo magnético

3 – Planejamento

Tema: Indução Eletromagnética

Duração: 360 minutos (8 aulas, separadas em 4 partes)

Objetivos:

- Reconhecer equipamentos tecnológicos, a sua função e o seu funcionamento
- Apontar e relacionar grandezas físicas presentes em equipamentos tecnológicos;
- Construir e manipular experimentos e posteriormente identificar neles a relação entre grandezas físicas;
- Reconhecer as linhas de campo magnético na Terra e em ímãs;
- Constatar a variação temporal de campo magnético de um ponto para outro;
- Reconhecer aplicações do eletromagnetismo no cotidiano.

Problematização Inicial: (duas aulas, 90 minutos)

Apresentar aos estudantes imagens de equipamentos tecnológicos (usina hidrelétrica e eólica, transformador, alternador, eletroímã, dínamo, etc) que possuam em seu funcionamento conceitos correlatos ao nosso tema, indução eletromagnética. Solicitar que identifiquem o equipamento e que escrevem sobre sua função e como funcionam.

Questionamentos que podem ser feitos:

- o que tem nessas imagens?
- nós conhecemos esses dispositivos?
- para que eles servem?
- como funcionam?

Nesta etapa os estudantes devem levantar hipóteses, apresentar os conhecimentos que já tem e discutir com os colegas. O professor pode mediar a discussão para que fique mais inteligível e organizada, mas sem manifestar sua opinião ou conhecimento.

Em seguida, disponibilizar aos estudante a caixa experimental para que manipulem os objetos (LED, pilha, fios de cobre, ímã, bússola, garrafa com líquido viscoso e limalha de ferro) contidos na caixa. Se possível, ter pilhas e LED reserva,

caso os estudantes precisem (em razão de, por exemplo, estragar um LED ou consumir uma pilha). Solicitar que anotem no diário de bordo suas observações.

Depois do momento da aula em que os estudantes manipulam os experimentos sobre magnetismo é importante que os estudantes tomem conhecimento do marco para a área que hoje conhecemos como eletromagnetismo: o famoso experimento de Oersted.

Projetamos neste momento um espaço na aula para que o estudante se atenha aos detalhes da vida profissional de Oersted, no que diz respeito à sua formação e as profissões que desempenhou. Por meio desta explanação procuramos desmistificar o brilhantismo como momento único da carreira do cientista, mostrando todo o processo pelo qual transcorreu até que obtivesse êxito e reconhecimento no meio acadêmico.

Este breve momento da aula pode ser otimizado por meio de apresentação em slides ou um pequeno vídeo que o professor queira elaborar. Em nosso trabalho utilizamos o recurso de slides, apresentado em sala própria dentro da escola em que realizamos a aplicação do produto. Alertamos também que este momento deve ser curto, haja vista a demanda de tempo que outros momentos da aula apresentam.

Na caixa do estudante há material para que seja realizada a experiência de Oersted, em seguida da explanação o professor deve convidar os estudantes para que consultem o material disponível e tentem reelaborar o experimento. Deixamos que os estudantes manipulem e realizem suas próprias observações e anotem-nas no seu diário experimental em espaço próprio. Durante a realização da atividade experimental, e antes mesmo na etapa de explanação da vida de Oersted, é importante que o professor não dê orientações diretas aos estudantes, fotos de esquemas experimentais ou qualquer outro tipo de ação que venha a contrariar o papel de mediador.

Depois de feito o experimento de Oersted, os estudantes devem retomar a atenção às orientações do professor. Deverá ser apresentado o ilustre cientista que está no foco de nosso trabalho: Michael Faraday. Da mesma forma que Oersted foi apresentado aos estudantes, Faraday também deverá. É importante salientar a pouca formação de Faraday, se comparada à de Oersted, contudo, tal designação acadêmica não o fez menos capaz de ser um cientista importante.

Durante esta primeira aula é muito importante que o professor tome cuidado com sua postura de modo a atender às expectativas propostas em seu planejamento no que diz respeito à respeitar as proposições do estudante durante os

questionamentos da problematização inicial, mesmo que eles elaborem explicações erradas.

Organização do conhecimento (quatro aulas, 180 minutos)

Nesta e na próxima aula são construídos pelos estudantes os experimentos originais de Faraday. Entendemos que é importante e significativo para o estudante que ele e sua equipe elaborem o experimento, testem e reelaborem quantas vezes julgarem necessário. Em razão da proposta da montagem dos experimentos é necessário dispor de um tempo de aula razoável. Esse procedimento permite que o estudante experimente o processo de construção da ciência, dadas as proporções, evidentemente. Novamente o professor atua como mediador, e não deve entregar respostas prontas ou soluções aos questionamentos dos estudantes, mas sim conduzi-lo a elaborar as próprias percepções e conclusões sobre o experimento que está manipulando.

Este momento é separado em duas aulas. A primeira é destinada para reproduzir o experimento da bobina de indução, muito provavelmente o modelo experimental didático mais famoso. Faraday originalmente elaborou uma bobina com fios de cobre isolados por barbante de algodão sobre um cilindro de papel. É evidente que o experimento em *ipsis e literis* por diversas razões: as medidas de Faraday são em polegadas, os estudantes não tem o domínio deste signo; as pilhas, semelhantes às de volta, usadas por Faraday não seriam reproduzíveis com facilidade para levar aos estudantes; com o material que se aproximasse mais do experimento de Faraday os estudantes levariam mais do que o tempo previsto para a elaboração do experimento; além de não ser possível que os estudantes leiam os originais de Faraday, pois estão em inglês. Percebemos aqui uma ou mais limitações para o uso da abordagem histórica, mas levaremos essa discussão à dissertação de mestrado.

Dados os obstáculos encontrados, é disponibilizado na caixa experimental: fios de cobre encapados para que seja feita a bobina, lixas para esfoliar as pontas dos fios, tubos de caneta, carretéis, papel firme (como o papel cartão) para servir de suporte à bobina, ímãs e galvanômetro. Os estudantes deverão elaborar suas montagens, testar e registrar no Diário de Bordo, e caso haja situações em que um ou mais estudantes não participem da experimentação ou não anotem as observações no Diário de Bordo cabe ao professor cobrá-los (sugerimos dar uma nota pelo preenchimento do material do estudante).

A montagem que nos resultou em um resultado mais evidente da f.e.m. induzida foi: enrolamento de 3 camadas de fio, com uma bobina de comprimento entre 3 e 4 cm. Alertamos para que quanto mais rápido o imã for colocado/retirado do tubo, maior será a f.e.m. induzida.

Ao final da aula o professor pode reservar um espaço para que os estudantes explanem sobre os seus resultados com os demais colegas de turma, visando a troca de experiências e discussão de resultados.

Na segunda aula, assim como na aula anterior os estudantes são convidados a reproduzir outro experimento inspirado nos originais de Faraday, e portanto, deve-se levar em consideração as mesmas condições que circundar o trabalho com abordagem histórica, bem como a postura do professor no processo de aprendizagem.

Para fins didáticos os experimentos são realizados em ordem inversa em relação à ordem cronológica. O experimento “anel de ferro doce”, a ser realizado nesta aula, na verdade é o primeiro experimento por meio do qual Faraday obtém corrente induzida.

O experimento consiste em dois enrolamentos de fio em lados opostos de um anel de ferro doce, que pode ser substituído por uma ruela. Uma fonte (um pequeno transformador de tensão ou pilhas) alimentam um dos enrolamentos, e do outro lado, no outro enrolamento é colocado um galvanômetro para verificar a f.e.m. induzida. Este é o mesmo mecanismo de funcionamento de um transformador.

Para este experimento usamos uma ruela de parafuso em substituição ao anel de ferro doce. Estas foram previamente cortadas e dispostas aos pares e fixadas com fita isolante para a elaboração do experimento. O corte é importante pois facilita ao estudante o trabalho de enrolar o fio.

Novamente, orienta-se que o professor esteja atento aos estudantes sobre como estão produzindo o experimento e como estão observando os fenômenos e lançando hipóteses. Ao final da aula é importante promover outro espaço de discussão de ideias entre os estudantes para que eles compartilhem suas experiências.

De acordo com o nosso referencial, os três momentos pedagógicos, este é o momento oportuno para que o professor apresente aos estudantes o conhecimento científico sistematizado. Pode-se recorrer à lousa, a slides, ou outro mecanismo que seja conveniente.

Aplicação do conhecimento: (duas aulas, 90 minutos)

Na terceira e última etapa do planejamento deve ser retomado o questionamento inicial, com o propósito de que o estudante consiga estabelecer relação com o conhecimento científico estudado na etapa de organização do conhecimento. Assim as mesmas perguntas devem ser respondidas novamente pelos estudantes, mas agora, agregando a elas seus novos conhecimentos ou refutando-as e elaborando novas explicações com os novos conhecimentos.

Dentre os dispositivos apresentados na primeira aula e retomados na última o professor pode escolher um para maior destaque, conforme a afinidade que os estudantes demonstrarem, ou ainda, um dispositivo por equipe. O dispositivo eleito deverá ser explorado de maneira criativa e atendendo aos interesses dos estudantes, por exemplo: se os estudantes demonstrarem interesse por um alternador de carro, pode-se providenciar um e levar a sala de aula para que possa ser explorado.

Da nossa inserção piloto utilizamos a construção de um eletroímã para encerrar a sequência de aulas. Foram utilizados para o experimento: pregos, fios de cobre, pilhas e pequenos objetos que fossem atraídos pelo eletroímã (clips e moedas).

Observações:

- Os artigos que foram estudados para preparar a organização desta aula e que se recomenda a leitura são (especialmente Dias, 2004; Faraday, 2011 e Martins, 1986):

CHAIB, J. P.M. C., ASSIS, A. K .T A Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n. 1, p. 41-51, 2007.

CHAIB, J. P.M. C., ASSIS, A. K .T Sobre os efeitos das correntes elétricas – Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. **Revista da SBHC**. v. 5, n. 1, p. 85-102, 2007.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. de A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**. v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.

DIAS, V. S. **Michael Faraday: subsídios para metodologia de trabalho experimental**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

FARADAY, M. Pesquisas experimentais em eletricidade. Tradução de Assis, A. K. T. e HARUBA, L. F. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 28, n. 1, p. 152-204, 2011.

GARDELLI, D. Antecedentes históricos ao surgimento do eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 35, n. 1, p. 118-137, 2018.

MARTINS, R. de A. *Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. Cadernos de História e Filosofia da Ciência.* v. 10, p. 89-114, 1986.

ØRSTED, H. C. *Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética. Cadernos de História e Filosofia da Ciência.* v. 10, p; 115-122, 1986.

- A escolha do eletroímã como nosso equipamento para abordagem na aplicação do conhecimento emergiu da turma. Em outras turmas e contextos outros equipamentos surgirão, mas isto é completamente relevante para o processo, pois nesta proposta os interesses dos estudantes são fortemente valorizados.

- Em todas as aulas os estudantes trabalharam em quatro equipes formadas sem a interferência do professor. Este é um perfil de trabalho da escola na qual foi feita a inserção do produto, ou seja, em todas as aulas os estudantes estão com a disposição das carteiras agrupadas e trabalham em equipe. As equipes variaram de uma aula para outra.

PARTE 2 – DIÁRIO DE BORDO

*Experimentos em
Eletromagnetismo*

*Diária de Bordo
Nome do Estudante*

Caro Estudante,

Alguns fenômenos físicos podem, por vezes, passar despercebidos, mas eles são fundamentais para o funcionamento de tecnologias que usamos em nosso cotidiano. Muitas vezes, nem mesmo pensamos em como funciona certo aparelho, ou então quanta dedicação e estudo foram empregados para que o produto final chegasse às nossas mãos para usufruirmos dele.

A Física que estudamos na escola pode nos auxiliar a entender os processos tecnológicos, como estes se desenvolveram ao longo dos anos e quais foram os cientistas responsáveis e envolvidos neste processo. Nas próximas aulas, vamos entender fenômenos físicos de muita importância para o mundo tal qual o conhecemos hoje, e que não conseguiríamos reconhecer sem essas tecnologias.

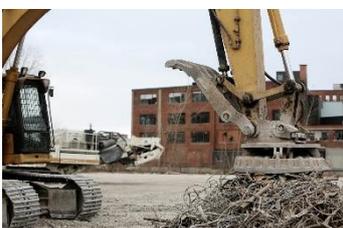
Juntamente com o professor, este caderno guiará reflexões, experimentos e servirá como registro, para que tudo que você julgar importante poder anotar.

Seja bem-vindo ao Eletromagnetismo!

Professora Lorena

A Física no dia a dia

Mesmo que não percebamos, a ciência está em toda parte! Nós já estamos tão acostumados com a sua utilização que, por vezes, nem conseguimos imaginar como seria a nosso cotidiano sem todas essas coisas. Observe, por exemplo, as imagens abaixo e responda: você conhece estes objetos? Sabe para que servem e como funcionam?



Observar

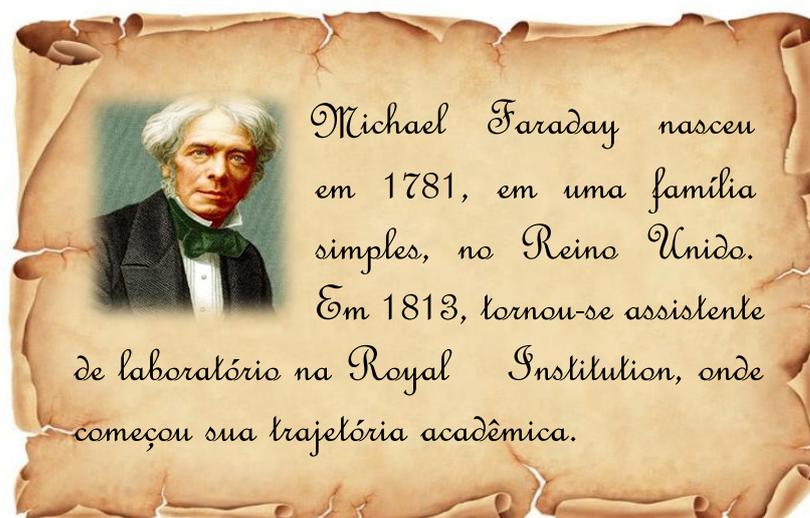
Fazer Ciência é, antes de qualquer coisa, investigar!

Observe atentamente os materiais que estão disponíveis na caixa entregue à sua equipe. Consegue identificar algum deles? Conhece algum efeito que eles podem causar? Procure manipular esses materiais para que você (re)descubra o que eles podem fazer. Anote tudo o que for importante.

Na caixa há dispositivos elétricos e magnéticos. Em meados do século XVIII, os cientistas já desconfiavam da relação entre os fenômenos de eletricidade e magnetismo, mas ninguém obteve resultados realmente interessantes. Em 1820, o cientista Hans Christian Oersted, realizando experimentos com corrente contínua, percebeu um curioso efeito: a sua bússola tinha a agulha perturbada quando estava próxima do circuito, e este fato só ocorria quando o circuito era ligado ou desligado. Você acha que isso é possível? Vamos testar!

No material da caixa, procure elementos que permitam que você e sua equipe reproduzam esse experimento e possam investigar o mesmo fenômeno que Oersted observou. Se você notar alguma coisa interessante, anote no espaço abaixo.

Certamente outras pessoas, assim como você, já investigaram esses materiais, e também ficaram inquietos com alguns comportamentos que eles apresentam. Mais do que isso, observaram esses fenômenos com tanta atenção que conseguiram entender qual a regra para o seu funcionamento. Dentre esses curiosos, destaca-se o cientista Michael Faraday.



Você percebe semelhanças e diferenças no início da carreira de Oersted e Faraday? É possível que origens tão distintas levaram ambos ao sucesso no meio científico? Quais as características que você pensa que um cientista deve ter? Quais destas características você percebe em Oersted e Faraday?

Experimentalar

Faraday realizou diversos experimentos buscando respostas para uma pergunta: como a eletricidade e o magnetismo se relacionam? Inicialmente, Faraday leu muitos artigos que outros pesquisadores publicavam, permanecendo sempre informado do que eles estavam realizando, especialmente Arago e Ampère. A sua jornada durou muitos anos e, como sua instrução formal era precária, a linguagem matemática não foi muito utilizada. Ele elaborava seus experimentos e apenas fazia observações e anotações a respeito deles.

Nós faremos o mesmo que Faraday: experimentos e observaremos-os com muita atenção!

2.1 – Bobina de Indução

Observamos nas aulas anteriores, especialmente no experimento de Oersted, que corrente elétrica gera um efeito magnético. Mas vamos raciocinar de outro modo: campos magnéticos podem gerar efeitos como o de corrente elétrica? Há um experimento que pode nos ajudar a descobrir essa resposta!

O experimento de Faraday mais reproduzido didaticamente é a espira de indução. Em seu diário, ele descreve o aparato composto por um suporte cilíndrico feito por um papel firme, servindo como base para 8 enrolamentos de fio de cobre separados entre si. As extremidades do fio de cobre são ligadas a um galvanômetro (instrumento para medir tensão elétrica).

Quando realizou este experimento, Faraday observou que, ao empurrar um ímã no interior do cilindro, o ponteiro do galvanômetro moveu-se para um lado e, ao ser retirado do interior do cilindro, o ponteiro moveu-se para o lado oposto. Porém, quando o ímã estava em repouso no interior do cilindro ou em suas proximidades, nada era indicado no galvanômetro.

Após a montagem do experimento, faça testes parecidos com o de Faraday e elabore as suas conclusões. Anote no espaço reservado abaixo.

2.2 – Anel de ferro doce

Faraday realizou muitos experimentos que buscavam investigar como a eletricidade e o magnetismo estão relacionadas. Ele obteve alguns resultados negativos que parecem ter desmotivado o cientista durante alguns anos, fazendo-o dedicar-se apenas às suas pesquisas na área química.

Em seus diários, datados de 1831, Faraday retomou suas pesquisas em eletromagnetismo, descrevendo um experimento:

Foi feito um anel de ferro [ferro doce] circular, com 7/8 de polegada de espessura e 6 polegadas de diâmetro externo. Várias espiras de fio de cobre foram enroladas ao redor de uma metade do anel, as espiras sendo separadas por barbante e algodão – existiam três extensões de fio, cada um com aproximadamente 24 pés de comprimento e eles poderiam ser ligados como uma só extensão ou usados como pedaços separados, cada um isolado do outro. Chamarei este lado do anel de A. No outro lado, mas separado por um intervalo, foram enrolados fios em dois pedaços juntos, contabilizando aproximadamente 60 pés em comprimento, a direção sendo como das primeiras espiras; este lado chamarei B.



Figura 1: Anel de ferro

Ao realizar este experimento, Faraday ligou uma pilha eletroquímica rudimentar, mas que funcionava como uma fonte de tensão, numa das bobinas e na outra ligou um galvanômetro. Sempre que ligava ou desligava a tensão, o ponteiro do galvanômetro oscilava rapidamente, logo retornando à sua posição inicial. Isso significa que, por um pequeno instante de tempo, o aparato conseguia detectar corrente elétrica, mas logo ela “desaparecia”.

Com o material disponível, vamos reproduzir este aparato? Você e seus colegas farão este experimento com o material disponível na caixa. Registre tudo que você e seus colegas fizerem. Quando o aparato já estiver elaborado, você deve

ligar numa das bobinas uma fonte de tensão e na outra em um galvanômetro (instrumento usado para medir tensão). Mas tome cuidado! Você deve ligar e rapidamente desligar. Anote tudo que conseguir observar.

Retomando a física do dia a dia

No início deste Diário de Bordo, perguntamos sobre o que são aqueles objetos nas imagens, para que servem e como é seu funcionamento, lembra? Retorne ao início, veja as imagens e suas respostas. Depois destas aulas experimentais, você repetiria suas respostas? Quais as alterações que você faria?