



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI - URCA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 31

Mário Anderson Lima de Oliveira

**A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NA PERSPECTIVA DA EPISTEMOLOGIA DA
CIÊNCIA E UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL HISTÓRICA INVESTIGATIVA
COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE SALGUEIRO, PE**

Juazeiro do Norte-CE

2024



Mário Anderson Lima de Oliveira

**A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NA PERSPECTIVA DA EPISTEMOLOGIA DA
CIÊNCIA E UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL HISTÓRICA INVESTIGATIVA
COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE SALGUEIRO, PE**

Dissertação apresentada ao Polo 31 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Regional do Cariri (URCA) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Rejane da Silva Dantas

Juazeiro do Norte-CE

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha Catalográfica elaborada pelo autor através do sistema
de geração automática da Biblioteca Central da Universidade Regional do Cariri - URCA

Oliveira, Mário Anderson Lima De Oliveira Lima

O48i A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NA PERSPECTIVA DA EPISTEMOLOGIA DA
CIÊNCIA E UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL HISTÓRICA INVESTIGATIVA COM
ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DA

CIDADE DE SALGUEIRO, PE / Mário Anderson Lima De Oliveira Lima Oliveira. Juazeiro do
Norte - CE, 2024.

99p. il.

Dissertação. Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade
Regional do Cariri - URCA.

Orientador(a): Prof. Dr. Cláudio Rejane da Silva Dantas

1.História da Física, 2.Natureza da Ciência, 3.Ensino de Física; I.Título.

CDD: 621

Mário Anderson Lima de Oliveira

**A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NA PERSPECTIVA DA EPISTEMOLOGIA DA
CIÊNCIA E UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL HISTÓRICA INVESTIGATIVA
COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE SALGUEIRO, PE**

Dissertação apresentada ao Polo 31 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Regional do Cariri (URCA) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em _____ de _____ de (_____).

BANCA EXAMINADORA

Dr. Claudio Rejane da Silva Dantas
(Orientador - Universidade Regional do Cariri – URCA)

Dr. José Robson Maia
(Universidade Estadual do Ceará – UECE)

Dr. José Arcênio dos Santos Lourenço
(Universidade Regional do Cariri – URCA)

Dr. Francisco Eduardo de Sousa Filho
(Universidade Regional do Cariri – URCA)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela divindade espiritual de pensar.

Especialmente a minha mãe pela maneira intrínseca de ser resistente repassando essa característica onde posso “lutar” sem perder a humildade.

Ao meu orientador, professor Dr. Cláudio Rejane da Silva Dantas, pela paciência, compreensão e apoio, e pelas importantes dicas e ideias que nortearam e enriqueceram este trabalho.

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) - Polo 31, (URCA), por conceber momentos de grandes aprendizados durante o processo.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa em criar o MNPEF e assim proporcionar para mim a realização de um Mestrado para alavancar em conhecimentos.

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

EPÍGRAFE

[...] o teórico não tem absolutamente necessidade dos fatos individuais da experiência. Nem mesmo pode empreender qualquer coisa com as leis mais gerais, descobertas empiricamente. Deve antes confessar seu estado de impotência diante dos resultados elementares da pesquisa empírica até que se lhe manifestem princípios, utilizáveis como base de dedução lógica (EINSTEIN, 1981, p. 61).

RESUMO

Rotineiramente, professores utilizam a abordagem experimental para diversificar a aula, com uma maneira padronizada em apresentar, manipular e explicar o fenômeno envolvido, sem atentar-se ao processo científico implícito nessa ação em relação a natureza da ciência e seu desenvolvimento. Dessa forma, essa dissertação busca um método para romper esse padrão, utilizando a História da Ciência (HC) atrelada a experimentos históricos investigativos. Nesse contexto, para delinear essa temática, utilizou-se como referencial metodológico uma Abordagem Histórico-Investigativa (AHI) da Ciência e como referencial teórico a epistemologia de Allan Chalmers sobre aspectos da natureza da ciência. O produto educacional gerado neste trabalho foi a construção de uma sequência de ensino fundamentado na abordagem do uso de experimentos histórico investigativo para apoiar o estudo sobre o conceito da indução eletromagnética defendido de Michael Faraday, com aulas expositivas e experimentos moldadas pela HC. A aplicação e validação da sequência aconteceu na EREM Carlos Pena Filho, escola de rede pública do estado de Pernambuco, na cidade de Salgueiro. Utilizou-se o método qualitativo para coleta de dados, mediante os questionários aplicados na proposta de ensino em turmas do 3º ano do ensino médio. A análise qualitativa permitiu averiguar concepções empirista-indutivistas nos relatos dos estudantes e como a história da ciência é fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: História da Ciência. Natureza da Ciência. Ensino de Física.

ABSTRACT

Routinely, teachers use experiments to diversify the class, with a standardized way of presenting, manipulating, and explaining the phenomenon involved, without paying attention to the implicit scientific process in this action. Thus, this dissertation seeks a method to break this pattern, using the History of Science (HS) linked to experiments. In this context, to outline this theme, a Historical-Investigative Approach (HIA) of Science was used as the methodological reference, and Allan Chalmers' epistemology on aspects of the nature of science was used as the theoretical reference. The educational product arose from the application of a teaching proposal on Michael Faraday's electromagnetic induction, with lectures and experiments shaped by the HC. The application took place at EREM Carlos Pena Filho, a public school in the state of Pernambuco, in the city of Salgueiro. The qualitative method was used to collect data, through questionnaires applied in the teaching proposal to 3rd-year high school classes. Qualitative analysis allowed us to investigate empiricist-inductivist conceptions in students' reports and how the history of science is fundamental in the teaching-learning process.

Keywords: History of Science. Nature of Science. Physics Education."

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:Esse aparelho permite observar tanto a rotação de um fio em torno de um ímã (lado direito) como a rotação de um ímã em torno de um fio condutor (lado esquerdo).	36
Figura 2:Pinça formada pois dois ímãs: obtenção de corrente induzida pela ação de um ímã permanente.....	38
Figura 3:Foto do cilindro de papel e do ímã em barra, utilizados no famoso experimento de 17 de outubro de 1831.	40
Figura 4:O movimento relativo do ímã na espira indica uma corrente elétrica no amperímetro.	Erro! Indicador não definido.
Figura 5:Um amperímetro revela a existência de uma corrente no circuito da esquerda quando a chave S é fechada (fazendo circular uma corrente no circuito da direita) e quando a chave S é aberta (fazendo com que a corrente no circuito da direita seja interrompida). Mesmo que a posição relativa das espiras não mude durante o processo.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 6:O fluxo magnético através de um elemento de área dA é dado por $B \cdot dA = B dA \cos \theta$. Observe que o valor dA é perpendicular a superfície.....	43
Figura 7:Uma espira condutora que inclui uma área A na presença de um campo magnético uniforme B . O ângulo entre B e a normal à espira é θ	Erro! Indicador não definido.
Figura 8:Atividade em grupo – realização do experimento de Oersted.	60
Figura 9:Atividade em grupo – realização do experimento de Oersted.	61
Figura 10:Atividade em grupo – realização do experimento de Oersted.	61
Figura 11:Atividade em grupo – realização do experimento de Oersted.	62
Figura 12: Atividade em grupo – referente ao Encontro 2.	62
Figura 13:Atividade em grupo – referente ao Encontro 2.	63
Figura 14: Reprodução do vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday – referente ao Encontro 2.....	63
Figura 15: Estudantes respondendo questionário– referente ao Encontro 2.	64
Figura 16: Estudantes manipulando o experimento sobre indução eletromagnética– referente ao Encontro 2.....	65

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: Roteiro da intervenção em sala de aula.....49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO: ASPECTOS DA HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA.....	21
3 ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA.....	28
4. CAPÍTULO DE FÍSICA: O eletromagnetismo, história e conceitos.....	31
5 CAMINHOS METODOLÓGICOS	46
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE A – Questionário utilizado no final do primeiro encontro.....	69
APÊNDICE B – Questionário utilizado no final do segundo encontro	70
APÊNDICE C – Apresentação em powerpoint utilizada nos dois encontros	71
APÊNDICE D – Produto Educacional	72
ANEXO A – Vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday.....	73
ANEXO B – Texto sobre a bússola.....	74
1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1 Apresentação do produto educacional	5
1.2 A fundamentação	6
2. PROPOSTA DE ENSINO.....	7
3. ROTEIROS DE ELABORAÇÃO DE EXPERIMENTOS	12
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS	17
APÊNDICES	18
APÊNDICE A – Questionário utilizado no final do primeiro encontro.....	18
APÊNDICE B – Questionário utilizado no final do segundo encontro	19
APÊNDICE C – Apresentação em powerpoint utilizada nos dois encontros	20
ANEXOS	21
ANEXO A – Vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday.....	21
ANEXO B – Texto sobre a bússola.....	22

BREVE RELATO SOBRE MINHA TRAJETÓRIA PROFISSIONAL E ATUAÇÃO COMO PROFESSOR DE FÍSICA NO CONTEXTO DE REFORMULAÇÃO CURRICULAR

Minha trajetória como estudante sempre foi realizada em instituições públicas. Concluí o ensino médio em 2011 numa escola estadual do estado do Ceará localizada no município de Penaforte. Neste mesmo ano da conclusão, estava cheio de incertezas sobre o que viria após o ensino médio. Muitos dos meus colegas foram para o Recife estudar na Faculdade Maurício de Nassau, e a vontade de ir era imensa ao ver a maioria deles indo para lá. Entretanto, não pude ir devido à falta de condições financeiras.

Em 2013, utilizei a nota do ENEM para ingressar no curso de Licenciatura em Física no Instituto Federal do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, que fica a 30 quilômetros da minha cidade. Isso facilitou a realização da graduação, mesmo que próximo, ainda havia gastos com transporte que não eram fáceis de custear. Um ano após o início do curso, consegui uma bolsa chamada Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), que além de ajudar na minha trajetória como docente, visava aproximar os estudantes de licenciatura da sala de aula e ajudou financeiramente, possibilitando que eu custeasse o transporte de Penaforte-CE a Salgueiro-PE.

Sem dúvida, o PIBID contribuiu significativamente para minha permanência no curso, pois, mesmo sendo gratuito e numa cidade próxima, as condições financeiras eram limitadas. Permaneci quatro anos no PIBID e posteriormente recebi o auxílio transporte, uma política de assistência estudantil do IF Sertão-PE, que tem como objetivo contribuir para a permanência e o êxito dos discentes, priorizando aqueles oriundos de escola pública, famílias em situação de vulnerabilidade socioeconômica e pessoas com necessidades educacionais específicas (Instituto Federal do Sertão Pernambucano, s.d.).

Logo, essa bolsa e auxílio foram essenciais para minha permanência no curso de licenciatura em física, proporcionando experiências e reduzindo os gastos.

No ano de 2014.1, ingressei no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência – PIBID, onde permaneci por quatro anos, adquirindo experiência e inovando dentro do projeto, buscando melhorar e demonstrar os objetivos nas escolas parceiras. O programa consistia em proporcionar oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes inovadoras e interdisciplinares. Paralelamente, tinha o intuito de promover o vínculo do aluno bolsista com a realidade da sala de aula, proporcionando um contato direto com o ambiente escolar.

Durante esses quatro anos no programa, tive a oportunidade de vivenciar a realidade de três escolas parceiras, incluindo a escola onde atualmente leciono, o que proporcionou uma experiência significativa na interação com o mundo acadêmico e na participação em projetos e eventos como a Jornada de Iniciação à Docência (JID), onde nós bolsistas apresentávamos trabalhos/projetos relacionados às atividades realizadas no programa.

O programa me proporcionou uma vivência intensa na sala de aula, permitindo-me desenvolver trabalhos com os alunos e com a escola em si, incluindo projetos e feiras de ciências. Isso enriqueceu tanto meu lado metodológico e estratégico quanto pessoal, tornando-me um profissional mais dedicado e consciente do papel de professor e cidadão na sociedade.

Em 2019, concluí a graduação e consegui um contrato em uma escola estadual em Salgueiro, Pernambuco. Na maioria das vezes, busco inovar em minhas aulas, utilizando experimentos para que os estudantes possam interagir e correlacionar o conteúdo proposto. Com o objetivo de buscar novas metodologias para o ensino de física, busquei formação continuada na região e uma oportunidade para dar continuidade foi o Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF, que ampliou meu conhecimento e abriu novas práticas para o ensino de física. Isso teve um impacto direto no processo de ensino-aprendizagem na educação básica, beneficiando a escola onde atualmente trabalho.

As dificuldades no processo de realização do mestrado foram mais devido a ocasiões externas. A minha turma iniciou o mestrado em março de 2020, quando, nos dias de aula, eu me deslocava de ônibus entre Penaforte-CE e Juazeiro-CE, chegando minimamente atrasado. Entretanto, em poucos dias, o Ministério da Saúde declarou a pandemia do COVID-19. Dessa forma, grande parte do período de realização do mestrado ocorreu com aulas remotas, realizadas em casa. No entanto, especialmente na minha concepção, a vivência da realização presencial e o contato físico com o ambiente universitário favoreciam uma dimensão diferenciada no processo comportamental das aulas. Ressalto que a transição do ensino presencial para o remoto nos obrigou a rever nossas práticas pedagógicas neste novo contexto virtual. Além disso, outra dificuldade enfrentada foi a carga horária integral na escola onde leciono, que demandava muito tempo para a realização das atividades.

A realização do Mestrado Profissional no Ensino de Física (MNPEF) foi fundamental na minha formação acadêmica e profissional, proporcionando uma maior abrangência com novas metodologias de ensino. Posso experimentá-las em minhas aulas da educação básica, favorecendo a introdução de novas práticas na rede de ensino da qual faço parte (Como por exemplo, a GRE Salgueiro: Gerência Regional de Educação (GRE) Sertão Central (polo), e mais 7 cidades circunvizinhas que compõem essa GRE, tem realizado há

alguns anos o evento CIÊNCIA JOVEM DO SERTÃO CENTRAL. Participei em algumas edições anteriores submetendo trabalhos como professor orientador de estudantes da escola onde leciono, obtendo premiações para a escola. Na IV edição, que aconteceu no ano de 2023, submeti um trabalho apenas na categoria Professor, relacionado com o tema da minha dissertação, submetido com o título: UTILIZANDO A HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO RECURSO METODOLÓGICO PARA O ENSINO DE FÍSICA.) Neste trabalho, apresentado no auditório da GRE Salgueiro, relatei a experiência da intervenção que apliquei, também obtendo premiação. Adicionalmente, a realização do mestrado propiciou uma visão inovadora em algumas práticas de ensino já utilizadas em sala de aula, permitindo um olhar mais atento no ensino de física, além do conteúdo curricular proposto.

Esse avanço foi gratificante para mim, pois a cada momento que planejo minhas aulas, sinto a necessidade de inovar, melhorando sequências didáticas em sala de aula e favorecendo uma nova perspectiva no ensino-aprendizagem.

Em meados de 2015, o Ministério da Educação publicava a primeira versão da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), iniciando as reformulações para o currículo. No ano de 2021, após a aprovação desta base "norteadora", iniciavam-se várias reuniões na escola em que leciono (escola pública estadual de Salgueiro, PE) para debatermos essa nova implementação do novo ensino médio que estava para ser implementada já no ano seguinte, em 2022. Estávamos presenciando mais de perto essas reformulações que foram realizadas; entretanto, ainda sem saber de fato como procedíamos e agíamos com esse currículo da (BNCC) para o novo Ensino médio. Os documentos eram disponibilizados para nós, mas era tudo muito novo para todos: gestão, coordenadores pedagógicos e professores. Isso causava, de certa forma, uma indecisão, um documento que não estava norteando nossas ações propriamente ditas.

Leciono a disciplina de Física na EREM Carlos Pena Filho na cidade de Salgueiro, PE, desde meados de 2019, e poucos anos depois, em 2021, ainda com pouca experiência na docência, já era possível vivenciar esse clima dessa nova reformulação, onde nós mesmos professores estávamos dispersos e preocupados, refletindo como iríamos proceder com aquele momento de mudanças, relacionado com o que já éramos habituados a trabalhar na sala de aula. Cada professor perguntava entre si: como faremos de fato? Várias editoras foram à escola e nos apresentaram com suas coleções de livros para essa nova etapa do Novo Ensino Médio. Isso tudo foi muito rápido, essas mudanças, provocando algumas incertezas. Percebi uma corrida de editoras para a venda de seus livros. Os livros, de fato, são diferentes em relação ao que habitualmente utilizávamos; são livros onde estão inseridas em apenas um livro as disciplinas de Biologia, Física e Química. Livros de números de páginas muito reduzidos, já que integram

os três ramos das Ciências da natureza (já percebi que algo estava errado, tinha outros interesses para além da mudança curricular, interesses de mercado, fiquei na espreita porque ainda defendo que “a escola não é uma empresa”). Apenas um volume dos livros que utilizávamos para auxiliar nas aulas era maior do que os livros integrados que recebemos. Aquelas mudanças acarretavam uma ruptura para os professores que tinham em sua formação a licenciatura, em especial no meu caso, que prefiro um livro detalhista da parte conceitual dos conteúdos (interferia em nossa formação especializada). Livros que abordavam, em boxes de apoio, mesmo que de forma resumida, mas tentando mostrar os conceitos científicos, históricos, dentre outros aspectos. E esses novos livros que chegaram são livros muito sucintos para uma disciplina extensa como a de Física, por exemplo, ainda mais integrando as três disciplinas de ciências da natureza.

Entretanto, consigo destacar algum ponto positivo nos livros; identifiquei que os livros são interessantes para auxiliar em algum projeto científico. Ou seja, fornecem um suporte para algum projeto, pois em seus capítulos contêm algumas ideias e roteiros para realização de projetos em feiras de ciências ou até mesmo nas aulas de física experimental. Nós professores indagávamos a maneira rápida e sem direção em mudar nossa prática pedagógica para tentar seguir esta nova reformulação da Base Nacional Comum Curricular.

Aparentemente, nos livros didáticos que norteavam o planejamento das aulas de Física antes da "chegada" do Novo Ensino Médio, os boxes de apoio ou no final do capítulo tentavam apresentar, mesmo que de forma sucinta, uma ideia em abordar a História da Ciência (HC) na sala de aula. Sobre este ramo da HC, nos documentos que norteiam a educação básica como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCN); Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e (especificamente a Base Nacional Comum Curricular), temos que:

[...] a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. (BRASIL, 2018, p. 550).

Notoriamente, o trecho acima, retirado do documento da BNCC de 2018, traz uma ideia conceitual do processo da história da ciência na educação básica, sem estar vedado totalmente na ideia frequente de apenas apresentar a HC referindo-se a marcos e nomes de cientistas geralmente homens, por episódios históricos desconectado de um contexto histórico,

econômico e cultural como comumente é pensado. Entretanto, dicotomicamente, esse trecho não condiz com o livro didático ofertado perante o novo ensino médio nas escolas de educação básica, sendo este um dos principais; sendo a base inicial para delinear e nortear caminhos para o professor. Cabendo ressaltar a importância da História da Ciência, ultimamente tratada como norteador no processo científico, deveria fidedignamente estar presente nos livros didáticos, corroborando assim com o que é apresentado sobre ela no documento da Base Nacional Comum Curricular.

1 INTRODUÇÃO

Um dos momentos mais desafiadores no ato de lecionar não é o próprio momento em sala de aula, e sim o ato de planejar. Durante esse processo, há uma situação de titubear, ou seja, um momento de incertezas. O ato de planejar é um ato de reflexão e meditação. Nesse momento, surgem reflexões sobre como abordar o determinado conteúdo para a turma e qual será o combustível propulsor para impelir os estudantes no conteúdo. Esses são alguns dos vários questionamentos que mais causam desordem no ato de planejamento.

Assim, a abordagem inicial da aula leva à meditação sobre qual metodologia utilizar para esse fim. Pensou-se em utilizar a história da ciência atrelada a experimentos investigativos como método para essa questão, a fim de trazer a ciência mais próxima da realidade do aluno, tentando dar entusiasmo a eles, sendo o experimento um dos recursos mais abrangentes e mais utilizados por professores para problematizar uma aula. A história da ciência, ao abordar o conteúdo em questão, adentra para despertar o interesse do estudante, pois mostra o processo científico vivenciado por cientistas, aproximando muitas vezes da realidade cotidiana do aluno. Neste sentido, Vieira (2019, p. 40) comenta que

O conhecimento dos erros cometidos e as dificuldades sofridas por grandes cientistas são importantíssimos para melhorar a concepção de si mesmos dos alunos, para terem autoestima com relação aos estudos, e compreender quando não for tão bom em determinado assunto. Einstein dizia: ‘eu tenho a sensação de estar tateando quando estou pensando em inovação na Física. Em Matemática, eu não consigo concluir, mas em Física eu sei como alcançar. Eu não penso em palavras, eu penso em imagens.’ [Martins, 2006].

No estudo de Pinto e Silva (2017, p. 177), os autores relatam:

A História da Ciência (HC) no ensino, bem como a experimentação, têm sido consideradas abordagens que podem promover tanto o estímulo quanto a aprendizagem no Ensino de Ciências. Partindo de pressupostos diferentes, as duas abordagens têm o mesmo objetivo: tornar a aula de ciências um ambiente que promova a aprendizagem de ciências de forma não mecânica, fomentando a argumentação e a participação dos alunos.

Sobre a experimentação e história da ciência, Silva (2019, p. 53), expõe:

Pesquisas envolvendo a história da ciência e o ensino de ciências incluem o uso de experimentos como parte da aprendizagem por investigação (ou problematização). De forma complementar à discussão sobre natureza da ciência, experimentos baseados em estudos de caso históricos permitiriam também o desenvolvimento de competências procedimentais e habilidades argumentativas. Isto porque considera-se que experimentos e instrumentos históricos representam contextos que vão além da ciência, e trazem de forma explícita ou implícita, representações sociais, culturais e materiais de um determinado período. Ainda, procedimentos experimentais correspondem a mudanças na própria forma de se pensar a ciência e foram se alterando ao longo da história da ciência (SHAPIN, 1982; JARDIM; GUERRA, 2017).

E, para esse determinado propósito de utilizar a História da Ciência juntamente com a experimentação, recorre-se, é claro, à consulta de vários livros didáticos, analisando o que o boxe de apoio de cada livro contém sobre a história da ciência para ser incrementada nas aulas, relacionando-a ao aparato experimental.

Os livros didáticos são importantes ferramentas no processo educacional, sendo, por vezes, considerados o principal eixo para a condução desse processo, influenciando tanto os enfoques adotados pelos professores quanto as estratégias de aprendizagem dos alunos.¹ (FERNANDES e PORTO, 2012, p. 420).

Porém, na consulta do livro didático referente à HC como o livro: “Física em contextos” do autor Maurício Pietrocola et al e nos livros adquiridos do novo ensino médio de ciências da natureza – Lopes e Rosso, da editora Moderna, adotado pela escola, mostra-se extremamente resumida e com uma visão individualista da ciência, como é dito em Fernandes e Porto (2012, p. 420):

Em muitos livros didáticos, a descoberta é mostrada como um evento instantâneo e atribuída a um único cientista. De acordo com a contemporânea filosofia da ciência, porém, uma descoberta é mais bem caracterizada como um processo que pode se prolongar no tempo e que se desenvolve no âmbito de uma comunidade científica.

Entretanto, o propósito deste trabalho de dissertação de mestrado é ir além do que os livros didáticos oferecem sobre História da ciência. Presume-se mostrar o processo histórico envolvido no evento científico e não apenas levar um experimento demonstrativo a fim de pensar fantasiosamente que esta atitude irá dinamizar a aula. Pois entende-se que é um ótimo recurso para uma diversificação de momentos das aulas; contudo, é fundamental saber explorar o que está além da mera demonstração, ou seja, levando em consideração como utilizar esse recurso para abordar o tema em questão. Como é sempre notório, os professores levam um experimento para a sala de aula com o intuito de tornar a aula diferenciada, tentando propor uma abordagem diversificada delas.

Mas, na maioria das vezes, é explorado e contemplado apenas a visualização dos fenômenos e busca por dados quantitativos da prática experimental, estimulando o estudante a tratar a atividade experimental na busca por um determinado resultado e assim ser um agente passivo diante do momento, restringindo sua criticidade no desenvolvimento do caráter científico. É a partir dessa questão que a epistemologia da ciência é fundamental no processo de formação dos professores para tentar minimizar o caráter positivista da ciência e implementar sutilmente nas aulas a produção do conhecimento científico, pensando no ser humano e todo seu processo histórico.

Nesse sentido, utiliza-se a epistemologia da Natureza da Ciência de Alan Chalmers como aporte teórico para embasamento do processo deste trabalho de mestrado. Na comunidade acadêmica, é perceptível por parte dos professores uma visão indutivista da ciência, termo bastante utilizado por Chalmers em suas obras sobre a natureza da ciência, onde esse termo trata que a ciência é objetiva, e o conhecimento científico é confiável, pois é conhecimento provado objetivamente. Este epistemólogo vai além nesse termo; Chalmers (1993) destaca o indutivista ingênuo, aquele em que a produção do conhecimento científico é derivada a partir das proposições de observação. As induções satisfazem ou não as condições prescritas. Não é uma questão subjetiva de opinião.

Acontece que, no ato de abordar o experimento, fato baseado em experiências na docência da educação básica, os professores, de forma automática, como se estivessem seguindo um roteiro pré-definido, apresentam o experimento, manipulam o aparato e, por fim, demonstram o fenômeno envolvido. Pronto, finalizada a abordagem experimental. Esta ação conduz o aluno a pensar acriticamente que a ciência é algo pronto, acabado, uma verdade inquestionável, servindo como pretexto para que a ciência seja elitista ao ponto de não levar em consideração toda a linha do tempo do processo científico. Já que em poucos minutos é exposto e demonstrado o que aquele aparato experimental faz, fazendo com que seja apenas um ato de

motivação momentânea (instantânea), que dura até o momento da demonstração do efeito no aparato experimental.

Muito ligada a essa visão rígida, podemos mencionar a visão aproblemática e ahistórica (portanto, dogmática e fechada): transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem. (PÉREZ et al, 2001, p. 131).

Disto, orienta os motivos da escolha desta problemática tratada nesta dissertação, na qual é citada: como é possível, por meio de uma abordagem histórico-investigativa associada a experimentos, tornar o ensino de conceitos de Física, como a indução eletromagnética, mais interessante e compreensível para os alunos, aproximando-os do processo científico de forma crítica e reflexiva? Usando como estratégia para tal finalidade uma Abordagem Histórico-Investigativa (AHI) (PEDUZZI; MARTINS; FERREIRA, 2012; BATISTA e SILVA, 2018; KAKIJIMA, 2023, p. 24). A História da ciência entra nesta questão para delinear a utilização deste recurso, pois sabe-se que, no trabalho científico, há uma construção árdua, onde cientistas/pesquisadores trabalham com observações, experimentações, erros, refutações etc., contribuindo para desmistificar essa ideia ingênua de que a ciência se dá de forma instantânea e por pessoas brilhantes.

O objetivo geral desta pesquisa de mestrado é utilizar a abordagem histórico-investigativa para auxiliar na construção de conceitos na disciplina de Física, focando na indução eletromagnética a partir de alguns aparatos experimentais. Essa abordagem visa destacar a evolução histórica da indução eletromagnética, especialmente as contribuições de Michael Faraday, para contextualizar e enriquecer a aprendizagem dos alunos.

Esse objetivo se desdobra em alguns objetivos específicos, que delineiam o processo de construção dos conceitos sobre a indução eletromagnética, onde o LED só acendia quando ocorria uma variação do campo magnético, relacionada à indução de uma corrente elétrica. Os objetivos específicos são:

- Utilizar vários recursos (slides contendo algumas imagens de materiais originais e réplicas utilizadas por Oersted, texto impresso), a fim de denotar a vida do cientista com a incumbência de aproximar o processo científico para a realidade do estudante;

- Realizar o experimento de Oersted ¹para servir como um conector para a construção dos conceitos sobre a relação entre eletricidade e magnetismo;
- Realizar o experimento sobre Indução eletromagnética para os alunos fazerem uso dos conectores propostos com eventual fala do professor para auxiliar na construção desses conceitos.
- Elaborar e validar um produto educacional que consiste em uma sequência de ensino para apoiar o estudo da indução eletromagnética por meio de uma abordagem histórica investigativa.

O produto educacional proposto nesta dissertação de mestrado é uma sequência de ensino atrelada a experimentos que se iniciou a partir do processo de ensino-aprendizagem de minha trajetória acadêmica e profissional. Foram atentados dois pontos: como abordar um conteúdo em sala? No caso desta sequência de ensino, foi a indução eletromagnética. Outro ponto foi a maneira padronizada de professores na utilização de uma atividade experimental. Sendo assim, para essas duas problemáticas ressaltadas, foi utilizada uma abordagem histórico-investigativa com a utilização de experimentos para introduzir a abordagem inicial de uma aula e desconstruir o padrão utilizado na prática experimental. Desse modo, foi abordado na sequência de ensino deste produto educacional uma linha do tempo da evolução científica, partindo desde a descoberta de Oersted até a descoberta de Faraday

Esta dissertação está dividida em sete capítulos: No Capítulo 1, são apresentadas a problemática da temática tratada nesta dissertação e a justificativa de como foram delineados os objetivos.

O Capítulo 2 aborda a fundamentação teórica que subsidiou este trabalho de dissertação, evidenciando as ideias da epistemologia da ciência, especialmente as de Alan Chalmers, com a intenção de destacar o processo evolucionista da ciência sem tratá-la como extremamente imutável.

O Capítulo 3 expõe a Abordagem Histórico-investigativa como referencial metodológico proposto para traçar o processo acerca da sequência de ensino da dissertação.

No Capítulo 4, é apresentada brevemente a vida de Oersted, ressaltando alguns marcos de suas pesquisas que serviram como âncora para a apresentação da sequência de ensino. Além disso, é exposta uma linha do tempo acerca da evolução científica de Michael

¹Em 1813, Hans Christian Oersted (1777-1851), um filósofo natural dinamarquês, professor na Universidade de Copenhagen, previu uma relação entre eletricidade e magnetismo. Oersted tirou suas conclusões a partir de concepções filosóficas que possuía, de que existia na Natureza uma força única, responsável por todos os fenômenos físicos, que agia como forças contrárias (WILLIAMS, 2008).

Faraday, com o intuito de demonstrar a realidade muitas vezes despercebida da pesquisa científica e do cientista, tratadas muitas vezes como um processo linear e simplista. Isso introduz o conceito da indução eletromagnética de Faraday, sendo este o principal objetivo do processo da sequência de ensino.

No Capítulo 5, são descritas onde ocorreram as intervenções, quais turmas participaram das aplicações e os procedimentos metodológicos utilizados para coleta e análise de dados. É apresentada também uma tabela com as etapas da sequência de ensino e detalhamos cada uma dessas etapas.

No Capítulo 6, são apresentados os resultados obtidos a partir dos questionários aplicados e é feita a discussão destes confrontando com o referencial teórico utilizado, além de serem registradas algumas observações da intervenção em sala de aula.

No Capítulo 7, são apresentadas as considerações finais, que incluem as avaliações acerca do pensamento empirista e indutivista da ciência, verificadas nas respostas dos estudantes junto aos questionários, onde perpetuam no processo científico e as pretensões futuras baseadas na linha de pesquisa estudada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO: ASPECTOS DA HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

Nas aulas de Física, a utilização da experimentação por parte dos professores é comum na tentativa de diversificar/dinamizar a aula, trazer para os estudantes algo dinâmico, utilizando como método apresentar o aparato experimental (nome do experimento e funcionalidade), demonstrar o efeito e explicar o fenômeno, algo já padronizado, encaminhando o aluno para ver a ciência como intimamente ligada a experimento – tratando-os como sinônimo. Baseado em experiências como professor de física no ensino médio a física escolar apresenta uma visão fortemente empirista indutivista, ou seja, o conhecimento científico, as teorias são comprovadas por meio exclusivamente da experimentação (a experimentação sendo a fonte da produção do conhecimento). Sendo assim, os alunos apenas ficam ali sentados em suas carteiras observando o efeito experimental.

De acordo com Amaral e Silva (2000) ainda são muitos os docentes que lecionam, imaginando ser possível comprovar a teoria no laboratório. Uma visão de ciência externa, neutra, quantitativa, empírica que gera no ensino e na aprendizagem uma visão de sujeito isento/neutro, que reproduz de forma passiva o que lhe é apresentado. Na medida em que o professor encara a ciência com a visão ‘do verdadeiro, do definitivo, do certo’, o aluno, consequentemente, vai reproduzir tal visão, apresentando e interiorizando a falsa ideia de que há uma única resposta plausível para qualquer questão que lhe for proposta.

Relatos como estes são vistos no livro “O Que é Ciência Afinal?”, no qual, segundo Chalmers (1993), relata que a sociedade, de forma geral, enxerga que o conhecimento científico é conhecimento provado e absoluto. As teorias científicas, segundo este autor, são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. Ele afirma que nesta concepção a ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Ele diz que, por exemplo, opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não tem vez no processo de fabricação da ciência. Nesta visão empirista/indutivista a ciência é objetiva e confiável.

É notório e “experimentado” o que foi citado acima, pois, a partir das falas e atitudes dos estudantes (baseado em nossas experiências como professor de física), tanto em sala de aula como em algum momento do ambiente escolar, não necessariamente apenas no “interior de uma sala de aula”, mas verificando suas atitudes e até mesmo de professores, é perceptível, de um modo geral, que a ciência é considerada uma verdade absoluta e infalível. E essa “crença” comumente vista nos leva até a pensar, por ser tão externalizada a ponto de internalizarmos,

que este tratamento com o método científico é contemporâneo no sentido de ser atual, ou seja, foi construído recentemente, mas isso já é algo em transposição, somente trocando as posições dos elementos na linha do tempo. Este pensamento da Ciência como intocável é espontaneamente refletido até mesmo por professores (incluindo o autor deste trabalho até por limitações em relação a esta discussão mais crítica sobre a natureza da ciência na formação inicial). Isso mostra que é necessário mudanças com relação a essa concepção.

Gil et al (1991) e Carvalho e Gil (1998), ao discutirem as necessidades formativas dos professores de Ciências, destacam, entre outros aspectos, que é preciso promover a ruptura com visões simplistas sobre o ensino de Ciências e questionar as ideais docentes de "senso comum". O "pensamento docente espontâneo" inclui uma visão ingênua do que é a ciência e o trabalho científico, alinhando-se à concepção empirista-indutivista. **Esta só poderá ser superada a partir de um bom domínio da matéria a ser ensinada por parte do professor, o que envolve o conhecimento de HFC e suas implicações para o ensino de ciências** (Abd-el-Khalick et al, 1998; Furió, 1994; Gil, 1993; Gil et al, 1991; Carvalho e Gil, 1998; Níaz, 1994). (SILVEIRA e OSTERMANN, 2002, p. 9, **grifos nossos**).

Conforme Chalmers (1993), afirmações semelhantes às anteriores resumem o que nos tempos modernos é uma concepção popular de conhecimento científico. Essa primeira visão tornou-se popular durante e como consequência da Revolução Científica que ocorreu principalmente durante o século XVII, levada a cabo por grandes cientistas pioneiros como Galileu e Newton (reforçando ainda uma visão de que quem produz ciência são gênios, homens espetaculares, desconsiderando o contexto da época e o entendimento de que a ciência é uma produção humana, desta forma sendo construídas por muitas pessoas). O filósofo Francis Bacon e muitos de seus contemporâneos sintetizaram a atitude científica da época ao insistirem que, se quisermos compreender a natureza, devemos consultar a natureza e não os escritos de Aristóteles. As forças progressivas do século XVII chegaram a ver como um erro a preocupação dos filósofos naturais medievais com as obras dos antigos, especialmente de Aristóteles, e também com a Bíblia, como as fontes do conhecimento científico. Estimulados pelos sucessos dos “grandes experimentadores”, como Galileu, eles começaram cada vez mais a ver a experiência como fonte de conhecimento.

Chalmers (1993, p. 19) chama a atenção de que isso tem apenas se intensificado desde então pelas realizações espetaculares da ciência experimental. “A ciência é uma estrutura construída sobre fatos”, escreve J. J. Davies em seu livro *On the Scientific Method* (Sobre o Método Científico). E eis aqui uma avaliação moderna da realização de Galileu, escrita por H. D. Anthony:

Não foram tanto as observações e experimentos de Galileu que causaram a ruptura com a tradição, mas sua atitude em relação a eles. Para ele, os dados eram tratados como dados e não relacionados a alguma ideia preconcebida... Os dados da observação poderiam ou não se adequar a um esquema conhecido do universo, mas a coisa mais importante, na opinião de Galileu, era aceitar os dados e construir a teoria para adequar-se a eles. (CHALMERS, 1993, p. 19).

Continuando com Chalmers (1993, p. 19)

De acordo com o indutivista ingênuo, a ciência começa com a observação. O observador científico deve ter órgãos sensitivos normais e inalterados e deve registrar fielmente o que puder ver, ouvir etc. em relação ao que está observando, e deve fazê-lo sem preconceitos. Afirmações a respeito do estado do mundo, ou de alguma parte dele, podem ser justificadas ou estabelecidas como verdadeiras de maneira direta pelo uso dos sentidos do observador não preconceituoso. As afirmações a que se chega (vou chamá-las de proposições de observação) formam então a base a partir da qual as leis e teorias que constituem o conhecimento científico devem ser derivadas. Eis aqui alguns exemplos de proposições de observações não muito estimulantes: À meia-noite de 1º de janeiro de 1975, Marte apareceu em tal e tal posição no céu. Essa vara, parcialmente imersa na água, parece dobrada. O Sr. Smith bateu em sua esposa. O papel de tornassol ficou vermelho ao ser imerso no líquido. (CHALMERS, 1993, p. 19).

Chalmers (1993) chama as afirmações acima de afirmações singulares. Para ele elas referem-se a um acontecimento específico ou a um estado de coisas num lugar específico, num tempo específico. Chalmers (1993) diz que a primeira afirmação está relacionada a uma aparição particular do planeta Marte em uma posição específica no céu num tempo determinado e a segunda proposição singular uma observação particular de uma vara específica, e assim por diante. Para o autor essas observações surgem a partir da observação do sujeito fazendo uso de seus sentidos em um lugar e tempo particular.

Para Chalmers (1993) são muitos os exemplos a ser dado na área da Física e outras áreas, por exemplo, cita alguns: os planetas possui movimento em elipse em torno do Sol; Quando um raio de luz passa de um meio para outro, muda de direção de tal forma que o seno do ângulo de incidência dividido pelo seno do ângulo de refração é uma característica constante do par em média; no campo da psicologia defende-se a afirmação de que os animais possuem uma necessidade inerente de algum tipo de liberdade agressiva; no campo da química afirmações de que os ácidos fazem o tornassol ficar vermelho.

Neste sentido, Chalmers (1993) afirma que são efetivamente as afirmações gerais que dizem propriedades ou comportamentos de certo aspecto do universo enquanto as afirmações singulares estão relacionadas aos eventos de um tipo particular situados em qualquer lugar e em todos os tempos. Por exemplo, todos os planetas, onde quer que estejam, sempre se movem em trajetórias elípticas em torno do Sol; a refração acontece obedecendo as leis da refração. Para Chalmers (1993) as leis e teorias que subjazem o conhecimento científico realizam afirmações gerais e são chamadas de afirmações universais.

Chalmers (1993) faz uma provocação refletindo: se a ciência é baseada na experiência porque é possível extrair das afirmações singulares, que são oriundas exclusivamente da observação, as afirmações universais que fundamentam o conhecimento científico? Ele continua perguntando porque as afirmações gerais podem ser justificadas na base de evidências limitadas contendo um número limitado de proposições de observações?

A resposta indutivista, segundo Chalmers (1993), é de que desde que certas condições sejam satisfeitas é possível realizar uma generalização a partir de uma lista finita de proposições de observações singulares para confirmar uma lei universal, mas é preciso seguir algumas condições, vejamos: (i) haver um grande número de proposições de observações para garantir uma generalização; (ii) as observações possam ser reproduzidas (ou repetidas) sob uma ampla variedade de condições; (iii) nenhuma proposição de observação deve ser contrária com a lei universal derivada. Para Chalmers (1993) O conhecimento científico é produzido pela indução a partir da base segura que é a observação (experimentação). Assim, segundo ele, ao passo que aumenta o número de dados fornecidos pela observação e experimento as leis e teorias mais gerais são elaboradas. Ele diz que o crescimento da ciência é contínuo, para frente e para o alto estando relacionado com a quantidade de observações que são realizadas e confirmadas.

Amaral e Silva (2000) apontam que a visão indutivista de ciência como um dos grandes obstáculos ao ensino e a aprendizagem. Esses autores ressaltam que a interpretação dos resultados experimentais sob a concepção indutivista é algo trivial, que ocorre como consequência imediata da realização dos experimentos.

Isso tudo remete, em nossa compreensão, às práticas experimentais dos professores, que não compreendem o papel da experimentação por meio de uma perspectiva mais investigativa e baseado em aspectos históricos e epistemológicos. Isso não por incompetência, mas sim algo automático que ficou enraizado a partir de uma precária formação inicial e continuada, não diretamente ligada a si, mas pela estruturação dos currículos que "novamente" acabam, de certa forma, reproduzindo o caráter tecnicista das aulas, com práticas experimentais que não têm nenhuma reflexão.

Pereira (2010) afirma que o ensino experimental precisa envolver mais reflexão crítica acerca da natureza da ciência do que somente uma atividade prática. Para ele nenhuma atividade experimental assegura, por si só, a obtenção dos efeitos esperados no processo de ensino-

aprendizagem principalmente quando está relacionada a maneira pouco reflexiva com que os professores elaboram seus planos de aula ao trabalharem com a física experimental.

Assim, as atividades experimentais são abordadas, em geral na escola, sem nenhuma reflexão acerca da natureza da ciência, apenas sendo explicado o efeito da prática (focando o conteúdo e os resultados), sem nenhuma contextualização epistemológica e histórica, gerando uma observação momentânea do que está sendo "experimentado" - algo diferente do processo científico, da revolução científica. Levando-os à ideia de que a ciência é fabricada dentro de um laboratório, um homem branco fazendo observações, analisando dados sobre a prática experimental, caracterizando a ciência como, na maioria das vezes, interligada apenas às disciplinas de ciência da natureza, pois são somente essas que fazem observações experimentais. Uma ideia tradicional da ciência, uma ideia bem empirista que eles têm em suas personalidades, que está enraizada na cultura escolar.

Uma inscrição na fachada do Social Science Research Building na Universidade de Chicago diz: "Se você não pode mensurar, seu conhecimento é escasso e insatisfatório". Sem dúvida, muitos de seus habitantes, aprisionados em modernos laboratórios, esquadrinham o mundo através das barras de aço de seus algarismos, não conseguindo perceber que o método que se empenham em seguir não é apenas estéril e infrutífero, mas também não é o método ao qual deve ser atribuído o sucesso da física. (CHALMERS, 1993, p. 13).

E esse método citado acima, onde o professor segue essa receita de demonstrar o fenômeno envolvido, leva a um contentamento por parte dos alunos de que a ciência se faz apenas do laboratório fechado, de forma mecanizada, sem buscar a historicidade que tem por trás daquela "mera" apresentação do efeito (é neste sentido que este trabalho de dissertação tem a pretensão de fazer esta reflexão crítica com os estudantes, um pensar diferente sobre a prática experimental, provocar uma posição consciente e reflexiva sobre como a ciência é fabrica influenciada por aspectos históricos, sociais, econômicos de uma certa época). Na qual, eles veem como atividade científica apenas a parte operatória em manipular o instrumento experimental. "Frequentemente, os conceitos e métodos empregados para o bem da ciência têm suas origens no mundo social fora da atividade científica numa concepção mais restrita." (CHALMERS, 1994, p. 117). Ou seja, o fenômeno envolvido seria mais justificado para os estudantes se fosse abordado como surgiu o determinado conteúdo fenômeno a ser demonstrado ali na prática experimental. "A maneira como uma teoria vem a ser proposta é um tipo de questão, que exige uma resposta." CHALMERS (1994, p. 119).

Os estudantes já têm arraigado essa questão de que a ciência é realizada apenas por meio de práticas experimentais para uma comprovação exata, sem mais nenhuma refutação. E

claro, é este um dos sentidos que faz essencial implementar a natureza da ciência nas escolas. Pois, por exemplo, em determinadas aulas em que ocorra uma prática experimental, os alunos já se desmotivam ao perceberem que o experimento foge um pouco de sua intencionalidade, ou ao primeiro indício de não estarem conseguindo realizar determinada operação na referida prática experimental. Isso leva a um pensamento implicitamente ingênuo dos estudantes, a uma estratégia sempre positivista na qual a prática experimental que estão realizando, ao passo que foge de alguma maneira do seu objetivo, já não pode ser considerada verdadeira. Isso corrobora a crença que é criada na mente dos estudantes "desde cedo" de que a ciência não falha, seu método é extremamente único.

Até que ponto é amplo e profundo o sentimento de que uma defesa da ciência deve seguir a estratégia positivista evidencia-se a partir da reação típica dos filósofos e sociólogos da ciência que negaram a existência de algo como uma explicação universal e a-histórica do método e padrões científicos capazes de orientar o trabalho dos cientistas ou de avaliar o mérito da ciência que estes produzem. Essa reação parece motivada pelo pressuposto de que o abandono da noção de um método ou conjunto de padrões universais necessariamente encerra um ceticismo radical em relação à ciência, segundo o qual nenhuma teoria científica pode ser considerada melhor do que qualquer outra; (CHALMERS, 1993, p. 16).

A partir dessas reflexões, é importante o ensino de física que provoque nos estudantes a reflexão de que a ciência, com o seu método científico, não é única e imutável. À medida que não queremos criticar negativamente o método científico, mas sim a maneira como é enxergado. Pois para Chalmers (1993) o método científico é essencial no processo de fazer ciência. Para este epistemólogo da ciência a natureza do conhecimento científico, a maneira como ela deve ser justificada com recurso à razão e à observação, muda historicamente. O autor diz que para a compreensão da ciência e sua identificação precisamos analisar os instrumentos intelectuais e práticos que um cientista tinha à mão em determinado contexto histórico que viveu. O autor afirma que procurar classificar o método científico pela análise da natureza humana é examinar precisamente o lugar errado.

Segundo Chalmers (1994), sobre as afirmações dos positivistas, há uma lacuna lógica, onde descobriu-se que os aspectos lógicos desse argumento são ampliados pela observação histórica de que muitas teorias científicas do passado (inclusive as grandemente apreciadas, como a mecânica newtoniana), ainda que bem apoiadas por diversas evidências, são deficientes e foram superadas (Lakatos, 1968).

Novamente, é por isso que a história da ciência é fundamental nas aulas de ciência de um modo geral, pois o estudante precisa compreender que falhas no processo científico são comuns.

Na medida em que as teorias dizem algo sobre o mundo, elas devem ser aferidas em confronto com ele. Na prática, a história da ciência pode ser compreendida como a sobrevivência da teoria mais apta em condições rigorosas de teste. (CHALMERS, 1994, p. 29)

Isso, leva a pensar e até cair em uma contradição, agora, levando a considerar a história da ciência como método universal. Mas, sim, utilizá-la como parte fundamental da natureza da ciência. Pois, aí nos remete ao um ceticismo radical, e a pretensão é analisarmos os recursos utilizados para o determinado momento. “Ou seja, se formos rigorosos demais em relação a nossos critérios falsificacionistas, muitas de nossas mais admiradas teorias na física não poderão ser consideradas boa ciência, ao passo que, se os atenuarmos, poucas áreas deixarão de assim qualificar-se.” (CHALMERS, 1994, p. 29)

3 ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA

O estímulo ao estudante é necessário para a busca e comprometimento em adquirir conhecimento, considerando as aulas nas quais são realizados experimentos com o intuito de introduzir o problema em questão, o conteúdo a ser lecionado. Entretanto, a compreensão e maturidade do professor em conscientizar a melhor maneira de abordar o conteúdo, considerando um aparato experimental, é de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem. Isso ajuda a desmistificar a ideia que o aluno tem de que a ciência se baseia apenas na realização de experimentos, onde o efeito é demonstrado de forma rápida, o que distorce todo o processo científico explícito por trás do conteúdo em questão. Sendo assim, “a abordagem histórico-investigativa visa motivar e ensinar conceitos científicos de uma forma mais crítica, explicitando dificuldades e conquistas e contextualizando os conteúdos trabalhados em sala de aula.” (BATISTA e SILVA, 2018, p. 100).

Essa prática, onde tende-se a conceber no estudante que a ciência é realizada de forma instantânea, deixa implícito e "exclui" todo o processo científico que foi percorrido para a concretização de uma teoria ou lei na ciência (consideramos isso muito grave pois passa uma visão limitada sobre como a ciência é desenvolvida). Isso causa um ofuscamento do contexto histórico-social que a ciência, mediante, neste caso, a experimentos, tem em sua trajetória - no que está por trás do fenômeno demonstrado em sala de aula. E isso causa, em nossa visão, uma distorção na cognição do estudante, ao direcionar que a ciência está atrelada diretamente a realizações de experimentos em busca de um determinado valor numérico, para assim, chegar a conclusões esclarecidas.

Como é citado em Batista e Silva (2018, p. 101):

Atividades histórico-investigativas não preparam os alunos para manipular materiais automaticamente em busca de um resultado numérico, como normalmente ocorre em aulas de laboratório tradicionais. É esperado que os estudantes se envolvam em uma investigação pela participação ativa; não é suficiente que os alunos apenas desfrutem da experiência. Com a mediação do professor, os alunos devem problematizar uma situação, contextualizar e relacionar com o conteúdo trabalhado, criando hipóteses que são discutidas e testadas experimentalmente para subsidiarem a interpretação dos resultados.

E a fim de desmistificar essa questão, onde o professor traz de forma automática uma padronização na abordagem experimental, ou seja, apresenta, demonstra e explica um determinado fenômeno concebido a partir da abordagem da utilização da prática experimental,

onde os estudantes ficam imersos apenas a "desfrutarem" da experiência, já conhecem antes o resultado a ser alcançado, no sentido de observar o efeito demonstrado e em seguida a explicação do mesmo. A intenção nesta proposta é fazer com que os mesmos sejam ativos nesta abordagem experimental conduzida pelo professor, onde o aluno possa manipular esse determinado aparato a fim de despertar a sua curiosidade, seu senso investigativo, e ser um agente praticamente inerente nesse ato de realizar uma prática experimental, desta forma usufruir muito mais do que um mero apreciador passivo da prática fenomenal experimental.

Ao utilizar e manipular experimentos, os estudantes não irão somente testar as hipóteses conhecidas ou propostas, mas também adquirir entendimento pela interação teórica, material e humana. Além disso, ao conduzir uma investigação científica, os estudantes podem contextualizar a ciência com sua história, possibilitando a aprendizagem sobre a natureza da ciência e de aspectos culturais, sociais e materiais da ciência; refletir criticamente sobre suas próprias ações e aprendizagens; além de desenvolverem habilidades de raciocínio (Heering; Höttecke, 2014). (BATISTA e SILVA, 2018, p. 101).

A Abordagem Histórico-investigativa poderá servir para motivar a aprendizagem de conceitos científicos pelos estudantes da Educação Básica, não se preocupando, portanto, somente com os aspectos conceituais ou conteudistas, mas também com os processos do desenvolvimento científicos que está por trás da realização do experimento, procurando fazer com que o aluno se familiarize o máximo possível com o trabalho científico, com a natureza construtiva da ciência e as relações desta com o mundo (PEDUZZI; MARTINS; FERREIRA, 2012; BATISTA e SILVA, 2018; KAKIJIMA, 2023, p. 24).

Interpretamos que com a utilização da AHI, como um referencial para nortear a nossa sequência de ensino, pode se constituir em uma maneira de aprofundar um determinado assunto da física de uma forma para além da memorização de conceitos muitas vezes desconectados com o contexto social dos estudantes. Onde possa servir de motivação por parte dos alunos que estão receptores dessa abordagem inicial de um assunto, e que eles fiquem engajados pelo fato de eventualmente ficarem familiarizados com o processo construtivo da ciência, nos quais envolvem conceitos históricos-sociais, econômicos, culturais.

A abordagem histórica atrelada a uma prática investigativa pode fazer com que o estudante se envolva na situação a partir de uma motivação desta abordagem que poderá atrair o aluno, por exemplo, a algo mais próximo de sua realidade, ou seja, de se ver naquela realidade do processo científico de buscas, determinações, contradições e pela reflexão de que a ciência é uma construção humana, feita por pessoas em um período histórico. etc.

Batista (2018) diz que a abordagem histórico-investigativa podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tomar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o

desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam provocando muito desinteresses dos estudantes e pouco desejo de seguirem em suas profissões carreiras científicas e muito menos área da docência; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

4. CAPÍTULO DE FÍSICA: O eletromagnetismo, história e conceitos

4.1 Aspectos históricos da experiência de Hans Christian Oersted

Neste capítulo descreveremos brevemente sobre a vida de Oersted, contemplando marcos de suas pesquisas, pois foi a partir da experiência de Oersted que foi iniciada uma problematização na sequência didática presente nesta dissertação. Partindo deste pretexto, sempre é comum, em uma historiografia, em relatos históricos, a essencialidade de conter o início da vida do biografado.

Hans Cristian Oersted nasceu em Rudkobing, na Dinamarca, em 14 de agosto de 1777¹. Rudkobing tinha aproximadamente 1.000 habitantes e estava localizada na ilha de Langeland, nesta época podia ser considerado um vilarejo isolado da civilização. Hans Christian e um de seus irmãos (Anders Sandoe) adquiriram nesta região uma notável formação básica. Os vizinhos que deles tomavam conta, enquanto seus pais trabalhavam, aproveitavam para ensinar-lhes a ler e escrever em dinamarquês e alemão. Aprendeu grego e latim, francês e inglês. Lendo todos os livros que conseguiram encontrar, adquiriram uma boa formação humanística; na farmácia do pai e através de seus livros, aprenderam química e física. (MARTINS, 1986, p. 89).

Em seguida Oersted com 17 anos de idade foi para Copenhague estudar. Ele entrou na universidade onde brilhou e recebeu uma premiação na área da estética com o trabalho "Sobre como a linguagem prosaica pode ser corrompida por sua proximidade à poética, e quais são as fronteiras entre as expressões poética e prosaica". Concluiu o curso de farmácia e em 1799 concluiu o doutorado em Filosofia com o trabalho "Dissertatio de forma metaphysices elementaris naturae externae", em que fazia uma descrição crítica das ideias de Kant sobre a filosofia natural. É importante dizer que literatura, ciência e filosofia permearam toda sua vida. Desde essa época, Hans Christian e seu irmão Anders Sandoe (que, posteriormente, chegaria a ser famoso jurista e primeiro-ministro da Dinamarca) ligaram-se aos mais importantes círculos de Copenhague nas áreas científica, artística e política. (MARTINS, 1986, p. 90).

No inverno de 1819-1820 Oersted apresentou uma conferência que tratava sobre eletricidade, galvanismo e magnetismo para pessoas da área da filosofia natural. Ele defendia que se fosse possível produzir algum efeito magnético devido a eletricidade não ocorreria na direção da corrente, mas que poderia ser produzido por uma ação lateral. Oersted defendia que o efeito magnético pudesse se irradiar em todas as direções analogamente os efeitos luminosos e caloríficos produzidos pela corrente elétrica. (MARTINS, 1986, p. 99).

Vejamos como se deu as etapas do experimento de Oersted. Ele fez com que a corrente elétrica de um pequeno aparelho galvânico de frascos (muito usado em suas conferências) pudesse percorrer um fio de platina muito fino que foi inserido sobre uma bússola coberta com vidro. Ele não conseguiu fazer um ensaio antes e teve que realizar na presença de uma plateia. Ele notou que com a passagem da corrente a agulha magnética mesmo protegida sofreu uma perturbação. É importante dizer que a experiência não impressionou profundamente o público por que os efeitos percebidos forma muito pequenos. (MARTINS, 1986, p. 99).

No mês de julho do ano de 1820 Oersted refez o experimento agora usando um aparelho galvânico mais forte. Desta vez a observação da perturbação foi mais intensa mas ainda fraco pelo uso de fios finos. Ele supôs que o efeito magnético poderia não ocorrer quando a corrente galvânica não produzisse calor e luz percebendo que ao usar um condutor com um diâmetro maior provocaria um melhor efeito. Foi nestas várias tentativas que foi responsável pela formulação da lei fundamental do eletromagnetismo de que o efeito magnético da corrente elétrica apresenta um movimento circular ao seu redor.. (MARTINS, 1986, p. 99).

Mas a questão é a descoberta de Oersted realmente foi acidental? Curiosamente no período de desenvolvimento desta dissertação foi lançada uma questão no site Centro de Referência para o Ensino de Física (CREF), a pergunta foi: *“O físico e químico dinamarquês Hans Christian Ørsted (1777-1851) em 1820 percebeu que um bússola colocada nas imediações de um fio metálico era defletida quando no condutor havia uma corrente elétrica. Esta constatação experimental foi de capital importância para todo o desenvolvimento posterior do Eletromagnetismo. Teria a descoberta de Ørsted ocorrido ao acaso?”* A questão feita por um internauta foi respondida pelo professor Fernando Lang da Silveira da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Muitos livros didáticos proliferam a concepção de que as descobertas científicas costumam ser obra do acaso. Colegas professores a verbalizam em sala de aula. Um aluno do bacharelado em Física veio comentar que o seu professor de Eletromagnetismo discorreu sobre a importância das “descobertas ao acaso”, dizendo que elas são comuns e responsáveis pela maior parte do avanço científico. E para exemplificar falou em Oersted que, por puro acaso, descobriu que uma corrente elétrica era capaz de defletir uma bússola. Argumentei-lhe que quase nada de acidental houve nesta descoberta e que segundo o próprio Ørsted foi *“levado a isto pelo princípio filosófico de que todos os efeitos são produzidos pelos mesmos poderes originais”* e que, portanto, os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos poderes que os efeitos elétricos. Ørsted foi muito influenciado pela filosofia crítica de Kant *, da qual derivou os princípios filosóficos que o orientaram como físico e químico, admitindo a priori a unidade na natureza subjacente à multiplicidade dos efeitos, dos fenômenos. Portanto ele perseguia encontrar o vínculo entre a Eletricidade e o Magnetismo. Os experimentos Ørsted relativos à relação da corrente elétrica com magnetismo aconteceram intencionalmente e muitas vezes sem sucesso! Destaquei ao aluno que antes de 21 de abril de 1820 houve diversas tentativas frustradas de Ørsted configurar experimentalmente a sua teoria inspirada no pressuposto filosófico

da unidade da natureza, em especial da unidade da Eletricidade e do Magnetismo. Quando durante uma aula em 21 de abril de 1820 finalmente percebeu um pequeno efeito sobre uma bússola (confirmado posteriormente de maneira mais intensa), decorrente da corrente elétrica no condutor próximo à bússola, sua surpresa NÃO foi em relação ao sucesso desta tentativa, mas em relação à orientação que a bússola assumiu, NÃO apontando para o condutor mas se orientando transversalmente a ele. Desta forma a surpresa de Ørsted estava em que este resultado experimental violava outro importante pressuposto, o de que todas as forças fossem centrais, isto é, obedecessem a Terceira de Newton na FORMA FORTE. Este episódio bem ilustra que, mesmo quando o inesperado ocorre, a surpresa decorre de que alguma expectativa teórica do cientista foi frustrada. Desta forma acreditar que o acaso seja um importante motor do desenvolvimento científico é uma concepção ingênua, possivelmente atrelada à doutrina de que a ciência começa com observações e experimentos. (CREF)²

A partir dos argumentos acima refletimos se realmente alguns experimentos históricos foram feitos e revelados conhecimentos ao acaso, mas concordamos que todo experimento possui pressupostos teóricos subjacentes, assim o cientista não está neutro neste processo.

2 Aspectos históricos da teoria de Michael Faraday

Na sequência didática elaborada que poderá ser conferida no capítulo de referencial metodológico, foi utilizada como abordagem inicial para adentrar no conceito realmente a ser apresentado (indução eletromagnética) uma problematização: a descoberta de Hans Christian Oersted, na qual é determinada como o "inverso da lei de Faraday", sendo o intuito principal da abordagem desta sequência didática. A importância da trajetória percorrida pelos cientistas é de grande relevância no processo de ensino por meio da história da ciência. Com isso, neste capítulo, será relatada brevemente a vida e obra de Michael Faraday.

Este capítulo sobre Michael Faraday inicia relatando a sua vida, onde foi preferido colocar para realmente demonstrar o contexto no qual viveu e percorreu determinado cientista, neste caso especialmente o Faraday. Isso remete a uma das ideias desta dissertação, que é também, de certa forma, desmistificar o percurso de um cientista como algo sempre favorável e agradável. E mostrando, ao estudante, o progresso dos cientistas, como foi o de Faraday, uma infância em uma situação financeira ruim e precária formação básica, mesmo assim chegou a ser presidente da Royal Society. O quanto é importante mostrar essa fase da vida de Faraday para os estudantes para que possam até ver sua própria realidade no início da vida de Faraday. Isso mostra, conforme Vieira (2019), que o percurso percorrido pela ciência é tão longo e bonito que não deve ser esquecido. Kuhn [1991] deixou evidente que o estudo da evolução do

² <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=a-grande-descoberta-de-orsted-em-1820>

conhecimento é importantíssimo para o progresso futuro, e essa percepção deve ser passada aos alunos que podem enxergar em seu futuro o progresso vivido por muitos no passado

Vieira (2019) afirma que o cientista é um homem como qualquer outro que não tem qualquer comportamento anormal, que quando criança viveu sob influência de um meio favorável ou hostil e viveu em um meio cultural ao qual esteve inserido como também a influência de um professor do jovem cientista, por exemplo. Reis ainda relata que um cientista pode ser uma criança prodígio ou ainda tardio, como Faraday.

Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, em Newington Butts, Surrey.¹ Seus pais, James Faraday (ferreiro) e Margaret Hastwell, já tinham dois filhos: Elizabeth e Robert. Quando Faraday tinha 5 anos de idade a família foi morar em Londres no mesmo período que acontecia a Revolução Francesa e a Inglaterra foi influenciada. A situação financeira da família era ruim e Michael teve uma precária formação básica, aprendendo somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 519). No ano de 1804 Faraday com 13 anos começou a trabalhar como ajudante em uma livraria transportando materiais e encadernando livros, neste local pode ter contato com a leitura, lia o quanto de livros podia. (DIAS, 2004, p. 519).

No ano de 1812 conseguiu assistir conferências e uma delas foi a do químico Humphry Davy que aconteceu na Royal Institution de Londres. Na oportunidade escreveu para o conferencista pedindo um trabalho em qualquer função relacionada a ciência, tornando-se auxiliar de laboratório, já com 22 anos de idade nesta instituição (DIAS, 2004, p. 519).

Faraday conseguiu acompanhar Davy em várias viagens, pela França, Itália e Suíça tendo contato com vários cientistas de áreas diversas influenciando sua forma de pensar os problemas científicos. Com o trabalho no laboratório Faraday adquiriu muita experiência, ele realizou estudos sobre o cloro, experiências sobre difusão de gases e liquefação, dentre tantas outras atividades sobre Química. (DIAS, 2004, p. 519).

Importante dizer que Faraday não havia se dedicado a pesquisas físicas, mas a partir de 1820, após a divulgação dos trabalhos de Hans Christian Ørsted, despertou um interesse de pesquisadores como o chefe de Faraday o químico Humphry Davy. Foi aí que Faraday se debruçou em pesquisas na área da Física, especificamente no campo do eletromagnetismo, mas integrado a conhecimentos de química, isso com aproximadamente 29 anos de idade. (DIAS, 2004, p. 519).

Interessante destacar que no ano de 1821 Faraday começou a fazer conferências e publicar trabalhos científicos. Casou-se com Sarah Barnad neste ano e assumiu o laboratório de química. Torna-se membro da Royal Society principalmente por seus estudos no campo da

química e com os estudos da indução eletromagnetismo Faraday se interessou mais por pesquisas na área da Física. (DIAS, 2004, p. 520).

É perceptível o processo percorrido por Faraday nesta caminhada árdua desde sua infância simples até a chegada de um grandioso reconhecido por diversas instituições. Segundo Vieira (2019), o experimento de Oersted¹², que fez uma corrente elétrica atravessar um fio condutor e colocando uma bússola ao redor deste fio, percebeu a geração de um campo magnético ao redor do mesmo. Após estes avanços, alguns cientistas, como Ampère¹³, desenvolveram diversas experiências sobre força elétrica e ou magnética. Um assistente de laboratório na Inglaterra, simples e com pouca experiência se interessou numa destas áreas. O nome deste assistente era Michael Faraday.

Então, as pesquisas de Faraday foram um processo, ou seja, tiveram várias fases. A primeira fase da pesquisa, segundo Dias e Martins (2004, p. 520), relata que

A descoberta de Ørsted, publicada em artigo datado de 21 de junho de 1820 (Ørsted, 1986), desencadeou um grande interesse na comunidade científica da época e também Davy começou a investigar o assunto. Ele realizou uma série de experimentos e Faraday foi seu assistente, tendo desta forma seu primeiro contato com o eletromagnetismo.

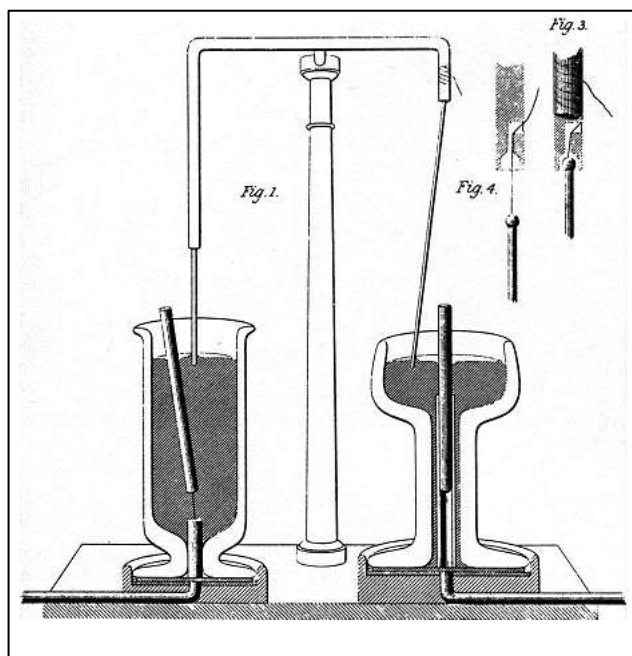
“Em setembro daquele ano, Faraday descreveu uma série de experimentos realizados em sete dias, sobre rotações eletromagnéticas, mas sua correspondência traz evidências de que outros experimentos foram anteriormente realizados.” (DIAS e MARTINS, 2004, p. 520)

Conforme Dias e Martins (2004), Faraday se dedicou a ler um grande número dos trabalhos que haviam sido publicados até então e redigiu um artigo que foi publicado em três partes, sob o título de “Historical sketch of electro-magnetism” (Faraday, 1821a, 1822b). Na primeira parte do artigo Faraday fez um resumo do trabalho realizado por Ørsted, suas considerações e hipóteses que levaram à descoberta do eletromagnetismo. Na segunda parte, ele descreveu a contribuição dos pesquisadores posteriores a Ørsted, centralizando-se apenas nos fenômenos descobertos e evitando fazer considerações sobre os fatos. Ele analisou principalmente o trabalho de pesquisadores franceses, mencionando Arago, que foi o primeiro físico francês a tomar conhecimento da descoberta de Ørsted e a comunicá-la à Academia de Ciências de Paris, permitindo desta forma que Ampère tomasse conhecimento desse trabalho.

Após esta fase é constada a segunda fase das pesquisas de Michael Faraday: “Faraday conseguiu, inicialmente, produzir a rotação de um fio condutor em torno de um ímã e, posteriormente, conseguiu fazer o pólo girar ao redor do fio (Figura 1). Nos dois

experimentos ao inverter a corrente elétrica, observou que a rotação mudava de sentido.” (DIAS e MARTINS, 2004, p. 522)

Figura 1:Esse aparelho permite observar tanto a rotação de um fio em torno de um ímã (lado direito) como a rotação de um ímã em torno de um fio condutor (lado esquerdo).



Fonte: MARTINS, 2004.

Conforme Dias e Martins (2004) Faraday explicou o que queria dizer: o motivo básico da rotação do ímã em torno de seu eixo não seria a existência de correntes circulares em seu interior, mas sim uma interação entre a corrente elétrica que passa por ele e os pólos magnéticos do próprio ímã.

A descoberta dos novos fenômenos de rotação havia desviado Faraday de seu trabalho de revisão bibliográfica para os *Annals of Philosophy*. No entanto, pouco depois ele completou a terceira parte desse trabalho. Neste artigo, ainda publicado anonimamente, Faraday inicialmente fez um relato das teorias existentes sobre eletromagnetismo, que ele considerava serem as mais significativas. Neste, cita: Ørsted, Berzelius, Wollaston, Schweigger, Ridolfi e Ampère, apontando que as idéias deste último seriam as mais completas e precisas, embora necessitando ser desenvolvidas em maior profundidade. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 523).

Isso mostra, pelos próprios relatos de Faraday, ao citar as ideias de vários outros cientistas da época, que a ciência não é individualista e/ou elitista, comumente percebida pela sociedade de um modo geral. Pois, conforme Pérez (2001) os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes.

A última publicação de Faraday desta sequência se deu em 1823, no *Quarterly Journal of Science*, com o título: “Historical statement respecting electro-magnetic rotation” (Faraday, 1823). O artigo apresentou sua argumentação contra acusações de ter-se apropriado indevidamente das idéias de Wollaston na questão da rotação eletromagnética. Como Wollaston era um importante personagem da época, além de ser amigo de Davy, é provável que Faraday estivesse em grandes apuros por causa dessa acusação. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 523).

Mesmo após essas acusações, em 18 de janeiro de 1823, Faraday voltou a trabalhar nos experimentos eletromagnéticos, começando uma sequência de vinte e quatro experimentos sobre rotações, com um enfoque bastante diferente do que tinha feito anteriormente. Todos eles estão relacionados a fenômenos de rotação de fios ou ímãs em torno de seus próprios eixos – um problema importante sob o ponto de vista da discussão entre Faraday e Ampère. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 523).

Na terceira fase do experimento Dias e Martins (2004, p. 524), relata que:

Durante os anos seguintes, ele afastou-se quase totalmente das pesquisas eletromagnéticas, como mostra a ausência completa desse assunto em seu diário de laboratório e em suas publicações. Porém, um registro no diário, realizado em 22 de abril de 1828, mostra que Faraday não tinha abandonado sua busca. Nessa anotação ele descreveu um experimento em que fez um anel com fio de cobre (soldando suas extremidades) e fixou-o com um pedaço de fio para sustentá-lo numa balança de torção (Figura 3). Introduziu no anel o pólo de um ímã em barra, depois aproximou outros ímãs em diferentes posições e não observou nenhum efeito. Aproximou um ímã em forma de ferradura do fio, conectando seus pólos, mas esse circuito fechado também não apresentou efeito observável. Repetiu o experimento torcendo as extremidades do fio para formar o anel (no lugar da solda) e usando platina e prata no lugar de cobre. Não obteve resultados.

Foi um experimento isolado em meio a suas experiências de Química e o resultado negativo parece não tê-lo motivado a prosseguir naquele momento. Uma nova fase de pesquisas sobre eletromagnetismo se iniciou somente em 1831, quando Faraday encontrou o que parece ter buscado desde o final de 1825: a indução eletromagnética. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 525).

Essas considerações, com suas conseqüências, a esperança de obter eletricidade do magnetismo comum, estimulou-me várias vezes a investigar experimentalmente o efeito indutivo das correntes elétricas. Eu, ultimamente, cheguei a resultados positivos, e não apenas tive minhas expectativas realizadas, mas obtive a chave que parece abrir várias explicações dos fenômenos magnéticos de Arago e, também, descobrir um novo estado que poder, provavelmente, ter influência em alguns dos mais importantes efeitos das correntes elétricas (Faraday, 1839-1855, p. 265) (DIAS e MARTINS, 2004, p. 525).

O Diário de Faraday não dá nenhuma indicação do motivo pelo qual ele iniciou os novos experimentos. Do início de 1831 a julho do mesmo ano, Faraday estudou figuras acústicas em sólidos e líquidos. Em maio ele retornou rapidamente ao estudo do efeito termoelétrico, e nos dias 18 e 19 de agosto de 1831 ele estava se dedicando a experimentos sobre elaboração de chapas de cobre para impressão de figuras (Faraday in Martin, 1932-1936, p. 360ss). (DIAS e MARTINS, 2004, p. 525).

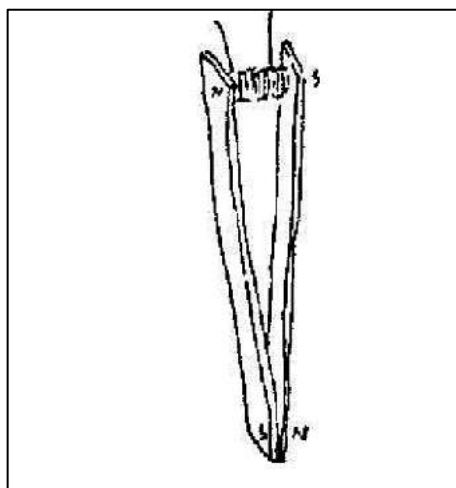
“Sem nenhuma explicação prévia, nas anotações relativas ao dia 29 de agosto de 1831, Faraday começou por descrever um anel de ferro doce (Figura 2) que construiu para o experimento e foi preservado até hoje.” (DIAS e MARTINS, 2004, p. 525)

E Michael Faraday continuou com seus inúmeros experimentos a fim de verificar o efeito de um ímã sobre uma corrente elétrica. Mas, segundo Dias e Martins (2004), depois de anos de tentativas, o que Faraday encontrou foi o efeito de uma corrente elétrica sobre outra, e não de um ímã sobre uma corrente elétrica. Sob o ponto de vista didático, geralmente se introduz a indução eletromagnética de outra forma.

E prosseguindo com vários experimentos Faraday começou compreender. Dias e Martins (2004) dizem que o disco estacionário, nos experimentos de Arago, não poderia produzir qualquer efeito sobre o ímã, sendo esses efeitos indutivos como no experimento do anel e, portanto, obtidos somente quando o disco estava em movimento relativo ao ímã. Uma evidência disso é que em 23 de setembro de 1831, Faraday escreveu a seu amigo R. Phillips contando que havia voltado a se ocupar com o eletromagnetismo e que tinha uma ideia, embora ainda não a pudesse confirmar, de que sabia por que metais eram magnéticos quando em movimento, apesar de não o serem (geralmente) quando em repouso. Evidentemente, essa ideia motivou Faraday em suas atividades e certamente direcionou alguns dos experimentos seguintes.

“Em um deles utilizou um cilindro de ferro e a hélice L [o pequeno cilindro de ferro de 7/8 de espessura e 4 polegadas de comprimento, envolvido com quatro pedaços de fio de 14 pés de comprimento cada].” (DIAS e MARTINS, 2004, p. 526)

Figura 2: Pinça formada por dois ímãs: obtenção de corrente induzida pela ação de um ímã permanente.



Fonte: MARTINS, 2004.

Todos os fios foram unidos em uma única hélice e conectados à hélice indicadora, a distância, pelo fio de cobre: depois o ferro foi colocado entre os pólos da barra magnética, como em um dos primeiros experimentos e na figura anterior. Toda vez que o contato magnético no norte ou sul foi estabelecido ou quebrado, existiu movimento magnético na hélice indicadora, o efeito sendo como nos primeiros casos, não permanente, mas meramente empurrando ou puxando. Mas, se o contato elétrico (isto é, através do fio de cobre) era quebrado, então as disjunções e contatos não produziram qualquer efeito. Assim, distinta conversão de magnetismo em eletricidade (Faraday in Martin, 1932-1936, p. 372). (DIAS e MARTINS, 2004, p. 527)

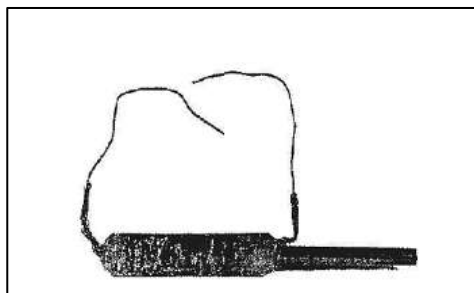
Este último experimento foi um grande sucesso, pois Faraday obteve (pela primeira vez) corrente elétrica induzida pela ação de um ímã permanente, produzindo através desse dispositivo uma rápida variação magnética no cilindro de ferro. Nenhuma bateria foi utilizada. A “pinça” formada pelos dois ímãs produzia o efeito desejado. Deve-se notar que esse tipo de experimento é muito mais fácil de reproduzir do que o experimento descrito nos livros didáticos, de aproximar e afastar rapidamente um ímã de uma bobina. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 527)

Nesse momento, Faraday já estava ciente de que era possível produzir correntes elétricas tanto a partir de uma outra corrente elétrica (a indução volta-elétrica) como pela variação magnética brusca (no experimento com a “pinça” formada por dois ímãs). Embora ele já tivesse tentado obter efeitos pela aproximação e afastamento de ímãs, não tinha obtido resultados, mas tais efeitos deviam existir. Por isso ele insistiu e no dia 17 de outubro de 1831 Faraday realizou o seu experimento mais conhecido, **a indução de corrente pela movimentação de uma barra magnética dentro de uma bobina**. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 527, grifos nossos)

“A descrição dada no diário se refere a um cilindro de papel, oco, coberto por 8 enrolamentos [todos com mesma direção] de fio de cobre, com aproximadamente 220 pés de comprimento, separados por algodão – identificado como “arranjo O”. (ver figura 03) (DIAS e MARTINS, 2004, p. 527)

As oito extremidades das hélices, em uma extremidade do cilindro, foram limpas e rapidamente unidas como um feixe. O mesmo foi feito na outra extremidade. Essas extremidades compostas foram conectadas a um galvanômetro por longos fios de cobre. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 527)

Figura 3: Foto do cilindro de papel e do ímã em barra, utilizados no famoso experimento de 17 de outubro de 1831.



Fonte: MARTINS, 2004.

Ou seja, o princípio descoberto era que o movimento de um ímã gera uma corrente elétrica no condutor. O trabalho realizado por Faraday no final de 1831 complementou a descoberta do eletromagnetismo por Ørsted, mostrando a existência de um fenômeno inverso (produção de efeitos elétricos pelo magnetismo) e fornecendo a base necessária para o desenvolvimento de uma nova área de pesquisas. (DIAS e MARTINS, 2004, p. 528)

4.3 A indução eletromagnética

A indução eletromagnética atualmente possui muitas aplicações tecnológicas para geração da energia elétrica essencial para a sociedade contemporânea que faz uso do funcionamento de aparelhos elétricos. Desta forma é inestimável a importância do uso deste conceito que tem implicações diretas no desenvolvimento de inovações tecnológicas. (HALLIDAY et al, 2012)

A Figura 4 abaixo mostra uma espira de material condutor ligada a um amperímetro. Como pode ser visto, não há passagem de corrente porque existe fonte de tensão no circuito. Entretanto, quando aproximamos da espira um ímã em forma de barra o amperímetro dá uma indicação da passagem de uma corrente e a mesma desaparece quando o ímã para o movimento. Quando afastamos o ímã da espira, a corrente torna a aparecer, agora, no sentido contrário. Repetindo o experimento algumas vezes, chegamos às seguintes conclusões:

1. A corrente é observada apenas se existe um movimento relativo entre a espira e o ímã e a corrente desaparece no momento em que o movimento relativo deixa de existir.
2. Quanto mais rápido o movimento, maior o valor da corrente.
3. Se, quando aproximamos da espira o polo norte do ímã, a corrente tem o sentido horário, quando afastamos o polo norte a corrente tem o sentido anti-horário. Nesse caso, quando aproximamos da espira o polo sul, a corrente tem o sentido anti-horário, e quando afastamos da espira o polo sul, a corrente tem o sentido horário. (HALLIDAY et al, 2012, p. 248)

A corrente produzida na espira é denominada de corrente induzida e o trabalho realizado por unidade de carga para produzir essa corrente (ou seja, para colocar em movimento os elétrons de condução responsáveis pela corrente) é denominado de força eletromotriz induzida. A indução pode ser entendida como o processo de produção da corrente e a força eletromotriz. (HALLIDAY et al, 2012, p. 248)

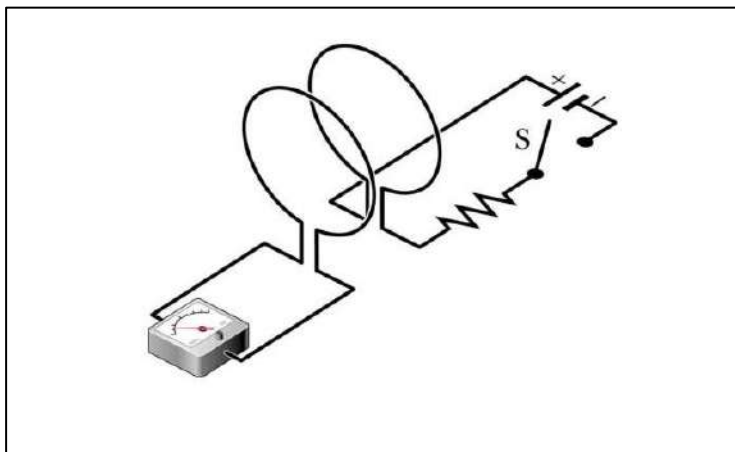
Figura 4: O movimento relativo do ímã na espira indica uma corrente elétrica no amperímetro



Fonte: HALLIDAY et al, 2012.

No segundo experimento, visto na figura 05 abaixo, têm-se duas espiras condutoras próximas uma da outra sem haver contato. Quando a chave S é fechada, fazendo passar uma corrente na espira da direita, o amperímetro registra, por um breve instante, uma corrente na espira da esquerda. Quando a chave é aberta, o instrumento também registra uma corrente, no sentido oposto. Observamos o surgimento de uma corrente induzida (e, portanto, uma força eletromotriz induzida) quando a corrente na espira da direita está variando (aumentando ou diminuindo), mas não quando é constante (com a chave permanentemente aberta ou permanentemente fechada). A força eletromotriz induzida e a corrente induzida nesses experimentos são aparentemente causadas pela variação de alguma coisa, mas qual é essa "coisa"? Foi aí que Faraday buscou responder (HALLIDAY et al, 2012, p. 248)

Figura 05: Espiras condutoras interagindo pela passagem de uma corrente variável.



Fonte: (HALLIDAY et al, 2012, p. 249)

Faraday defende então que uma força eletromotriz e uma corrente podem ser induzidas em uma espira, como em nossos dois experimentos, fazendo variar a quantidade de campo magnético que atravessa a espira. Percebeu ainda que a "quantidade de campo magnético" pode ser visualizada em termos das linhas de campo magnético que atravessam a espira. Afirma este cientista que o número de linhas de campo que atravessam a espira não importa e sim que os valores da força eletromotriz e da corrente induzida são determinados pela taxa de variação desse número. (HALLIDAY et al, 2012, p. 249)

Desta forma, no experimento da figura 04, as linhas de campo magnético são espalhadas a partir do polo norte do ímã. À medida que acontece a aproximação do polo norte do ímã o o número de linhas de campo que atravessam a espira aumenta provocando um movimento nos elétrons de condução (produção de uma corrente induzida por meio de uma força eletromotriz induzida) e quando o ímã cessa o movimento o número de linhas de campo que atravessa a espira deixa de variar desaparecendo a corrente induzida. (HALLIDAY et al, 2012, p. 249)

Em relação ao experimento da figura 05 quando a chave está aberta a corrente no sistema é zero não havendo a presença de linhas de campo. Mas quando a chave está fechada passa a haver uma corrente na bobina da direita (assim esta corrente gera um campo magnético ao seu redor que influencia também a bobina da esquerda) O aumento da corrente provoca o aumento do campo fazendo com que aumente as linhas de campo que atravessam a espira da esquerda. Após a corrente na espira da direita alcançar um valor constante o número de linhas

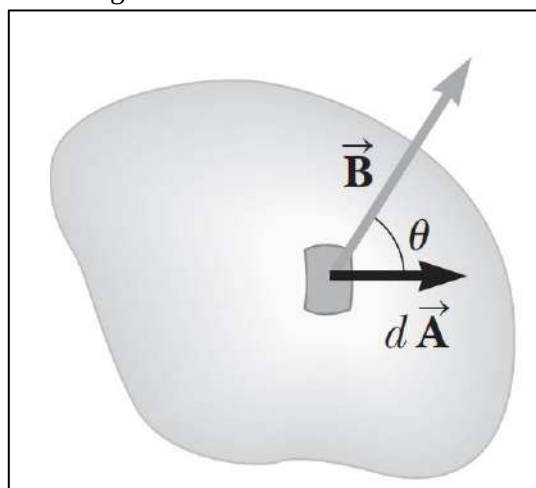
de campo que percorre a espira da esquerda deixar de variar desaparecendo a corrente induzida e a força eletromotriz. (HALLIDAY et al, 2012, p. 249)

Suponha que uma espira que envolve uma área A seja submetida a um campo magnético B o **fluxo magnético** que atravessa a espira pode ser expresso por:

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \text{ (fluxo magnético através da área)} \quad (\text{Eq. 1})$$

O fluxo magnético associado a um campo magnético é proporcional ao número de linhas de campo magnético que atravessam uma área. Desta forma considerando um elemento de área dA sobre uma superfície aberta de forma arbitrária (ver figura 06). Se o campo magnético no local desse elemento for $\vec{B}$, o fluxo magnético através do elemento é $\vec{B} \cdot d\vec{A}$, em que $d\vec{A}$ é um vetor perpendicular a superfície com módulo igual à área dA . Portanto, o fluxo magnético total ϕ_B através da superfície é calculado pela equação 1. Este fluxo é dado por $B \cdot dA \cos \theta$ sendo o valor dA perpendicular a superfície. (SERWAY e JEWETT, 2006, p. 864)

Figura 5: O fluxo magnético através de um elemento de área dA .



Fonte: SERWAY e JEWETT, 2014.

A unidade SI do Fluxo magnético é tesla-metro ao quadrado, chamada de *weber* (Wb):
 $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$.

Usando a definição de fluxo magnético, podemos enunciar a lei de Faraday de um modo mais rigoroso:

O módulo da força eletromotriz $\mathcal{E}$ induzida em uma espira condutora é igual à taxa de variação com o tempo do fluxo magnético Φ_B que atravessa a espira. (HALLIDAY et al, 2012, p. 250)

Esse enunciado, conhecido como **lei de Faraday da indução**, pode ser escrito como,

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Eq. 2) Lei de Faraday}$$

(SERWAY e JEWETT, 2006, p. 865)

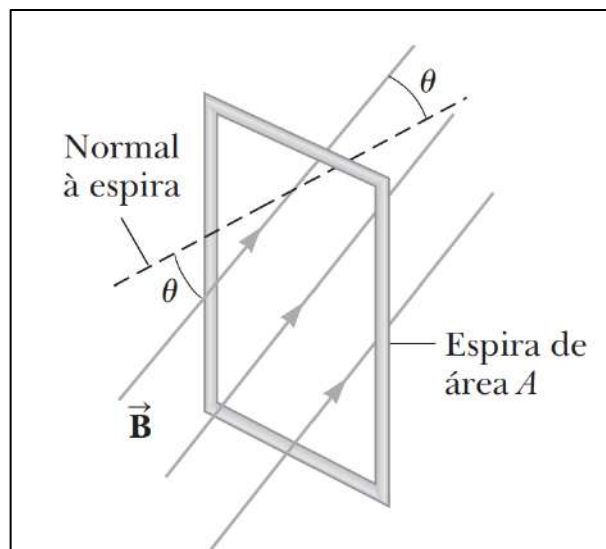
Se o circuito for uma bobina que consiste de N espiras idênticas concêntricas e se as linhas do campo atravessarem todas as espiras, a fem induzida será dada por:

$$\mathcal{E} = - N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Eq. 3})$$

(SERWAY e JEWETT, 2006, p. 865)

A fem é aumentada pelo fator N porque todas as espiras estão em série, de modo que as fems nas espiras individuais se somam para dar a fem total. Suponha que o campo magnético é uniforme sobre a área A limitada por uma espira que se encontra em um plano como na Figura 07 abaixo.

Figura 6: Uma espira condutora que inclui uma área A na presença de um campo magnético uniforme $\vec{B}$. O ângulo entre $\vec{B}$ e a normal à espira é θ .



Fonte: SERWAY e JEWETT, 2014.

Neste caso, o fluxo magnético através da espira pode ser:

$$\phi_B = \int \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \int \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} \cos \theta = B \cos \theta \int dA = BA \cos \theta$$

Logo a fem induzida é:

$$\mathcal{E} = - \frac{d}{dt} (BA \cos \theta) \quad (\text{Eq. 4})$$

Esta expressão mostra que uma fem pode ser induzida em um circuito variando-se o fluxo magnético de diversas maneiras: (1) o módulo de $\mathbf{B}$ pode variar com o tempo; (2) a área A do circuito pode variar com o tempo; (3) o ângulo θ entre $\mathbf{B}$ e a normal ao plano pode variar com o tempo; e (4) qualquer combinação dessas maneiras pode ocorrer. (SERWAY e JEWETT, 2006, p. 865)

Este capítulo apresentamos os principais conceitos relacionados a indução eletromagnética, estudo da variação de um campo magnético que provoca a geração de uma corrente induzida. São conceitos importantes a serem problematizados juntos aos estudantes do ensino médio na realização da sequência de ensino. A seguir buscamos descrever os percursos metodológicos desta pesquisa de mestrado.

5 CAMINHOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho, utilizamos uma pesquisa de natureza qualitativa, por valorizar os aspectos humanos, ser interpretativa e descritiva. Segundo Denzin e Lincoln (2006), a pesquisa qualitativa envolve uma abordagem naturalista, interpretativa, o que significa que seus pesquisadores estudam as coisas em seus cenários naturais, tentando entender, ou interpretar, os fenômenos em termos dos significados que as pessoas a eles conferem. Vieira e Zouain (2005) afirmam que a pesquisa qualitativa atribui importância fundamental aos depoimentos dos atores sociais envolvidos, aos discursos e aos significados transmitidos por eles. Nesse sentido, esse tipo de pesquisa preza pela descrição detalhada dos fenômenos e dos elementos que o envolvem.

Quanto aos objetivos desta pesquisa, está classificada como explicativa, como é visto em (GIL, 2006). São aquelas pesquisas que têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas.

Quanto aos procedimentos da pesquisa, está classificada como uma pesquisa do tipo fenomenológica. Segundo Mello (2014), a Fenomenologia busca compreender como a realidade se constrói por meio da experiência das pessoas envolvidas em determinada situação ou fenômeno. Visa interpretar o fenômeno, buscar o sentido, as vivências e o que está por trás das significações.

Norteadas essas classificações da pesquisa, os dados para tal finalidade foram coletados a partir de uns questionários realizados após cada término das atividades propostas na sequência didática. Portanto, para averiguação dos objetivos a serem atingidos, foram aplicados dois questionários para coleta de dados referente às respostas dos alunos e elas foram confrontadas com o referencial teórico utilizado, ou seja, baseado nas ideias de Allan Chalmers. Neste confronto das respostas dos alunos aos questionários com o referencial teórico, obtivemos algumas corroborações acerca destes dados coletados, onde serão detalhadas no capítulo dos resultados.

O procedimento da intervenção da sequência didática se deu em uma instituição pública estadual de ensino médio de tempo integral situada na cidade de Salgueiro-PE. As turmas escolhidas para aplicação do produto educacional foram do 3º ano do ensino médio, pelo motivo do conteúdo a ser trabalhado ser da grade curricular das referidas turmas, onde surgiu a problemática para esta temática em questão. A seguir descrevemos a sequência de

ensino que foi ajustada seguindo a estratégia metodológica da Abordagem Histórica Investigativa.

5.1 Sequência de ensino – Produto Educacional

Quadro 1: Roteiro da intervenção em sala de aula

Encontro	Aula	Discussão	Recursos
1	Aula1: Abordagem inicial – (vida e obra) e problematização.	- Nesta etapa, foi apresentado brevemente sobre a vida de Hans Christian Oersted e sua descoberta (problematização) da relação entre eletricidade e magnetismo, com o intuito de ir moldando um cenário histórico da vida e obra do cientista. - Na apresentação da vida e descoberta de Oersted, continham imagens e pinturas simulando os acontecimentos, além de imagens de réplicas de materiais utilizadas por Oersted. - Foi entregue um texto sobre a bússola com o intuito de os estudantes irem construindo alguns conectores para as atividades a serem realizadas.	- Aula expositiva, através de slides, contendo algumas imagens de materiais originais e réplicas utilizadas por Oersted. - Pequeno texto impresso.
	Aula 2: Utilizar a história da ciência para auxiliar nessa construção do problema e realização de experimento.	- Uso de narrativas históricas da época de Oersted, remetendo-se à comparação de aparelhos utilizados por ele na época, como a pilha de Volta, e narrativas sobre materiais levados pelo professor. Tudo isso com a finalidade de auxiliar os alunos a construir os conectores sobre o experimento a ser realizado. - Realização do experimento sobre a descoberta de Oersted quanto à deflexão da agulha de uma bússola quando os fios eram conectados à pilha, deixando-os paralelos à agulha da bússola e promovendo sua deflexão.	Vários materiais utilizados como base de madeira, pilhas, fios bússolas e ímãs.
2	Aula 13: Apresentação da vida e obra de Michael Faraday.	Apresentação sobre a vida e estudos de Michael Faraday, com imagens e vídeos retratando e ilustrando aspectos da época, como roupas, utensílios experimentais, contexto sociocultural, etc. Demonstrando a vida "difícil" que o "jovem" Faraday percorreu até a descoberta da indução eletromagnética, com o intuito de aproximar esses acontecimentos na época que viveu o cientista, suas dificuldades, podendo inspirar os estudantes.	Aula expositiva com a utilização de slides e vídeos.
	Aula 24: Realização de experimento sobre o efeito da indução eletromagnética.	Realização de experimento com materiais de baixo custo para demonstrar o efeito da indução eletromagnética de Faraday, fazendo questionamentos para os estudantes sobre todo o processo científico para a descoberta da indução eletromagnética. Confrontando com o primeiro experimento realizado por eles sobre a experiência de Oersted, desmistificando essa ideia da ciência com grandes gênios.	Tubo de caneta transparente, fios esmaltados e ímãs de neodímio.

Fonte: do autor, 2023.

Nesta Sequência de Ensino, foram realizados alguns encontros com as turmas de 3º ano do ensino médio (onde o pesquisador deste trabalho é professor de física da turma), denominadas 3º A, B e C onde participaram da intervenção o quantitativo de 38 meninos e 34 meninas no conjunto das três turmas. Nessas turmas, são ministradas quatro aulas semanais em cada, e a intervenção ocorreu durante esses horários. A aplicação desta sequência de ensino aconteceu em doze aulas distribuídas em dois encontros, duas aulas para cada turma. Como a aplicação ocorreu no final do 2º bimestre do ano letivo de 2023, quando os alunos estavam em períodos de avaliações tradicionais e somativas, as atividades propostas foram úteis para avaliar o progresso. No entanto, não foi possível aumentar a quantidade de encontros.

O primeiro encontro foi realizado com as três turmas, cada uma com duas aulas de 50 minutos. Foi realizada uma aula expositiva, utilizando recursos como um Datashow, pequenos textos e aparato experimental. O objetivo desse primeiro encontro foi abordar a problematização da aula a partir da experiência/descoberta do físico Hans Christian Oersted. Nos slides, foram incluídas figuras/pinturas da época e réplicas de objetos utilizados por Oersted (obtidas do site da The Royal Institution). Durante a exposição, foi mencionado o experimento realizado por Oersted, descrevendo como ele observou a agulha da bússola girar, e mostrada uma pintura de Oersted e seu assistente. Também foi apresentada uma réplica da bússola utilizada por Oersted e uma bússola moderna, para destacar as diferenças.

Após essa abordagem inicial, foi explicada aos alunos a descoberta de Oersted, informando apenas que ele descobriu que a agulha da bússola sofria uma deflexão quando ligada aos terminais de uma pilha de Volta. Esse foi o ponto central da problemática para essa primeira aula da intervenção. Em seguida, foi distribuído aos estudantes um pequeno texto sobre a importância das bússolas para o desenvolvimento das grandes navegações comerciais e marítimas dos séculos XIII ao XVI. O objetivo era fornecer subsídios para que os estudantes conectassem esses fatos à problematização inicial. Foi mencionado aos alunos que nas navegações comerciais, eram observadas deflexões nas agulhas da bússola durante tempestades, ou seja, quando ocorriam raios. Os estudantes foram orientados a "guardar" essas informações para conexão com a segunda aula do encontro, que consistiria na realização do experimento de Oersted.

As turmas foram divididas em grupos e, em seguida, distribuído o material para que eles "refizessem" o efeito experimental dessa descoberta - onde uma corrente elétrica gera nas suas imediações um campo magnético. Cada grupo recebeu pilhas, fios e uma bússola para realizar a prática experimental. Em seguida, foi solicitado que cada grupo tentasse fazer a própria ligação dos fios e pilha para fazer a agulha da bússola defletir. Alguns conseguiram

logo na primeira tentativa e outros após várias tentativas, pois estavam ligando o terminal positivo da pilha no outro terminal positivo da pilha e vice-versa. Foi perguntado aos grupos o que acontecia com a agulha da bússola quando eles tocavam as extremidades do fio na(s) pilha(s), e os relatos indicaram que a agulha da bússola se movia. Partindo disso, foi questionado aos grupos o que eles achavam que provocou esse efeito, correlacionando com os slides, textos, vídeos e fala do professor fornecidos anteriormente à experimentação. Para isso, também foi realizado um questionário no final dessa segunda aula (para explorarmos aprendizagens dos estudantes sobre a indução eletromagnética), após a intervenção realizada durante essas duas aulas.

Na primeira aula do segundo encontro ~~3ª aula, do segundo encontro~~, ocorrida em dia diferente do primeiro encontro, foi realizada uma aula expositiva com o objetivo proposto nesta dissertação - o processo científico da indução eletromagnética de Michael Faraday. Nesta primeira ~~terceira~~ aula expositiva, foram utilizados alguns slides para demonstrar aos estudantes as pesquisas do cientista Michael Faraday sobre a indução eletromagnética. Esta última era a proposta específica desta dissertação. Nas duas primeiras aulas do primeiro encontro, foram abordados e realizados experimentos (experimentos de Oersted) com a intenção de criar conexões para a finalidade desejada, na qual os estudantes deveriam criar relações entre essas atividades com o conceito da indução eletromagnética, a partir dos subsídios fornecidos ao longo das quatro aulas realizadas nos dois encontros.

Ainda na primeira aula do segundo encontro, foram mostradas nos slides imagens/pinturas da época com Faraday proferindo suas palestras e materiais originais utilizados por Faraday em suas experiências. Durante a demonstração desses slides, já foi mostrada aos alunos a diferença dos materiais utilizados na época em comparação com os que utilizamos atualmente. Por exemplo, foi mencionada a pilha, que foi utilizada tanto na experiência de Oersted quanto na de Faraday. Uma das pilhas utilizadas para fornecer uma diferença de potencial necessitava de um grande número de placas de cobre e zinco empilhadas, ao contrário da atualidade, onde isso está aperfeiçoado e compactado em um pequeno objeto. Um dos relatos contidos em uma das fotos originais da pilha de Volta, retirada do site The Royal Institution, foi que ela foi dada de presente pelo conde Alexandre Volta.

Durante a apresentação da aula, paralelamente, foi comentada a trajetória percorrida pelos cientistas para "fazer" ciência, especificamente em relação ao efeito estudado na intervenção: a relação entre eletricidade e magnetismo. Ou seja, todo o processo necessário para conseguir chegar a essa relação, especificamente referindo-se ao fenômeno da indução eletromagnética de Michael Faraday.

Logo em seguida, ainda na primeira ~~terceira~~ aula, foi exibido um vídeo de 14 minutos que pode ser encontrado no Anexo A no final desta dissertação. O conteúdo do vídeo ilustrado com aspectos da época (roupas, utensílios experimentais, contexto sociocultural etc.) demonstrando a vida e obra de Michael Faraday, com o objetivo de mostrar a vida "difícil" que o "jovem" Faraday percorreu até a descoberta da indução eletromagnética.

Onde, mesmo com todas essas dificuldades relatadas no vídeo, como a infância pobre de Faraday e a ideia de que a ciência era apenas para cavalheiros, o jovem não se deixou abalar por isso. Sua trajetória, desde a infância trabalhando como encadernador de livros até se tornar presidente da Royal Society, o colocou entre os mais renomados cientistas. Esses relatos já refletem um dos pontos desta pesquisa, que busca desmistificar a ideia de que a ciência se resume a um "gênio" trancado em seu laboratório, coletando dados de suas experiências. Pelo contrário, envolve um trabalho árduo no processo de construção do conhecimento científico.

O vídeo é uma espécie de documentário retratando a trajetória de Michael Faraday desde quando ainda muito jovem trabalhava como assistente no laboratório do cientista Humphry Davy. O vídeo ressalta, em várias passagens, que a ciência na época era apenas para cavalheiros (onde podemos citar que não houve uma grande mudança em relação a esses pensamentos), ou seja, restrita apenas a pessoas da elite. Isso vai totalmente ao contrário do que o jovem Faraday era para a sociedade – apenas um simples filho de um ferreiro.

Em uma passagem do vídeo, é mencionado que “Faraday não nasceu um cavalheiro, mas não permitiria que a barreira das classes o impedisse de seguir a carreira na ciência.” Ou seja, outro ponto bastante peculiar à pesquisa desta dissertação, pois é um dos aspectos presentes em todo seu processo, remetendo-se ao que foi abordado: a ciência em todo o seu contexto mostra-se elitista, fazendo com que os estudantes tenham uma visão de que não têm a capacidade de fazer ciência por estar profundamente estabelecido no contexto sociocultural. Isso leva o estudante a ter uma concepção errônea do fazer científico e do cientista, limitando-se a não tentar por bloqueios provenientes dessa percepção.

Outra parte do vídeo ilustra Faraday entregando inúmeras de suas anotações anexadas em um livro para o senhor Humphry Davy, com o intuito de sair do emprego de encadernador. Com isso, Davy faz uma pergunta a ele: “o que pretende fazer da vida? O jovem Faraday responde que quer fugir do comércio, que considera depravado e egoísta, para tornar-se servo da ciência, onde acredita que faz seus seguidores amistosos e liberais”. É perceptível na encenação dessa parte do vídeo o sarcasmo do jovem Faraday ao falar que a ciência torna seus seguidores amistosos e liberais, para facilitar a aceitação de Davy em lhe dar a

oportunidade de emprego como assistente. Nesta mesma parte, Davy comenta que deixará que a experiência de alguns anos mostre a Faraday a verdade sobre essa ideia de serem amistosos e liberais. É perceptível como era retratada a ciência na época, indo além do fazer científico, demonstrando aspectos de personalidades elitistas da comunidade científica, como é mostrado em muitas cenas de Faraday sendo humilhado por não fazer parte da educação formal.

Outro aspecto mencionado no vídeo é o aspecto profundamente religioso da época, que sugere que uma das obsessões de Faraday na tentativa de descobrir qual força agia na experiência de Oersted era uma fascinação inspirada por sua religião. “Para ele, o problema era uma maneira de compreender os mistérios secretos de Deus”.

Outra passagem do vídeo trata de um momento experimentalista, onde todos da época aprenderam (nas universidades) que as forças se deslocavam em linha reta, enquanto Faraday imaginava algo diferente (linhas invisíveis). Percebemos aqui uma característica que o pesquisador deve ter no fazer científico, não apenas seguindo metodicamente o que está realizando e está ao seu alcance, utilizando apenas seus sentidos, como é visto na epistemologia de Chalmers. Logo, o conhecimento não é uma linha tênue, fixa, amarrada onde não podemos sair do trilho. Todos da época aprenderam que as forças se deslocavam em linha reta e apenas seguiram isso fixamente. É claro que a fala aqui não é criticar o que é aprendido, mas sim colocar-se em vários ângulos para ir além do que está sendo mostrado, característica essa realizada por Faraday, como podemos perceber neste trecho do livro de Chalmers:

"Não foram tanto as observações e experimentos de Galileu que causaram a ruptura com a tradição, mas sua atitude em relação a eles. Para ele, os dados eram tratados como dados, e não relacionados a alguma ideia preconcebida... Os dados da observação poderiam ou não se adequar a um esquema conhecido do universo, mas a coisa mais importante, na opinião de Galileu, era aceitar os dados e construir a teoria para adequar-se a eles." (CHALMERS, 1993, p. 24)

Ou seja, como é retratado no vídeo, cientistas da época, com a utilização direta de seus sentidos, estabeleceram uma verdade absoluta para o acontecimento visível na experimentação, algo diferente do que Faraday utilizava, indo além do que seus sentidos podiam perceber.

Faraday mesmo seguiu esse trajeto no processo científico, enfrentando muitas dificuldades, tanto no contexto da prática de pesquisa — com inúmeras pesquisas e experimentos até chegar à indução eletromagnética — quanto no contexto histórico-social. É claro que o cientista é um ser humano moldado e influenciado pela sociedade e cultura em que está inserido. Passaram-se aproximadamente 11 anos desde a descoberta de Oersted em 1820 sobre o efeito da corrente elétrica gerando um campo magnético até a descoberta de Faraday

em 1831 sobre a indução eletromagnética — o efeito "inverso", onde a variação do campo magnético gera uma corrente elétrica que revolucionou a sociedade por meio da geração da energia elétrica, a eletricidade impactou os modos de vida, impulsionou a produção tecnológica, a indústria, os modos de vida de todos com o uso de utensílios domésticos movido a energia elétrica, os motores elétricos acelerando as ações humanas diversas.

Isso novamente evidencia a dificuldade enfrentada por um cientista, a árdua tarefa do processo científico, que não ocorre magicamente, mas requer um trabalho árduo com pesquisas, erros, refutações e influências externas (sociedade, cultura, política etc.). Além disso, a ciência não é elitista ou individualista; praticamente em todo contexto de pesquisa, há ideias concebidas por outros pensadores. Isso pode ser observado na própria trajetória de Faraday, onde suas ideias foram embasadas em ideias já encaminhadas e engatinhando de outros cientistas, como nas leituras e ideias de seu "mentor", Ampère, entre outros.

Logo em seguida, na segunda aula do 2º encontro, foi realizado um experimento sobre o efeito descoberto por Faraday — a indução eletromagnética. O experimento era simples em sua constituição: um tubo de caneta enrolado com várias voltas de um fio, com suas extremidades ligadas a um LED, e alguns ímãs de neodímio em seu interior. Entretanto, apesar dessa constituição simples, o efeito era magnífico: os estudantes ficavam encantados com a demonstração, onde os ímãs dentro do tubo de caneta eram sacudidos, fazendo com que os LEDs se acendessem. Portanto, foi explicado aos estudantes que, embora a constituição desse experimento fosse simples devido aos materiais utilizados, o efeito que eles estavam observando era impressionante e rápido de demonstrar.

Em seguida, foi relatado aos estudantes que esse efeito que eles visualizaram não ocorreu da noite para o dia, mas sim, teve todo um processo, uma trajetória percorrida por um cientista (Faraday) para que esse fenômeno acontecesse e para chegar à descoberta da indução eletromagnética. Foi ressaltado que o aparato experimental em sua constituição pode parecer simples, assim como a demonstração do efeito observado, que ocorreu em poucos segundos. No entanto, foi explicado que esse efeito visualizado era graças às pesquisas de Faraday, as quais levaram aproximadamente onze anos desde a descoberta de Oersted. Esse processo envolveu muita dedicação, pesquisa, falhas, tentativas, preconceitos, entre outros.

Após essa demonstração e o comentário sobre Faraday e o experimento que estavam observando, os estudantes foram convidados a experimentar, tocar e replicar o efeito a partir da "agitação dos ímãs" dentro do tubo de caneta.

Essa fala sobre "o efeito que eles estavam visualizando foi graças a Faraday" tinha como objetivo desconstruir a crença de que a ciência acontece apenas por meio de gênios e de

forma rápida. Além disso, ao entregar o aparato experimental aos estudantes, o objetivo era incentivá-los a interagir com o experimento, de modo que surgissem indagações e fosse construído o conceito de indução eletromagnética a partir dos primeiros subsídios fornecidos no primeiro encontro, sobre a experiência de Oersted. Dessa forma, os estudantes poderiam ir desenvolvendo esse conceito de indução eletromagnética por meio das experimentações realizadas, utilizando o contexto histórico que lhes foi fornecido para facilitar essa construção.

Logo em seguida, foi entregue um questionário contendo sete questões (apresentadas logo abaixo e disponível no Apêndice B) sobre a vida de Faraday e sua descoberta, relacionado com o que foi visto nas aulas.

1. O que você entende por fazer Ciência?
2. Como se deu a trajetória percorrida Faraday para a “descoberta” da indução eletromagnética? Aconteceu de forma repentina e linear? Descreva com aspectos culturais e sociais da época baseando-se nos slides e vídeo.
3. Quais dificuldades Michael Faraday encontrou em toda linha do tempo de suas pesquisas?
4. Qual hipótese pode ser formulada a partir do fenômeno visto no experimento?
5. Descreva o que você observou do experimento? Descreva tudo o que foi percebido.
6. Qual motivo faz você afirmar que o led acende?
7. Descreva qual a relação da experiência de Oersted e de Faraday. E como você chegou a essa relação?

A seguir descrevemos as análises e discussões dos dados buscando descrever de forma qualitativa as situações de ensino.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados obtidos a partir desta pesquisa sobre o conceito da indução eletromagnética de Michael Faraday, a partir da utilização de uma abordagem histórico-investigativa, deu-se através da aplicação de questionários em dois encontros ~~de 4 aulas~~ para alunos do último ano do Ensino Médio. Os questionários aplicados referem-se aos dois encontros, sendo que no primeiro encontro houve uma divisão em dois momentos. Na primeira parte, foi realizada uma intervenção sobre a experiência de Hans Christian Oersted, a qual serviu como problematização inicial para adentrar no conceito de indução eletromagnética de Faraday. No segundo momento, este conceito foi abordado a partir da utilização de recursos históricos, permitindo aos alunos a construção gradual deste conceito em relação ao referido fenômeno.

Portanto, com base nos questionários, podemos verificar algumas respostas dadas pelos estudantes a partir da intervenção realizada nessas quatro aulas. Os questionários (nos Apêndice A e B) e recursos, tais como textos (Anexo B), vídeos (Anexo A), slides (Apêndice C) e experimentos utilizados, poderão ser visualizados no apêndice ao final desta dissertação.

Em um dos momentos da intervenção, especificamente durante o primeiro encontro, na etapa da experimentação, foi demonstrado aos estudantes que, quando o ímã era aproximado a bússola o seu ponteiro sofria um movimento. Isso foi obviamente relatado por eles mesmos, a partir do questionamento do professor sobre essa operação realizada, com o intuito de fornecer aos estudantes conectores a partir desta demonstração, para que pudessem construir hipóteses e conceitos sobre o fenômeno que estavam visualizando. Esse processo visava prepará-los para fazerem uma relação no momento em que fossem realizar o experimento sobre o fenômeno descoberto por Oersted. Foi percebida uma correlação nas respostas dos estudantes no primeiro questionário do primeiro encontro, conforme podemos visualizar em uma das respostas de um estudante da turma do 3º ano A:

Relatos do estudante **A** referente ao questionário do Encontro 1:

Q.1 “A bússola em contato com a corrente elétrica se movimenta, pois esse processo gera um tipo de campo elétrico, ou seja, um magnetismo. ”

Q.2 A eletricidade quando passa pela bússola altera o campo magnético desta. Porque com a passagem da corrente ela cria algum tipo de magnetismo. ”

É possível perceber nas duas respostas do estudante, as quais são bastante semelhantes em seu sentido, que houve uma interpretação sobre a relação que o magnetismo tem com a

corrente elétrica, com auxílio dos "conectores" propiciados na intervenção, que foram os slides, os textos, as narrativas do professor e o próprio momento ativo na realização do experimento.

Uma das narrativas do professor em um dos momentos da intervenção no primeiro encontro foi mostrar que a bússola só se movia quando era posta na presença de um ímã, ou seja, de um campo magnético. Em seguida, o professor pegava qualquer material à sua disposição em sala, que não fosse ferromagnético, e mostrava aos alunos que a bússola não se movia, realçando ainda mais que a mesma só movimentava quando nas proximidades de um ímã.

Os grupos, então, foram indagados quando estavam realizando o experimento: "Se vimos que ela se movia apenas na presença de um ímã (campo magnético), logo, quando vocês encostam as extremidades dos fios na pilha fazendo mover a agulha da bússola, essa ação está produzindo um efeito semelhante ao quê?" Concomitantemente, os alunos respondiam baseados nas ações anteriores mediadas pelo professor, como pode ser visualizado acima na resposta do estudante sobre a questão 2, respondendo: "*Com a passagem da corrente elétrica, cria algum tipo de magnetismo*".

Ou seja, as ações e narrativas do professor criaram subsídios para que o estudante construísse esse conceito, essa hipótese. Podemos analisar neste relato um comportamento natural, proveniente das observações e experimentações realizadas pelos estudantes, situando assim, uma afirmação singular, ou seja, um comportamento do indutivista ingênuo - a qual está baseada nas atitudes visualizadas e realizadas pelos estudantes. Por exemplo, foi demonstrado ao estudante que a agulha da bússola movia-se na presença de um ímã, diversos materiais (não ferromagnéticos) foram colocados nas proximidades da bússola sem defletir a agulha da mesma. Logo, necessariamente, esta ação provoca uma indução, até inconscientemente, de que o comportamento da bússola só alterasse na presença de um campo magnético, já que materiais que não têm propriedades magnéticas foram confrontados com a bússola sem ocasionar a deflexão dela. Observações deste tipo são chamadas de afirmações singulares, nas quais o observador as toma como verdadeiras, já que devido a várias observações o comportamento induziu-se verdadeiro para com seus sentidos. Como é defendido por Chalmers (1993) ao afirmar que as afirmações a respeito do estado do mundo, ou de alguma parte dele, podem ser justificadas ou estabelecidas como verdadeiras de maneira direta pelo uso dos sentidos do observador não preconceituoso.

Como vimos no capítulo de referencial teórico/ epistemológico Chalmers (1993) diz que para o indutivismo a partir de certas condições satisfeitas é possível realizar uma generalização tomando como base várias proposições de observações singulares para legitimar

uma Lei Universal. E as condições para que precisam ser atendidas para a generalização na visão do indutivista é que o número de observações que está na base da generalização deve ser grande, as observações precisa ser feita levando em consideração uma ampla variedade de condições e nenhuma proposição de observação conflite com a lei geral.

Relatos do estudante **B** referente ao questionário 1.

Q.1 “Entendi que a bússola só se move quando há magnetismo, e a relação é porque talvez a corrente elétrica tenha um pouco de magnetismo.”

Q.2 “A produção de uma corrente magnética que move o ponteiro da bússola.”

Nesta resposta de outro estudante também é perceptível a presença de um relato no qual o mesmo fala que "a corrente elétrica tem um pouco de magnetismo", mostrando assim uma construção da relação entre eletricidade e magnetismo a partir dos subsídios que foram fornecidos no decorrer da intervenção. Na questão 2, o mesmo estudante fala de uma "corrente magnética" para relatar sobre a causa que fez com que a agulha da bússola se movesse. Sabendo que, pela narrativa do professor, só era movida quando estava nas proximidades de um campo magnético, ele fez esta relação chamando o efeito produzido quando encostava os fios na pilha de "corrente magnética".

Relatos do estudante **C** referente ao questionário 1.

Q.1 “Eu observei que, quando o fio conectado a pilha que transmite uma corrente elétrica, que ao colocar em cima do ponteiro da bússola há uma pequena movimentação, pois a corrente elétrica transmitida pelo fio tem uma semelhança de eletricidade magnética com o ponteiro da bússola pois o ponteiro é um ímã.”

Q.2 “A corrente elétrica que sai da pilha e percorre para o fio fazendo a movimentação do ponteiro é semelhante a do ímã pois o ponteiro da bússola é um ímã. A corrente transmitida é magnética assim sendo semelhante ambas as correntes.”

Nesta resposta, a estudante fala na primeira questão que a corrente elétrica transmitida pelo fio tem uma semelhança de eletricidade magnética com o ponteiro da bússola, pois o ponteiro é um ímã. Neste relato, é possível interpretarmos que a estudantes conseguiu perceber a existência da relação entre a passagem da corrente elétrica e a produção de um campo magnético. Na resposta, a estudante afirma que "a agulha da bússola é um ímã, logo moveu-se, pois a corrente elétrica produz uma característica semelhante à dos ímãs", na qual a estudante chamou de "eletricidade magnética".

Relatos do estudante **D** referente ao questionário 1.

Q.1 “A corrente elétrica está produzindo uma energia semelhante ao magnetismo.”

Q.2 “A intensidade, o campo magnético que a corrente elétrica produz é semelhante a que ao magnetismo produz.”

Depreende-se neste relato, no qual a estudante fala na primeira questão que "a corrente elétrica produz uma 'energia' semelhante ao magnetismo". Ou seja, devido à intervenção do professor, foi percebida a intenção dela em relatar que a corrente elétrica gerava uma propriedade (campo magnético) semelhante ao ímã, capaz de defletir a agulha da bússola.

Relatos do estudante **E** referente ao questionário 1.

Q.1 “Um fio ligado a pilha, quando o fio fica próximo a agulha da bússola, ela se move”.

Q.2 “São duas correntes compostas por magnetismo tanto a pilha como o ímã.”

Neste relato, na segunda questão, a estudante fala em "duas correntes compostas por magnetismo, tanto da pilha quanto do ímã". Então, podemos ver uma relação construída pela estudante entre eletricidade e magnetismo, mesmo acreditando que ela não tinha concepção sobre corrente elétrica em seu nível mais fundamental, ou seja, em relação às correntes na estrutura atômica dos ímãs. Ao modo pelo qual ela trata que o ímã gera uma corrente elétrica para mover a bússola.

Contudo, logo acima, foram expostos os relatos de alguns estudantes referentes ao primeiro questionário que foi aplicado no primeiro encontro de duas aulas. Iremos expor e discutir sobre o segundo questionário, onde continham 7 questionamentos e foi aplicado no segundo encontro de duas aulas. Neste último encontro, como já foi citado, o intuito era abordar a vida e pesquisas de Michael Faraday.

Com isso, as questões 1, 2 e 3 abordam aspectos da vida de Faraday, com o intuito de tentar trazer o aluno para uma realidade mais próxima com o cientista, no sentido de desmistificar a ideia de que o cientista é um ser supremo, demonstrando a trajetória difícil e trabalhosa que o próprio Faraday percorreu.

As questões 4, 5, 6 e 7 foram elaboradas com base no experimento que os estudantes realizaram após a aula expositiva da vida e obra de Faraday. Portanto, abaixo veremos alguns relatos de alguns estudantes referentes ao segundo questionário:

Relatos do estudante **F** referente ao questionário 2.

Q.1 “Fazer experimentos é descobrir coisas que envolve a química e a física.”

Q.5 “Sempre que o magnetismo aumenta ou diminui, produz eletricidade.”

Neste segundo questionário, temos as respostas de uma determinada estudante, na qual se destaca o relato da questão 5 sobre a hipótese construída pela estudante, a partir do que ela observou ao manipular o experimento, levando em consideração os conceitos que já foram

construídos no decorrer da intervenção a partir de vários recursos. Aqui, a estudante fala: "Sempre que o magnetismo aumenta ou diminui, produz eletricidade".

Desse modo, podemos ver aqui uma observação "própria" do observador (estudante), construída a partir da interação e observação do que acontecia na manipulação com o aparato experimental. Ao agitar os ímãs dentro do tubo de caneta, ela percebia o LED acender. Um fator importante é onde ela relata que o "magnetismo" aumenta e diminui, fazendo uma correlação com o ascender do LED.

Segundo Chalmers (1993, p. 19), para o indutivista ingênuo, a ciência começa com a observação. Para ele o observador, o cientista, deve ter órgãos sensitivos normais e inalterados e deve registrar fielmente o que puder ver, ouvir etc., em relação ao que está observando e deve fazê-lo sem preconceitos e permanecer neutro. Afirmações a respeito do estado do mundo, ou de alguma parte dele, podem ser justificadas ou estabelecidas como verdadeiras de maneira direta pelo uso dos sentidos do observador não preconceituoso.

Assim, a resposta relatada pela estudante está baseada no uso direto de seus sentidos, feito sem preconceitos. Podemos também observar, a partir dos relatos da estudante, a construção conceitual que foi obtida pela manipulação do experimento com os conectores em todo o processo percorrido na intervenção.

É importante compreender que o estudo usando a abordagem experimental, os estudantes não irão somente testar hipóteses, mas estão fazendo uso de um arcabouço teórico elaborado por seres humanos. Também poderão contextualizar o conteúdo em uma perspectiva histórica, refletindo sobre a natureza da ciência permeada por aspectos culturais, sociais. Assim promovendo uma formação mais crítica acerca da produção do conhecimento científico. (Heering; Höttecke, 2014; Batista e Silva 2018)

Os estudantes puderam contextualizar os conceitos construídos com a história da ciência que foram propostos no decorrer da intervenção e no ato de manipular o experimento, onde foi problematizado com a turma que o aparato experimental que eles estavam manipulando e produzindo tal efeito foi nada mais que a descoberta que o cientista Michael Faraday pesquisou por vários anos em uma determinada época. Este relato foi proferido com a finalidade de aproximar e correlacionar a história da ciência com os conceitos estudados e construídos na intervenção.

Exposições como estas, proferidas pelo professor em realçar o contraste das atividades realizadas pelos estudantes em sala com a história da ciência, buscam promover uma aproximação por parte destes em inspirar-se, em enxergar sua realidade, talvez, com a dos

cientistas, desmistificando essa ideia da ciência feita por grandes gênios e tornando-se assim um propulsor na aula.

Segundo Batista e Silva (2018), a abordagem Histórico-Investigativa visa motivar e ensinar conceitos científicos de uma forma mais crítica, explicitando dificuldades e conquistas e contextualizando os conteúdos trabalhados em sala de aula. De forma complementar, ao fazer o debate histórico juntamente com os experimentos, há a revelação de como a ciência é construída e funciona (Klassen, 2006; Hipst Project, 2009; Maurines; Beaufils, 2013; Allchin et al., 2014; Batista e Silva 2018)

Nestes mesmos relatos da estudante, na questão, é possível observar o que ela "entende" por ciência, relatando que fazer ciência é "fazer experimentos e descobrir coisas que envolvem a química e a física". Portanto, é possível visualizar neste relato que a ciência está voltada apenas à química e física, ou seja, como essas disciplinas estão bem impregnadas nos conceitos de ciências relatadas pelos estudantes.

Gerando aqui, neste relato, uma curiosidade do autor desta dissertação à medida que a estudante citou que fazer ciência está relacionado a descobrir algo que envolve física e química, não citando a biologia, compondo assim a área de ciências da natureza. Acreditando aqui, talvez, pelo fato da disciplina de biologia não envolver "números" em relação às aulas de física e química.

Contudo, percebemos neste relato uma visão empirista e indutivista da ciência, na qual está fortemente ligada apenas à realização de experimentos que envolvam apenas dados quantitativos. Corroborando assim, com o referencial teórico utilizado nesta dissertação, acrescentando nesta discussão um trecho deste referencial adotado, pois, segundo Chalmers (1993), relata que a sociedade, de forma geral, enxerga que o conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento.

Este relato, abaixo, é de outra estudante, de uma turma diferente da estudante do relato anterior. Aqui, podemos observar na resposta da questão 1 onde a aluna fala que a "ciência é o conhecimento que desfruta de experimentos". Logo, é possível notar novamente a ideia que vem arraigada pelos estudantes, onde a ciência se faz a partir do envolvimento íntimo com a realização de experimentos.

No relato da questão 5, a estudante construiu o conceito a partir das observações e manipulações com o experimento, onde pôde notar que o LED só acendia quando havia uma movimentação dos ímãs no interior do tubo de caneta, onde ela expressa: "Quando a força magnética aumenta ou diminui, produz eletricidade", ou seja, ascendendo a luz de LED. Foi

percebido aqui nesta resposta que a estudante notou o movimento de vai e vem do ímã, que a velocidade deste dentro do tubo influenciava na intensidade da luminosidade do LED.

Relatos do estudante G sobre o questionário 2.

Q.1 “*Ciência é o conhecimento que desfruta de experimentos.*”

Q.5 “*Quando a força magnética aumenta ou diminui produz eletricidade.*”

Adiante, segue algumas momentos de situações de aula que foram capturadas no momento da intervenção.

Fotos capturadas no primeiro encontro:

Figura 7: Atividade em grupo – realização do experimento de Oersted.



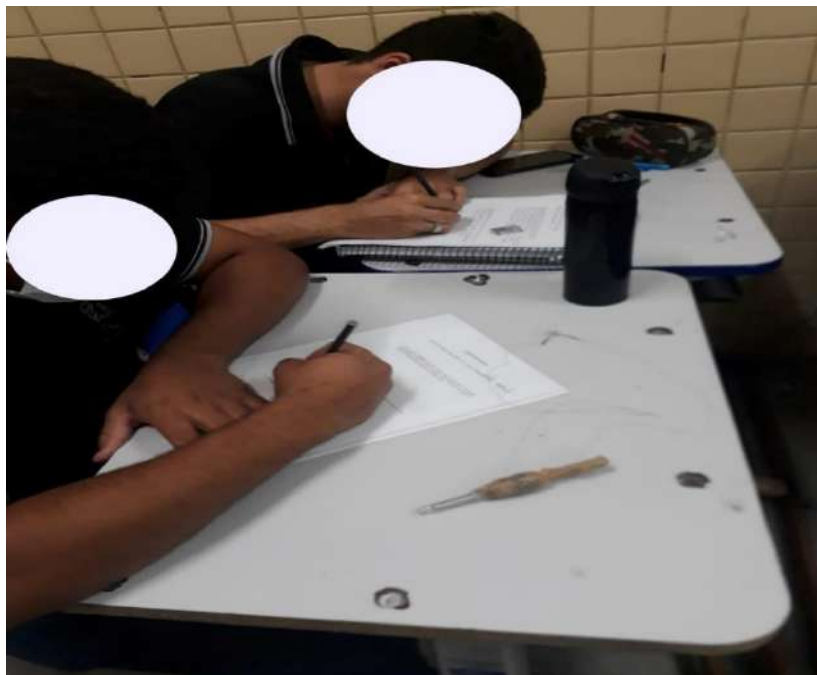
Fonte: do autor, 2023.

Figura 8:Atividade em grupo – realização do experimento de Oersted.



Fonte: do autor, 2023.

Figura 9:Atividade em grupo – realização do experimento de Oersted.



Fonte: do autor, 2023.

Figura 10: Atividade em grupo – realização do experimento de Oersted.



Fonte: do autor, 2003

Figura 11: Atividade em grupo – referente ao Encontro 2.



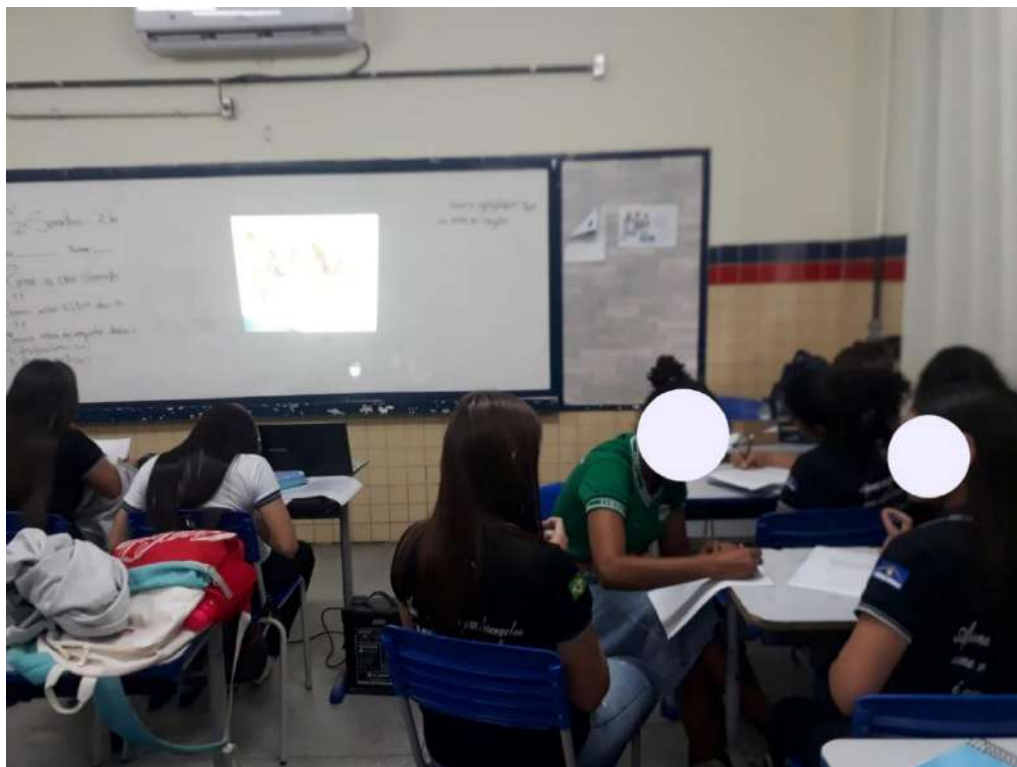
Fonte: do autor, 2003

Figura 13:Atividade em grupo – referente ao Encontro 2.



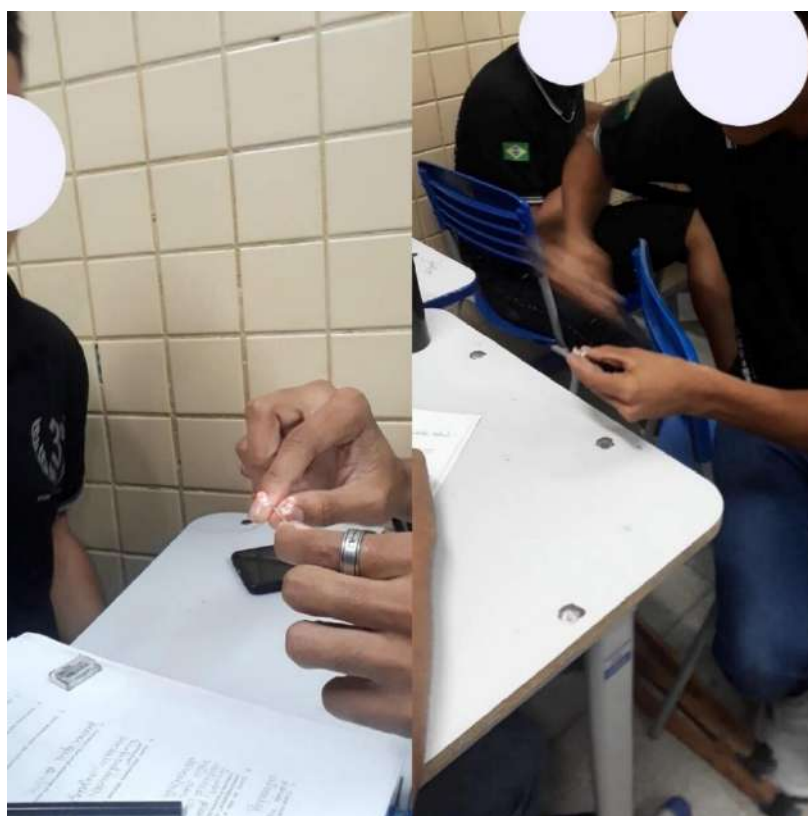
Fonte: do autor, 2003

Figura 12: Reprodução do vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday – referente ao Encontro 2.



Fonte: do autor, 2003

Figura 14: Estudantes respondendo questionário– referente ao Encontro 2.



Fonte: do autor, 2003

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de dissertação, buscamos uma maneira de iniciar os conteúdos sobre a indução eletromagnética em sala de aula de Física com a tentativa de provocar uma ruptura desse padrão que é roteirizado por parte dos professores em apresentar um fenômeno da física apenas apresentando o aparato experimental, manipulando-o e mostrando o efeito dele, induzindo o estudante a ter uma concepção imediatista da ciência e realizada apenas por mentes brilhantes.

Para desconstruir essa prática corriqueira, utilizamos como estratégia metodológica a Abordagem Histórica-Investigativa a fim de mostrar que por trás das imediatas demonstrações experimentais há todo um trabalho árduo de cientistas, no qual advém de erros, refutações, influência sociocultural, dentre outros. Isso tudo fundamentado nas ideias da História e Filosofia da Ciência defendidas pelo epistemólogo Allan Chalmers.

A partir de dois questionários aplicados na intervenção da sequência didática, foi possível coletar os dados para análise dos resultados, baseados nas respostas dos estudantes.

Figura 15: Estudantes manipulando o experimento sobre indução eletromagnética– referente ao Encontro 2.

Diante dos relatos avaliados, foi possível identificar que os estudantes conduzem uma concepção de ciência dotada especialmente da realização de experimentos e realizada apenas pelas ciências naturais (Química, Física e Biologia). De certo modo, essas concepções não são para tanto espanto, tendo em vista a realidade destes pensamentos percebidos nas próprias ações de professores e nos livros didáticos.

Como é visto em Silveira e Ostermann (2002), quanto a livros de Física para o ensino médio, é possível também encontrar obras recentes, de boa qualidade, que ainda insistem em caracterizar a Física através de seu "método experimental". Outro exemplo do enraizamento na concepção empirista-indutivista da ciência é visto, segundo Silveira e Ostermann (2002), em uma revista brasileira de ampla penetração junto a professores da rede de ensino. Também foi possível verificar que a concepção empirista-indutivista continua sendo veiculada.

As descrições dos relatos dos estudantes corroboram assim com o referencial teórico utilizado, onde estes conduzem uma concepção empirista e indutivista da ciência, meramente já caracterizada pelas ações cotidianas de ensino comumente e "inconsciente", ainda proferidas por parte dos que ensinam. Visto que é necessário se pensar estratégias de ensino que integre discussões da história e epistemologia da ciência para proporcionar uma aprendizagem mais

crítica e reflexiva sobre o desenvolvimento da ciência. (SILVEIRA e OSTERMANN, 2002, p. 12).

Os estudantes, a partir das narrativas históricas do professor, mediadas com slides, textos, vídeos e somados à realização da atividade experimental investigativa, puderam discutir, interagir e questionar sobre a história da ciência apresentada. Isso fez com que as aulas, nas quais são apresentados fenômenos da física a partir de um aparato experimental, mostrassem todo o processo histórico da ciência que está atrelado a uma "simples" apresentação de um fenômeno, neste caso, da indução eletromagnética. Além disso, ao mesmo tempo em que iam construindo o conceito da indução eletromagnética a partir da manipulação dos experimentos. Podemos salientar que ao fazer o debate histórico juntamente com os experimentos, há a revelação de como a ciência é construída e funciona.

Sendo assim, o mestrado possibilitou atentar-se à colocação em prática de novas metodologias de ensino no planejamento e execução das aulas. Viabilizando o planejamento com um cuidado especial na estrutura de uma sequência de ensino/didática para as aulas, com foco nas teorias de aprendizagem e epistemologia apresentadas ao longo do mestrado. Isso permite que na educação básica possamos ir além, sendo autônomos na investigação de outras teorias de ensino.

O mestrado em ensino de física proporcionou, em todo o seu processo e principalmente na leitura de livros, artigos e na aplicação do produto educacional em sala de aula, o despertar do interesse por essa área do ensino de física, especialmente na linha de pesquisa sobre a “didática das ciências”. Tenho interesse nesta temática, em investigar o processo de ensino-aprendizagem, especialmente pelos momentos desafiadores e estimulantes que envolvem o ato de investigar o processo pedagógico no ambiente educacional. Desde a concepção ingênua de que o ato de planejar é simples, antes mesmo de ser executado em sala.

Todo esse processo de planejamento que ocorreu na intervenção da sequência de ensino proposta nesta dissertação, juntamente com a análise realizada nas respostas dos estudantes nos questionários, que em certos aspectos corroboram com a proposta e referencial teórico utilizado, me engajou ainda mais no estudo desses processos que estão interligados desde o planejamento até o término de uma aula.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, L.O.F.; SILVA, A.C. Trabalho Prático: Concepções de Professores sobre as Aulas Experimentais nas Disciplinas de Química Geral. **Cadernos de Avaliação**, Belo Horizonte, v.1, n.3, p. 130-140. 2000.
- AUGUSTO, Cleiciele Albuquerque et al. Pesquisa Qualitativa: rigor metodológico no tratamento da teoria dos custos de transação em artigos apresentados nos congressos da Sober (2007-2011). RESR, Piracicaba-SP, Vol. 51, Nº 4, p. 745-764, Out/Dez 2013.
- BATISTA, Renata F.M., SILVA, Cibelle Celestino. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. Estudos Avançados 32 (94), 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Brasília: MEC, 2018.
- CHALMERS, Alan. F. A Fabricação da ciência. tradução de Beatriz Sidou. - São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1994. - (Biblioteca básica)
- CHALMERS, Alan. F. **O que é Ciência afinal?** Tradução: Raul Filker. Brasiliense, 1993.
- DIAS, Valéria Silva., MARTINS, Roberto de Andrade. Michael faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.
- EINSTEIN, A. Como vejo o mundo. 11. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.
- FERNANDES, M. A. M., PORTO, P.A. **Investigando a presença da história da ciência em livros didáticos de química geral para o ensino superior**. Quim. Nova, Vol. 35, No. 2, 420-429, 2012.
- GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1987.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física**, volume 3: eletromagnetismo, tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- KAKIJIMA, Robson Vieira. **Abordagem histórico-investigativa: contribuições para mudança de concepções inadequadas sobre ciências de alunos de licenciatura em química**. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM, 2023.
- LANG da Silveira, F. e OSTERMANN, F. **A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 19, número especial: p.7-27, jun. 2002.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Orsted e a descoberta do eletromagnetismo. Cadernos de História e Filosofia da Ciência (10): 89-114, 1986.
- MELLO, Cristiane Marques. **Abordagens e procedimentos qualitativos: implicações para pesquisas em organizações**. Revista Alcance - Eletrônica - Vol. 21 - n. 2 - abr./jun. 2014.
- PEREIRA, Boscoli Barbosa. Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. Cadernos da FUCAMP, v. 9, p. 83-92, 2010.
- PÉREZ, Daniel Gil et al. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico**. Ciência & Educação, v.7, n.2, p.125-153, 2001.
- PINTO, J. A. F., SILVA, A. P. B. **Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 176-196, abr. 2017.

SERWAY, R.A., JEWET JR., J.W. **Princípios de Física - eletromagnetismo** Vol. 3. 3ª ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2006.

SERWAY, R.A., JEWET JR., J.W. **Princípios de Física - eletromagnetismo** Vol. 3. 5ª ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2014.

SILVA, A. P. B. **Magnetismo e Condução de Calor no Trabalho de Seebeck: Desafios da Ciência Experimental**. In: SILVA, A. P. B., and MOURA, B. A., eds. *Objetivos humanísticos, conteúdos científicos: contribuições da história e da filosofia da Ciência para o ensino de Ciências* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2019, pp. 53-88. ISBN: 978-85-78795-79-5. <http://doi.org/10.7476/9786586221664.0003>.

VIEIRA, Felipe Torquato. **A vida de Kepler, Newton, Faraday e Einstein para a desmistificação do gênio científico**. Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá-SC, 2019.

APÊNDICE A – Questionário utilizado no final do primeiro encontro

QUESTÕES PARA RELATAR

ALUNO:_____ **TURMA:**_____

- 1. Qual a relação entre a eletricidade e o magnetismo?**

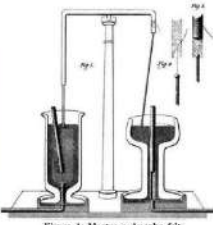
- 2. Descreva o que você entendeu do experimento. Relacione com o que você viu no texto; no vídeo e/ou na fala do professor.**

APÊNDICE B – Questionário utilizado no final do segundo encontro

QUESTIONAMENTOS

8. O que você entende por fazer Ciência?
9. Como se deu a **trajetória percorrida** Faraday para a “descoberta” da indução eletromagnética? Aconteceu de forma repentina e linear? Descreva com aspectos culturais e sociais da época baseando-se nos slides e vídeo.
10. Quais dificuldades Michael Faraday encontrou em toda linha do tempo de suas pesquisas?
11. Qual hipótese pode ser formulada a partir do fenômeno visto no experimento?
12. Descreva o que você **observou** do experimento? Descreva tudo o que foi percebido.
13. Qual motivo faz você afirmar que o led acende?
14. Descreva qual a relação da experiência de Oersted e de Faraday. E como você chegou a essa relação?

APÊNDICE C – Apresentação em powerpoint utilizada nos dois encontros

 CORRENTE ELÉTRICA E MAGNETISMO Professor: Mário Anderson Salgueiro 2023	 Hans Christian Ørsted.
Em 1820, Hans Christian Oersted. Oersted (à frente) vê surpreso a agulha da bússola girar quando seu assistente (atrás) liga um fio próximo a ela nos terminais de uma pilha de Volta. 	 Hans Christian Oersted mostrando a seus amigos o desvio da agulha magnética sob a influência de uma corrente elétrica, 1820.
 Réplica da bússola de Hans Christian Oersted, década de 1820	Em 1831, Michael Faraday   Figura 1: Mostra o desenho feito por Faraday e um esquema que demonstra o experimento feito por ele onde, o lado direito mostra a rotação do fio em torno do ímã e o lado esquerdo mostra a rotação do ímã em torno do fio.
 Michael Faraday (1791-1867) Palestra no Teatro da Royal Institution, c. 1856	
 Pilha voltaica (bateria) dada pelo conde Alessandro Volta a Michael Faraday em 1814	 Ímãs e magnetismo O experimento de ímã e bobina de Faraday, c 1831

APÊNDICE D – Produto Educacional

O produto educacional encontra-se no final, após os anexos.

ANEXO A – Vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday

Link do vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday:
<https://www.youtube.com/watch?v=Zc45pBiVKUc&t=438s>.



ANEXO B – Texto sobre a bússola

Bússolas

A bússola é constituída de uma agulha imantada que gira livremente ao redor de um eixo. A agulha da bússola sempre se alinha na mesma direção e, por isso, é utilizada como instrumento de orientação por viajantes e navegadores.

Os chineses já usavam a bússola como instrumento para navegação no século XII. Os ocidentais começaram a usar o instrumento um século depois. Acredita-se que o uso da bússola tenha sido um fator importante para o desenvolvimento das Grandes Navegações e da expansão comercial e marítima, ocorridas entre os séculos XIII e XVI, lideradas por importantes cidades europeias. As fotografias a seguir mostram a evolução das bússolas desde aqueles séculos até os tempos atuais.



Bússola de 1300.

Album/akg-images/Werner
Forman/Lainstock



Keren Su/Corbis/Fotoarena

Foto de uma bússola similar às da época das Grandes Navegações (século XVI).



Bússola.

Kenishiro/ie/Stock/Getty Images



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI - URCA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 31

MÁRIO ANDERSON LIMA DE OLIVEIRA

PRODUTO EDUCACIONAL

**UTILIZANDO A HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO RECURSO METODOLÓGICO PARA
O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO**

Juazeiro do Norte-CE
2023

Mário Anderson Lima de Oliveira

UTILIZANDO A HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO RECURSO METODOLÓGICO PARA
O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: UTILIZANDO A HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO RECURSO METODOLÓGICO PARA O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 31 – URCA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Rejane da Silva Dantas

Juazeiro do Norte-CE
2024

AGRADECIMENTOS

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) - Polo 31, (URCA), por conceber momentos de grandes aprendizados durante o processo.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa em criar o MNPEF e assim proporcionar para mim a realização de um Mestrado para alavancar em conhecimentos.

Ao meu orientador, professor Dr. Cláudio Rejane da Silva Dantas, pela paciência, compreensão e apoio, e pelas importantes dicas e ideias que nortearam e enriqueceram este trabalho.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	5
<u>1.1</u> Apresentação do produto educacional.....	5
1.2 A fundamentação.....	6
2. PROPOSTA DE ENSINO.....	7
3. ROTEIROS DE ELABORAÇÃO DE EXPERIMENTOS.....	12
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15
REFERÊNCIAS.....	17
APÊNDICES.....	18
APÊNDICE A – Questionário utilizado no final do primeiro encontro.....	18
APÊNDICE B – Questionário utilizado no final do segundo encontro	19
APÊNDICE C – Apresentação em powerpoint utilizada nos dois encontros	20
ANEXOS.....	21
ANEXO A – Vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday.....	21
ANEXO B – Texto sobre a bússola.....	22

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do produto educacional

Durante a carreira docente, surgem vários desafios, comumente naturais no processo de ensino-aprendizagem, considerando este como um "organismo" que está sempre a se desenvolver e aperfeiçoar. Neste processo, surgiu um problema referente a abordar um conteúdo em sala de aula – como iniciar determinado assunto para os alunos? Diante disso, foi pensado em utilizar a História da Ciência atrelada a experimentos. E assim, também, mudar o enfoque padronizado seguido por professores na utilização de experimentos, onde estes apresentam, manipulam e explicam o fenômeno sem preocupar-se com a História da Ciência por trás, induzindo o estudante a pensar que a Ciência é imediatista e realizada apenas por mentes brilhantes.

Sendo assim, este produto educacional visa promover uma proposta de ensino baseada na Abordagem Histórico-Investigativa (AHI) no ensino de Indução eletromagnética para estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

Neste material também conterà o passo a passo para montagem dos experimentos realizados, nos quais, foram a experiência de Oersted para defletir a agulha da bússola e a experiência de Michael Faraday (Lanterna de Faraday) para acender um LED.

1.2 A fundamentação

Nas aulas de Física, a utilização da experimentação por parte dos professores é comum na tentativa de diversificar/dinamizar a aula, trazer para os estudantes algo dinâmico. Utilizando como método, apresentar o aparato experimental (nome do experimento e funcionalidade), demonstrar o efeito e explicar o fenômeno, algo já padronizado, encaminhando o aluno para ver a ciência como intimamente ligada apenas a experimento – tratando-os como sinônimo. Sendo assim, os alunos apenas ficam ali sentados em suas carteiras observando o efeito experimental.

Neste sentido, o estudante enxerga a ciência voltada à realização de experimentos e espera extrair disso a obtenção de dados quantitativos, ou seja, números, para assim visualizar nos seus sentidos que está "fazendo ciência". Ou seja, um processo mecânico enraizado nas escolas, uma visão empirista da ciência. Segundo Chalmers (1993), relata que a sociedade, de forma geral, enxerga que o conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente.

Esta proposta de ensino está fundamentada nos pressupostos teóricos da epistemologia da ciência, especialmente do filósofo da ciência Allan Chalmers e como pressuposto metodológico está baseada na Abordagem Histórico-Investigativa (AHI).

O estímulo para o estudante é necessário para a busca e comprometimento em buscar o conhecimento, considerando as aulas nas quais são realizados experimentos com o intuito de abordagem inicial ao problema em questão, ao conteúdo a ser lecionado. Entretanto, a compreensão/maturação do professor em conscientizar a melhor maneira de abordar o conteúdo, considerando um aparato experimental, é de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem. Para desmistificar a ideia que o aluno tem de que a ciência é baseada apenas na realização de experimentos, onde o efeito é demonstrado de forma rápida, o que distorce todo o processo científico explícito por trás do conteúdo em questão. Com isso “A abordagem histórico-investigativa visa motivar e ensinar conceitos científicos de uma forma mais crítica, explicitando dificuldades e

conquistas e contextualizando os conteúdos trabalhados em sala de aula.” (BATISTA e SILVA, 2018, p. 100).

2. PROPOSTA DE ENSINO

Quadro 1: Roteiro da proposta de ensino realizada.

Encontro	Aula	Discussão	Recursos
1	Aula1: Abordagem inicial - (vida e obra) e problematização .	- Nesta etapa, foi apresentado brevemente sobre a vida de Hans Christian Oersted e sua descoberta (problematização) da relação entre eletricidade e magnetismo, com o intuito de ir moldando um cenário histórico da vida e obra do cientista. - Na apresentação da vida e descoberta de Oersted, continham imagens e pinturas simulando os acontecimentos e imagens de réplicas de materiais utilizadas por Oersted, retiradas do site da Royal Society. - Foi entregue um texto sobre a bússola com o intuito dos estudantes irem construindo alguns conectores para as atividades a serem realizadas.	- Aula expositiva através de slides contendo algumas imagens de materiais originais e réplicas utilizadas por Oersted. - Pequeno texto impresso.
	Aula 2: Utilizar a história da ciência para auxiliar nessa construção do problema e realização de experimento.	- Uso de narrativas históricas da época de Oersted, remetendo à comparação de aparelhos utilizados por ele na época, por exemplo, a pilha de Volta, e narrativas sobre materiais levados pelo professor, tudo isso com a finalidade de ir auxiliando os alunos a irem construindo os conectores sobre o experimento a ser realizado. - Realização do experimento sobre a descoberta de Oersted sobre a deflexão da agulha de uma bússola quando conectava os fios na pilha, deixando o mesmo paralelo à agulha da bússola, promovendo a sua deflexão.	Vários materiais utilizados como base de madeira, pilhas, fios bússolas e ímãs.
2	Aula 3: Apresentação da vida e obra de Michael Faraday.	Apresentação sobre a vida e estudos de Michael Faraday com imagens e vídeos que retratavam e ilustravam aspectos da época (roupas, utensílios experimentais, contexto sociocultural etc.), demonstrando a vida "difícil" que o "jovem" Faraday percorreu até a descoberta da indução eletromagnética, com o intuito de aproximar esses acontecimentos de um grande cientista para a realidade dos alunos.	Aula expositiva com a utilização de slides e vídeos.
	Aula 4: Realização de experimento sobre o efeito da indução eletromagnética.	Realização de experimento com materiais de baixo custo para demonstrar o efeito da indução eletromagnética de Faraday, fazendo questionamentos para os estudantes sobre todo o processo científico para a	Tubo de caneta transparente, fios esmaltados e ímãs de neodímio.

		descoberta da indução eletromagnética, confrontando com o primeiro experimento realizado por eles sobre a experiência de Oersted, desmistificando essa ideia da ciência com grandes gênios.	
--	--	---	--

• **DESCRIÇÃO: Primeiro encontro - aula 1 e 2**

Foi realizada uma aula expositiva utilizando recursos como um Datashow, pequenos textos e aparato experimental. O intuito deste primeiro encontro é abordar a problematização da aula a partir da experiência/descoberta do físico Hans Christian Oersted. Neste mesmo slide continham figuras/pinturas da época e réplicas de objetos utilizados por Oersted, as pinturas foram retiradas do site da The Royal Institution, segue o link <https://www.rigb.org/>.

A partir desta breve abordagem inicial é mostrada a descoberta de Oersted, na qual foi falado aos alunos somente que: Oersted descobriu que a agulha da bússola sofria uma deflexão quando ligava o fio aos terminais de uma pilha, ressaltando a pilha de Volta. Essa seria a problemática na qual era o intuito desta primeira aula da intervenção. Após esse relato foi entregue aos estudantes um pequeno texto falando sobre a importância das bússolas para o desenvolvimento das grandes navegações comercial e marítima, ocorridas entre os séculos XIII e XVI. Isso tudo tinha o intuito de ir dando subsídios para que os estudantes fossem conectando esses fatos à problematização que foi “lançada” (deflexão da agulha da bússola percebida por Oersted). Com isso, logo em seguida, foi dito aos estudantes que nessas navegações (referente ao texto entregue), foram percebidas deflexões na agulha da bússola em dias de tempestades, ou seja, quando ocorria um raio. Portanto, foi solicitado aos estudantes que fossem “guardando” esses relatos que tinham por finalidade a conexão com a segunda aula deste encontro, que seria a realização do experimento de Oersted por parte deles.

Na segunda aula, as turmas foram divididas em grupos e, logo em seguida, distribuído o material para que eles "refizessem" o efeito experimental desta descoberta, onde uma corrente elétrica gera nas suas imediações um campo magnético. Foi entregue a cada grupo pilhas, fios e uma bússola para realização da prática experimental. Em seguida, foi solicitado que cada grupo tentasse fazer a própria ligação dos fios e pilha para assim tentar fazer com que a agulha da bússola defletisse. Sendo assim, foi perguntado aos grupos o que acontecia com a agulha da bússola quando eles tocavam as extremidades do fio na(s) pilha(s), e os relatos diziam que a agulha da bússola se movia. Partindo disto, foi questionado aos grupos o que eles achavam que provocou esse efeito visualizado, correlacionado com os slides, textos, vídeos e fala do professor fornecidas anteriormente a essa atividade de experimentação. Para isso, também, foi realizado um questionário no final desta segunda aula a partir das atividades realizadas durante essas duas aulas.

DESCRIÇÃO: Segundo encontro - aula 3 e 4

Na terceira aula do segundo encontro, foi realizada uma aula expositiva agora com o objetivo realmente proposto nesta dissertação: o conceito da indução eletromagnética de Michael Faraday a partir da problematização: experiência de Oersted. Nesta terceira aula expositiva, se deu a partir de alguns slides com o intuito de demonstrar aos estudantes as pesquisas e descobertas do cientista Michael Faraday sobre a indução eletromagnética. Considerando que nas duas primeiras aulas do primeiro encontro foram abordados experimentos sobre Hans Christian Oersted, a intenção era criar conexões para a finalidade desejada, na qual os estudantes iriam conectar essas atividades com o conceito da indução eletromagnética de Faraday, a partir dos subsídios fornecidos ao longo das quatro aulas realizadas nos dois encontros.

Na terceira aula, foram exibidas imagens/pinturas da época com Faraday proferindo suas palestras e materiais originais utilizados por ele nas suas experiências. Nas demonstrações desses slides, já se mostrava aos alunos a diferença dos materiais utilizados na época para os que utilizamos, referindo-se à pilha que foi utilizada tanto na experiência de Oersted quanto na de Faraday. Uma das pilhas utilizadas para fornecer uma diferença de potencial necessitava de um grande número de placas de cobre e zinco empilhadas, diferentemente da atualidade em que isso está aperfeiçoado e compactado

em um pequeno objeto. Um dos relatos contidos em uma das fotos originais da pilha de volta, retirada do site da Instituição Real, utilizada por Faraday, relatava que ela foi dada de presente pelo conde Alexandre Volta.

Durante a apresentação da aula, paralelamente, era comentada a trajetória percorrida pelos cientistas para "fazer" ciência, especificamente em relação ao efeito estudado na intervenção: a relação entre eletricidade e magnetismo. Todo o processo para conseguir chegar a esta relação, especificamente referindo-se ao fenômeno da indução eletromagnética de Michael Faraday. Logo em seguida, ainda na terceira aula, foi reproduzido um vídeo de 14 minutos ilustrados com aspectos da época (roupas, utensílios experimentais, contexto sociocultural etc.), demonstrando a vida e obra de Michael Faraday. O objetivo era mostrar a vida "difícil" que o "jovem" Faraday percorreu até a descoberta da indução eletromagnética, onde mesmo com tantas dificuldades relatadas no vídeo, como a infância pobre e a ideia de que a ciência era apenas para pessoas de classe alta, o jovem não se deixou abalar. Sua trajetória foi desde a infância trabalhando encadernando livros até tornar-se presidente da Royal Society, sendo um dos mais renomados cientistas.

Esses relatos acima resultam em um dos pontos desta proposta, que busca desmistificar a ideia de que a ciência se baseia em um "gênio" trancado em seu laboratório coletando dados provenientes de suas experiências. Mas sim, tem todo um trabalho árduo no processo de construção do conhecimento científico. O próprio Faraday seguiu esse trajeto, enfrentando muitas dificuldades tanto no contexto da prática de pesquisas quanto no contexto histórico-social, pois é claro, o cientista é um ser humano e está intimamente moldado e influenciado pela sociedade e cultura na qual está inserido.

Passaram-se aproximadamente 11 anos desde a descoberta de Oersted em 1820 sobre o efeito da corrente elétrica gerando um campo magnético até a descoberta de Faraday em 1831 sobre a indução eletromagnética – sendo o efeito "inverso", onde a variação do campo magnético gera uma corrente elétrica. Isso novamente mostra a dificuldade vivida por um cientista, a tarefa árdua do processo científico, que não acontece meramente em um passe de mágica, mas tem atrelado todo um trabalho árduo com pesquisas, erros, refutações, influências externas (sociedade, cultura, política etc.), e mais, a ciência não é elitista/individualista, praticamente em todo contexto de pesquisas, ideias concebidas de outros cientistas.

Isso pode ser visto na própria trajetória do Faraday, onde suas ideias foram embasadas em ideias já concebidas por outros cientistas, como nas leituras e ideias de seu mentor, Ampère, entre outros. Assim, podemos citar a tão famosa frase proferida por Isaac Newton: "cheguei aonde cheguei pois estava aos ombros de gigantes".

Logo em seguida, na quarta aula, foi realizado um experimento sobre o efeito no qual Faraday havia descoberto – a indução eletromagnética. O experimento era simples em sua constituição: um tubo de caneta enrolado com várias voltas de um fio, com suas extremidades ligadas a dois LEDs, e alguns ímãs de neodímio em seu interior. Entretanto, referindo-se a essa constituição simples, o efeito é magnífico; os estudantes ficavam encantados com a demonstração, onde ao sacudir os ímãs no interior do tubo de caneta, os LEDs acendiam. Então, era relatado aos estudantes: "a constituição deste experimento é simples devido a seus materiais; o efeito que vocês ficaram entusiasmados pode-se demonstrar rapidamente, não foi isso?" Em seguida, era relatado que esse efeito visualizado não aconteceu de um dia para outro, mas teve todo um processo, uma trajetória percorrida por um cientista (o Faraday) para esse fenômeno acontecer, para chegar a essa descoberta da indução eletromagnética. E assim era reforçado: "o aparato experimental em sua constituição nos parece simples, a demonstração do efeito observado também no sentido de em poucos segundos fazemos a demonstração, mas, esse efeito visualizado é graças às pesquisas de Faraday que deu-se especificamente em onze anos desde a descoberta de Faraday, com muita dedicação, pesquisas, falhas, tentativas, preconceitos etc." Após essa demonstração e comentário sobre Faraday e o experimento que eles estavam observando, o experimento foi repassado para quem quisesse experimentar, tocar, fazer o efeito a partir da "agitação dos ímãs no interior do tubo de caneta."

Essa fala sobre o efeito que eles estavam visualizando, graças a Faraday, era para ir desconstruindo por eles essa crença de que a ciência acontece só por gênios e de forma rápida. Da mesma forma, o fato de ser entregue o aparato experimental a eles era para que os mesmos fossem interagindo com o experimento a fim de ir aparecendo indagações e construir o conceito de indução eletromagnética desde os primeiros subsídios fornecidos no primeiro encontro sobre a experiência de Oersted. Os alunos deveriam ir construindo esse conceito de indução eletromagnética a partir das experimentações realizadas, com o contexto histórico que foi repassado para facilitar nessa construção.

Logo em seguida, foi entregue um questionário contendo oito questões sobre a vida de Faraday e sua descoberta, relacionado com o que foi visto nas aulas.

3. ROTEIROS DE ELABORAÇÃO DE EXPERIMENTOS

Roteiro - experimento de Oersted

Objetivo:

- Fazer a agulha da bússola mover-se.
- Analisar a relação entre eletricidade e magnetismo.

Materiais:

- Bússola
- Base de madeira
- Fio condutor – aproximadamente 50 cm
- Pilha de 1,5 V

Figura 1: Materiais utilizados.

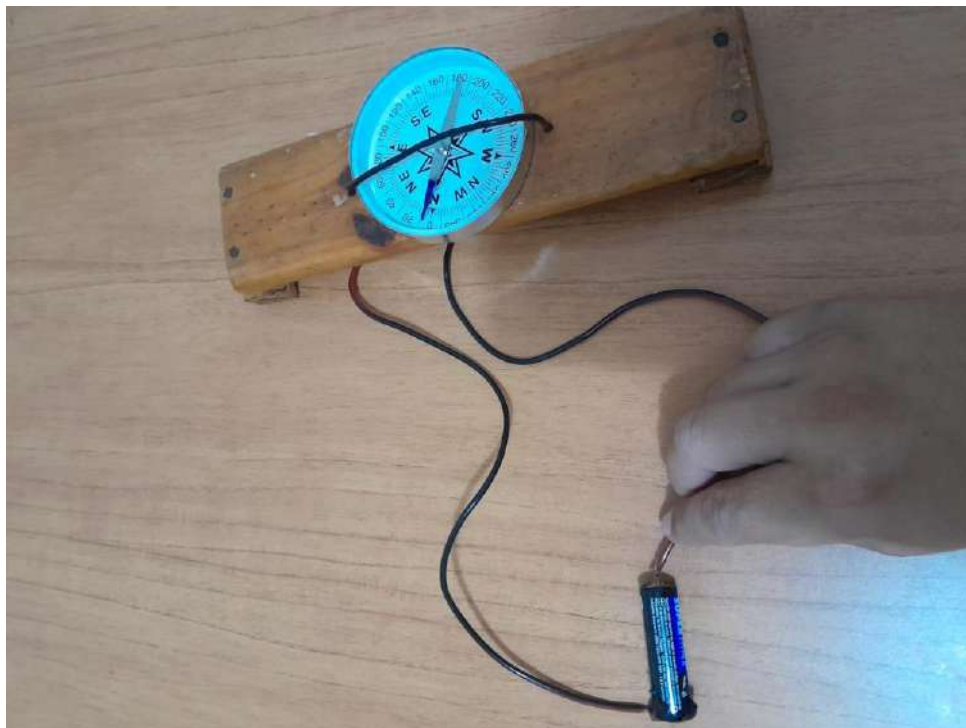


Fonte: do autor, 2023.

Procedimento experimental:

- Coloque a bússola sobre a base de madeira e o fio por cima dela, de modo que este esteja paralelo à agulha da bússola. Toque as duas extremidades do fio nos polos da pilha."

Figura 2: Experimento de Oersted.



Fonte: do autor, 2023.

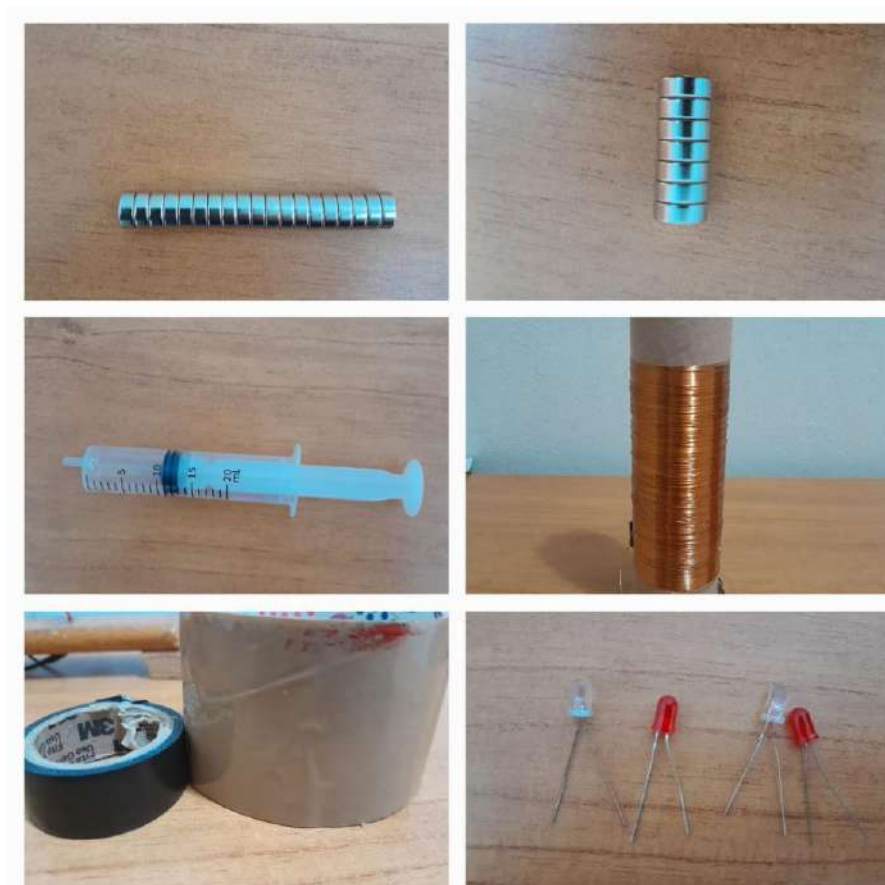
Nota: É interessante fazer dois furos na base de madeira na distância das duas extremidades do diâmetro da bússola, para que as duas extremidades do fio passem por esses furos, evitando assim ficar segurando o fio. Recomenda-se que deixe uma extremidade do fio em contato com um dos polos da pilha e que a outra extremidade seja tocada ocasionalmente no outro polo para melhor visualização do efeito."

Roteiro experimento de Faraday – Indução Eletromagnética

Materiais:

- Ímãs de neodímio
- Material com formato cilíndrico (diâmetro interno semelhante aos dos ímãs), foi usado tubo de caneta e seringa.
- Fio de cobre esmaltado
- Fita adesiva
- LED

Figura 3: Materiais utilizados.



Fonte: do autor, 2023.

Procedimento experimental:

Com o fio de cobre, faça uma bobina, enrolando 600 voltas no material cilíndrico (tubo de caneta ou seringa), deixando aproximadamente 40 cm para fora em ambas as extremidades. Raspe as pontas das duas extremidades do fio esmaltado e prenda nas pontas do LED. Lembre-se de colocar fita adesiva na bobina para mantê-la na posição. Ao agitar os ímãs no interior do tubo, o LED irá ascender.

Figura 4: Experimento – indução eletromagnética.



Fonte: do autor, 2023.

Nota: Utilizamos um fio de escala AWG 32. Deu certo; entretanto, o fio é muito fino e às vezes rompia-se no ato de agitar os ímãs dentro do material cilíndrico. Com isso, substituímos por um fio um pouco mais grosso de escala AWG 30.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta proposta de ensino está direcionada a estudantes que estejam cursando o 3º ano do Ensino Médio, onde os conteúdos trabalhados fazem parte da grade curricular desta referida série. Sendo abordados conteúdos sobre o eletromagnetismo utilizando a História da Ciência como propulsor nas atividades para os alunos investigarem e irem construindo conceitos.

Foi trabalhada a vida do cientista para mostrar que são pessoas comuns, desmistificando a ideia de cientista ser um grande gênio nato. Um bom exemplo disto foi utilizado nesta proposta de ensino mostrando a vida do cientista Michael Faraday, que teve uma infância pobre e não teve educação formal, mas, mesmo assim, foi um renomado cientista. Portanto, mostrando que a ciência não é intocável e advém de pesquisas, acertos, erros, etc. Tentando aproximar os estudantes no ensino de Física sem estereótipos sobre esta, aumentando a autoestima do aluno em enxergar que estes grandes cientistas também têm dificuldades.

Nesta proposta de ensino é vista a importância da História da Ciência no ensino de física, onde abordar um conteúdo em sala de aula atrelado a um experimento, demonstrando que determinado fenômeno visualizado não vem por acaso, mas sim com um trabalho árduo por parte de quem pesquisa.

Contudo, é perceptível na sequência desta proposta de ensino que o conteúdo a ser abordado pode ser alterado sem nenhum receio, pois, a sequência abordada permanecerá a mesma. Sendo assim, modificando os recursos utilizados e adaptando-os ao novo conteúdo.

REFERÊNCIAS

BATISTA, Renata F.M., SILVA, Cibelle Celestino. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. *Estudos Avançados* 32 (94), 2018.

CHALMERS, Alan. F. **O que é Ciência afinal?** Tradução: Raul Filker. Brasiliense, 1993.

The Royal Institution. Página inicial. Disponível em: <https://www.rigb.org/>. Acesso em:

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário utilizado no final do primeiro encontro

QUESTÕES PARA RELATAR

ALUNO:_____ **TURMA:**_____

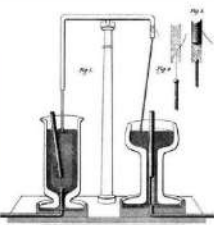
1. Qual a relação entre a eletricidade e o magnetismo?
2. Descreva o que você entendeu do experimento. Relacione com o que você viu no texto; no vídeo e/ou na fala do professor.

APÊNDICE B – Questionário utilizado no final do segundo encontro

QUESTIONAMENTOS

1. O que você entende por fazer Ciência?
2. Como se deu a **trajetória percorrida** Faraday para a “descoberta” da indução eletromagnética? Aconteceu de forma repentina e linear? Descreva com aspectos culturais e sociais da época baseando-se nos slides e vídeo.
3. Quais dificuldades Michael Faraday encontrou em toda linha do tempo de suas pesquisas?
4. Qual hipótese pode ser formulada a partir do fenômeno visto no experimento?
5. Descreva o que você **observou** do experimento? Descreva tudo o que foi percebido.
6. Qual motivo faz você afirmar que o led acende?
7. Descreva qual a relação da experiência de Oersted e de Faraday. E como você chegou a essa relação?

APÊNDICE C – Apresentação em powerpoint utilizada nos dois encontros

 CORRENTE ELÉTRICA E MAGNETISMO Professor: Mário Anderson Salgueiro 2023	 Hans Christian Ørsted.
Em 1820, Hans Christian Oersted. Oersted (à frente) vê surpreso a agulha da bússola girar quando seu assistente (atrás) liga um fio próximo a ela nos terminais de uma pilha de Volta. 	 Hans Christian Oersted mostrando a seus amigos o desvio da agulha magnética sob a influência de uma corrente elétrica, 1820.
 Réplica da bússola de Hans Christian Oersted, década de 1820	Em 1831, Michael Faraday   Figura 1: Mostra o desenho feito por Faraday e um esquema que demonstra o experimento feito por ele onde, o lado direito mostra a rotação do fio em torno do ímã e o lado esquerdo mostra a rotação do ímã em torno do fio.
 Michael Faraday (1791-1867) Palestra no Teatro da Royal Institution, c.1856	
 Pilha voltaica (bateria) dada pelo conde Alessandro Volta a Michael Faraday em 1814	 Ímãs e magnetismo O experimento de ímã e bobina de Faraday, c 1831

ANEXOS

ANEXO A – Vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday

Link do vídeo sobre a vida e obra de Michael Faraday:
<https://www.youtube.com/watch?v=Zc45pBiVKUc&t=438s>.



ANEXO B – Texto sobre a bússola

Bússolas

A bússola é constituída de uma agulha imantada que gira livremente ao redor de um eixo. A agulha da bússola sempre se alinha na mesma direção e, por isso, é utilizada como instrumento de orientação por viajantes e navegadores.

Os chineses já usavam a bússola como instrumento para navegação no século XII. Os ocidentais começaram a usar o instrumento um século depois. Acredita-se que o uso da bússola tenha sido um fator importante para o desenvolvimento das Grandes Navegações e da expansão comercial e marítima, ocorridas entre os séculos XIII e XVI, lideradas por importantes cidades europeias. As fotografias a seguir mostram a evolução das bússolas desde aqueles séculos até os tempos atuais.



Album/Ag-images/Werner
Forman/Latinstock

Bússola de 1300.



Keren Su/Corbis/Fotoarena

Foto de uma bússola similar às da época das Grandes Navegações (século XVI).



Kenishrotief/Stock/Getty Images

Bússola.