



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

**ELSON FERNANDO DAMASO DE ARAUJO**

**CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DIDÁTICA NA  
PERSPECTIVA HISTÓRICA E EXPERIMENTAL DE BIOT E SAVART**

**CAMPINA GRANDE/PB**

**2018**

ELSON FERNANDO DAMASO DE ARAUJO

**CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DIDÁTICA NA  
PERSPECTIVA HISTÓRICA E EXPERIMENTAL DE BIOT E SAVART**

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

**Área de concentração:** Ensino de Ciências

**Orientador:** Prof. Dr. Marcos Antônio Barros

**CAMPINA GRANDE/PB**

**2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A658c Araujo, Elson Fernando Damaso de.  
Construção de uma ferramenta didática na perspectiva histórica e experimental de Biot e Savart [manuscrito] / Elson Fernando Damaso de Araujo. - 2018.  
54 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.  
"Orientação : Prof. Dr. Marcos Antônio Barros, Coordenação do Curso de Física - CCT."  
1. Ensino da física. 2. Eletromagnetismo. 3. Ferramenta didática. 4. Paradidático. I. Título  
21. ed. CDD 530.14

ELSON FERNANDO DAMASO DE ARAUJO

CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DIDÁTICA NA PERSPECTIVA  
HISTÓRICA E EXPERIMENTAL DE BIOT E SAVAR

Dissertação apresentada à Banca Examinadora como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

Aprovada em 28 / 08 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Antônio Barros  
Departamento de Física/CCT/UEPB  
Orientador



Prof. Dr. José Joelson Pimentel de Almeida  
Departamento de Matemática/CCT/UEPB  
Examinador Interno



Prof. Dr. Fabrício Costa Dias  
UNIFACISA  
Examinador Externo

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que me deu sabedoria para estudar, concluir o Mestrado em Ensino de Ciências.

À minha família que desde a tenra idade me deu formação e me instruiu nos caminhos do saber, me motivando a gostar de estudar.

À minha esposa, Ana Raquel, e aos filhos, João, Sofia e Pedro, que durante toda trajetória vieram abrilhantar meus estudos, tornando-os mais leves em cada etapa do curso.

À família da minha esposa que sempre se orgulhou de mim, externando admiração, carinho e apreço, fatores que muito me incentivaram.

A todos que fazem a Universidade Estadual da Paraíba, em particular aos professores do Mestrado, os quais foram dedicados e pacientes em repassar suas experiências profissionais com tanta sabedoria.

Ao Doutor Marcos Barros minha gratidão e admiração pelo excelente profissional, o qual não mediu esforços em orientar e acompanhar meus estudos, publicações e trabalhos de final de curso.

Aos Doutores José Joelson Pimentel de Almeida e Fabrício Costa Dias, pela dedicação e competência em participar e revisar todo conteúdo deste trabalho, contribuindo à sua otimização.

## RESUMO

Para o ensino de física, a literatura tem nos alertado para uma forte e notável presença de concepções alternativas na estrutura cognitiva dos alunos do ensino médio e, até mesmo, nos cursos de graduação em física, apesar de já terem cursado disciplinas acadêmicas que abordam os conceitos científicos. Essas dificuldades conceituais, vivenciadas em sala de aula, nos fez refletir sobre este trabalho que ora apresentamos, permitindo-nos entender que uma das saídas para minimizar esses erros conceituais seria trabalhar determinados episódios sob uma perspectiva histórica, incrementando-a ao aspecto experimental. Esses pressupostos nos fez enxergar uma nova possibilidade de produzir um ensino de física mais eficiente, na qual teríamos como aporte didático um paradidático, possibilitando a quem dela fizer uso, uma visão diferenciada da produção do conhecimento envolvido no processo de construção do conceito, sobrepujando o ensino do mesmo pelo processo tradicional e restrito. Nesse sentido, nosso trabalho traz uma revisão de literatura que aponta, de maneira geral, para os benefícios metodológicos que o ensino de física pode proporcionar quando se utiliza de uma abordagem histórica e experimental. Em seguida, apresentamos uma fundamentação teórica, com uma descrição histórica e conceitual da fase inicial do eletromagnetismo, no qual evidenciamos os aspectos experimentais propostos e desenvolvidos por Oersted, Ampere e Biot e Savart. Essas descrições teóricas foram fundamentais para embasar nosso paradidático, ao tempo em que nos proporcionou uma visão mais acurada a respeito dos experimentos desenvolvidos na época, possibilitando-nos construir um equipamento experimental que consiga ser uma representação física do experimento desenvolvido por Biot e Savart. Destarte, entendemos que o uso de dois produtos associados a uma mesma ideia, possa ser uma iniciativa copiosa para o processo ensino e aprendizagem de conceitos físicos, capaz de produzir ganhos conceituais, ao tempo em que se produz uma barreira contra os conceitos alternativos.

**Palavras-Chave:** Ensino e aprendizagem; experimentos históricos; história e filosofia da ciência; Paradidáticos.

## ABSTRACT

For physics teaching, literature has alerted us to a strong and notable presence of alternative conceptions in the cognitive structure of high school students, and even in undergraduate courses in physics, although they have already studied academic subjects that address the scientific concepts. These conceptual difficulties, experienced by me in the classroom, led us to reflect on the present work, allowing us to understand that one of the ways to minimize these conceptual errors would be to work certain historical episodes from a historical perspective, increasing it to the aspect experimental. These presuppositions made us see a new possibility of producing a more efficient physics teaching, in which we would have as a didactic contribution a teaching booklet, allowing to those who make use of it, a differentiated view of the production of the knowledge involved in the process of constructing the concept, surpassing the teaching of the same by the traditional and restricted process. In this sense, our work brings a literature review that points, in a general way, to the benefits that the teaching of physics can provide when using a historical and experimental approach. Next, we present a strong theoretical foundation, with a historical and conceptual description of the initial phase of electromagnetism, in which we show the experimental aspects proposed and developed by Oersted, Ampere and Biot e Savart. These theoretical descriptions were fundamental to support our paradigm, while giving us a more accurate view of the experiments developed at the time, allowing us to build an experimental equipment that can be a physical representation of the experiment developed by Biot and Savart. In this way, we understand that the use of two products associated to the same idea can be a copious initiative for the teaching and learning process of physical concepts, capable of producing conceptual gains, while at the same time creating a barrier against alternative concepts.

**Keywords:** Teaching and learning; historical experiments; history and philosophy of science; paradidactics.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	10
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	10
<b>2.1.1. Breve panorama sobre o uso da História e Filosofia das Ciências</b> .....	11
<b>2.1.2. O uso da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física</b> .....	14
2.2 O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	17
<b>2.2.1. “Experimentos históricos”</b> .....	22
<b>3. ELETRICIDADE E MAGNETISMO: APANHADO TEÓRICO DE DIFEREN- TES FÍSICOS</b> .....	26
3.1. ISAAC NEWTON .....	27
3.2. HANS CRISTIAN OERSTED.....	31
3.3 ANDRÉ-MARIE AMPÈRE.....	34
3.4 JEAN-BAPTISTE BIOT E FÉLIX SAVART.....	32
<b>3.4.1. O experimento de Biot e Savart</b> .....	34
<b>4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS</b> .....	38
4.1 PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE OBJETO DIDÁTICO.....	47
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51



## 1 INTRODUÇÃO

Normalmente, a escolha de um tema de pesquisa está associada, de modo geral, a um conjunto de influências que se associam ao perfil profissional do pesquisador e transcendem questões apresentadas na presente discussão. Acreditamos haver, dentro desse conjunto de influências, uma motivação preponderante para essa escolha: a admiração pelo tema.

Embora estando envoltos em uma série de referências que elaboram argumentos pertinentes e impactantes em defesa do uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) e das atividades experimentais, nossa admiração é fundamentada por uma história que se inicia na graduação e perdura até os dias atuais. Essa admiração surgiu, quando, em diferentes momentos, tivemos a oportunidade de discutir episódios científicos por meio de uma perspectiva histórica e, também, quando pudemos visualizar e construir atividades experimentais apresentadas nas aulas de física, ainda na graduação.

Durante os anos iniciais, mais especificamente nas aulas de laboratório, adquirimos técnicas mais sofisticadas para construção de aparatos experimentais e suas análises. Além disso, durante essas aulas, conseguiu-se habilidades que facilitaram essas atividades. Com isso, pudemos fazer algumas modificações nos experimentos que já conhecíamos, bem como a proposição de novos experimentos. Nesse sentido, foi desenvolvido, na disciplina de Física Geral IV, uma releitura do aparato experimental para visualizar a lei de Biot e Savart, que representou o início da emancipação do pensamento, fazendo-nos crer que esse era um conhecimento que poderia se estender e ser consideravelmente aprofundado.

Nos anos seguintes, tivemos a oportunidade de cursar a disciplina: História da Física, que nos acrescentou um conhecimento muito complexo e que diferia bastante daquele que já tínhamos assimilado. O contato com essa disciplina nos fez perceber o enredamento que está intrínseco ao processo de construção de um novo conhecimento e nos chamou a atenção para questões antes desconsideradas, como por exemplo, a possível presença de erros históricos e conceituais e a fragilidade da ciência.

Ao longo desses anos de graduação ficamos intercalando nossos interesses pela análise histórica de um episódio e a sua reprodução experimental. Contudo, ao amadurecer essas ideias, enxergamos a possibilidade de associar essas abordagens, produzindo um conhecimento único que se apoia em duas abordagens diferentes, mas que podem se complementar de forma bastante eficiente, produzindo assim um ensino mais contextualizado e rico.

Contudo, cabe ressaltar que o ensino de ciências ainda apresenta uma série de dificuldades que precisam ser sanadas e, infelizmente, tratar esse ensino como motivador e eficiente pode ser visto como uma utopia. Acreditamos que, enquanto professores, há, em nós, capacidade para, possivelmente, melhorar essa realidade, e é a essa possibilidade que nos apegamos para desenvolver esta pesquisa. Podemos dizer que, em decorrência de nossa prática, que não deixa de mencionar certa perspectiva de conhecimento e também do papel do ensino de ciências para a educação básica, a ciência é apresentada de maneira fragmentada, descontextualizada.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho consiste em produzir uma ferramenta didática de fácil manuseio, capaz de sinalizar para a evolução histórica do princípio do eletromagnetismo, esclarecendo aspectos obscuros em certas teorias científicas, também rompendo com determinados dogmas e concepções equivocadas presentes em livros textos e didáticos além, da produção de um paradidático com características experimentais e históricas, escrito de forma simples, na qual se possa vislumbrar um acontecimento muito importante no desenvolvimento do eletromagnetismo, tomando como ponto de partida os experimentos de Oersted, passando por Ampère até aos experimentos e contribuições de Biot-Savart.

É notório que a utilização de “experimentos históricos” associados ao relato do seu desenvolvimento, se insere no ensino como uma estratégia de conexão, própria das ciências e que representa à este pesquisador, a materialização de um sonho pessoal, bem como do esforço em dinamizar o processo de reflexão-ação na área de ensino de ciências que culminará na busca pela superação de abordagens ambíguas, fragmentadas e lineares em nossas práticas didático-pedagógicas.

Considerando o objetivo proposto, esta dissertação tem o seguinte plano organizacional: além desta introdução, temos o capítulo de revisão de literatura com os aportes teóricos que subsidiaram nossa pesquisa, nos proporcionando alternativas várias que contribuíram e que ainda contribuem para a melhoria do processo ensino e aprendizagem, tornando o ensino de física mais eficiente. Nesta revisão, buscamos apoio na associação do uso da HFC com as atividades experimentais correlatas.

No capítulo da fundamentação teórica, fizemos uma acentuada varredura sobre os episódios históricos do eletromagnetismo, desde Oersted a Biot-Savart, nos fundamentando em sua descrição teórica e experimental, resgatando detalhes importantes na construção desse processo. Além disso, a evolução ali descrita serviu de base literária para o que propomos como material didático, aqui chamado de paradidático, objetivando uma compreensão mais

simples dos acontecimentos arrolados, sem perder o rigor científico peculiar a toda ferramenta que se digne a proporcionar conhecimento.

No quarto capítulo, aqui chamado de metodologia, discutimos a respeito da abordagem qualitativa e suas peculiares ferramentas de coleta de dados, a exemplo da pesquisa documental e a bibliográfica, que sinalizam para os propósitos pensados. Ainda neste capítulo, descrevemos os procedimentos utilizados na produção do paradidático e dos experimentos montados, bem como o seu funcionamento. No último capítulo fizemos as nossas considerações, pontuando para os possíveis ganhos conceituais que um paradidático, no molde aqui produzido, possa trazer para o processo ensino e aprendizagem de um determinado assunto da física.

## 2.1 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Contextualização

Ao analisar o panorama geral da educação é visível que o ensino das ciências ainda ocorre por meio de uma maneira conservadora que não vem produzindo bons resultados, fazendo com que a presença dos alunos e professores na escola deixe de ser uma experiência relevante e produtiva. Segundo Pacca (1984), a preocupação com o ensino de Física é alimentada por vários fatores, dentre os quais se destacam: conceitos equivocados, fórmulas sem sentido, afirmações irreais e outras ocorrências.

No que se refere à prática de ensino do professor de ciências, é possível notar que ainda há presença de práticas inadequadas, como aulas meramente expositivas e supervalorização dos cálculos, em que são apresentadas fórmulas, números e resultados que, na maioria das vezes, não possuem significado para o aluno (MOREIRA *et. al.*; 2007).

Nesse sentido, algumas mudanças de cunho técnico-científicas, que visam suprimir algumas dessas necessidades acima citadas, são propostas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). De maneira geral, podemos colocar que esse documento estabelece metas para alcançar uma educação científica de qualidade em todos os níveis pedagógicos. Objetivase, a partir de suas orientações, formar cidadãos contemporâneos que sejam atuantes e capazes de participar ativamente na sociedade em que vivem; desenvolvendo nos alunos uma análise crítica, investigativa e criativa, além de entender a articulação entre os conteúdos científicos e seus usos sociais, de modo que se possa promover o desenvolvimento de competências, visando contribuir para o processo de ensino e aprendizagem (BRASIL, 2000).

Desse modo, ressalta-se a importância da utilização de práticas de ensino diferenciadas que permitam ao aluno questionar, criticar e estabelecer ligações entre o que ele aprende em sala de aula e o mundo cotidiano. Paraná (2008) destaca que a escola deve ser um espaço de pesquisa, de construção e reconstrução do conhecimento, promovendo a articulação entre o conhecimento elaborado e os temas da vida cidadã. Mais do que promover a aprendizagem dos conteúdos, o objetivo do ensino de ciências é possibilitar uma mudança para uma posição mais ativa do aluno em relação ao conhecimento científico (VILLANI; BAROLLI, 1999).

Pesquisadores em Ensino de Ciências vêm desenvolvendo estudos que vislumbram alternativas para a melhoria do ensino nessa área, nos diversos níveis escolares. Há de fato, uma quantidade significativa de abordagens e ferramentas que propõem a concretização de um ensino mais eficiente, ou seja, um conhecimento que leve o aluno a questionar e pensar acerca daquilo que está sendo visto. Portanto, diante das várias possibilidades, estamos

apostando na História e Filosofia das Ciências (HFC) associada ao uso de atividades experimentais como uma possibilidade de ensino, a fim de atingir aquilo proposto nos PCN's:

“Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas”. (BRASIL, parte III, 2000, p. 24)

As diferentes abordagens que discutem a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências têm demonstrado uma deficiência na utilização de aspectos experimentais nas aulas de ciências (HÖTTECKE, 2000). Essa ausência pode gerar uma lacuna epistemológica, já que as ciências naturais são fortemente associadas às ciências empíricas. Essa lacuna epistemológica pode fazer com que a experimentação seja vista como um papel distorcido no processo de construção e desenvolvimento de conhecimentos e, ao invés de ser uma atividade que permite a visualização prática daquilo que é proposto nas teorias, essa passa a ser um norteador que permite comprovar ou refutar teorias. Neste sentido, nos chama a atenção que essa dimensão empírica seja tão pouco explorada nas aulas de Física, tendo em vista sua manifesta relevância a apropriada construção de conhecimentos.

Nesse sentido, a discussão do uso de “experimentos históricos” no Ensino de Física como estratégia para o processo de contextualização e articulação da dimensão histórica do conhecimento científico passa a ter uma considerável relevância. Assim, o presente capítulo faz uma breve descrição do panorama atual das publicações em HFC, traz alguns apontamentos acerca de sua utilização e descreve argumentos sobre o uso de atividades experimentais, aliados à história e filosofia da ciência, com base em bibliografia pertinente.

### **2.1.1. Panorama sobre o uso da História e Filosofia das Ciências**

Para que se tenha um conhecimento mais amplo acerca do que é discutido, em termos pedagógicos, sobre o uso da HFC, estamos nos fundamentando em um trabalho de Teixeira *et al* (2012), no qual os autores fazem um levantamento bibliográfico sobre o que está sendo publicado em periódicos sobre História e Filosofia da Ciência (HFC).

Eles selecionaram 2.500 trabalhos que foram expostos a determinados critérios de exclusão<sup>1</sup>. E, a partir disso, buscaram apresentar um detalhamento das pesquisas que investigam intervenções didáticas orientadas por História e Filosofia da Ciência em salas de aula de Física e que estão publicadas nas principais revistas brasileiras dedicadas à publicação de trabalhos em Ensino de Ciências e Ensino de Física.

Após essa análise, foram selecionados 160 trabalhos que estavam relacionados com o uso didático de HFC no Ensino de Ciências. Foram encontrados artigos publicados desde a década de 1980 até o primeiro semestre do ano de 2011. Com base nos resultados de Teixeira *et al* (2012), dos 160 artigos, 12 foram publicados entre os anos de 1980 e 1989; 26 entre 1990 e 1999; 101 entre 2000 e 2009 e 21 artigos entre 2010 e 2011 (lembrando que só foram analisados os periódicos de 2010 e primeiro semestre de 2011, quando foi concluída a pesquisa). Isso nos revela que essas publicações vêm crescendo bastante ao longo dos anos.

Para fazer uma caracterização geral sobre essas pesquisas, os autores levaram em consideração alguns pontos relevantes, dentre os quais destacamos os seguintes: a temática dos trabalhos, o público alvo e a presença de aspectos históricos e filosóficos nesses artigos. Em primeiro momento, destacamos que o que foi encontrado pelos autores, no que se refere ao conteúdo, mostra que, em sua maioria, esses trabalhos visam discutir conteúdos e aspectos da Física clássica. Nas demais áreas da Física muito pouco foi discutido, a Física moderna, por exemplo, apresenta apenas um artigo e questões referentes à teoria quântica não são citadas. Esse é um fato interessante, pois, reforça aquilo que já havia sido observado anteriormente por Araújo & Abib (2003).

Os autores supracitados fizeram uma análise da produção recente na área de investigações sobre a utilização da experimentação como estratégia de ensino de Física. A análise dos dados teve como referência os trabalhos publicados entre 1992 e 2001 na Revista Brasileira de Ensino de Física (SBF), em seu encarte Física na Escola e também no Caderno Catarinense de Ensino de Física (UFSC), revelando que, apesar da pesquisa sobre essa temática revelar diferentes tendências e modalidades para o uso da experimentação, essa diversidade, ainda é pouco analisada e discutida nesses trabalhos e não se explicita nos materiais de apoio aos professores. Assim, como no trabalho de Teixeira *et al* (2012), embora

---

<sup>1</sup>Para essa pesquisa os autores adotam como critério uma ampla varredura nas bases de dados de periódicos nacionais (É utilizado apenas um periódico internacional). A busca dos trabalhos para a análise foi feita de maneira detalhada, verificando cada número de publicação. A seleção inicial foi feita por meio da leitura dos títulos e resumos dos artigos de cada número das revistas. Em alguns casos, quando isso não era suficiente, foi feita a leitura integral do artigo.

analisem panoramas diferentes, Araújo & Abib (2003) chegam ao mesmo resultado, pois ambos encontram produções significativas em cada área, mas o número de atividades voltadas para sala de aula ainda é escasso.

No que se refere ao público em estudo, Teixeira *et al* (2012) apontam que a maioria dos trabalhos por eles analisados destina-se a intervenções voltadas para os alunos do Ensino Superior, seguida por um número, consideravelmente, menor de trabalho voltados para o Ensino Médio e apenas um trabalho analisado se destinava à intervenção didática com auxílio da História e Filosofia da Ciência para o Ensino Fundamental. De acordo com Teixeira *et al* (2009), que fazem uma pesquisa semelhante, mas voltada para periódicos internacionais, temos um panorama distinto, no qual a maioria dos trabalhos era concentrada nos níveis fundamental e médio. Ainda foi percebido que, quando se trabalhou com HFC, todos os trabalhos fizeram uso da História da Ciência na abordagem, contudo, apenas oito desses trabalhos fizeram uso de Filosofia da Ciência.

Ainda com base nessas investigações obtemos um panorama geral das pesquisas internacionais sobre História e Filosofia da Ciência e verificamos que há um número expressivo de pesquisadores que trabalham com pesquisas voltadas para o uso de HFC no Ensino de Ciências. Esses resultados não diferem daqueles apontados por Teixeira *et al*. (2012), ao mostrar que essas pesquisas estão marcadas por um crescimento substancial de publicações. Em contrapartida, o número de trabalhos que se dedicam à investigação das intervenções didáticas em salas de aula de Física com uso de HFC ainda é muito pequeno, tanto em nível nacional como em nível internacional. Esse resultado encontra-se de acordo, também, com observações realizadas por Silva (2006) que mostrou que mesmo havendo crescimento considerável na área, muito pouco tem sido feito no que se refere à aplicação para sala de aula.

Por fim, traçando um panorama geral sobre essas pesquisas notamos que, geralmente, essas publicações se caracterizam pelo estudo do desenvolvimento histórico de conceitos e teorias, exposição de erros conceituais e inadequações históricas, argumentações e, em um número consideravelmente menor, há publicações que se dedicam ao estudo de aplicações da HFC em sala de aula. A análise feita, a partir da caracterização geral dos trabalhos, permitiu identificar que, a despeito da boa qualidade, o trabalho brasileiro, em geral, não deixou a contento no que tange ao rigor metodológico. Para os autores, parece clara a presença de lacunas conceituais e escassez de trabalhos empíricos, portanto, a primeira e forte recomendação é que seja feita a implementação de propostas didáticas visando a utilização do uso de HFC no Ensino de Ciências (em particular de Física), tornando-as objetos de

investigação, para que se possa ter uma melhor compreensão da sua eficácia em situações reais de sala de aula, aliando a isso a criação de métodos que possam auxiliar nesse processo.

Tendo em vista esses resultados, destacamos nossa pesquisa que pretende ser uma construção significativa para área de ensino com a produção de um instrumento experimental fundamentado em aspectos históricos e filosóficos. Por se tratar de um Mestrado Profissional que requer a produção de um objeto didático, encontramos nele uma completa possibilidade para desenvolvimento de nossa pesquisa. Desse modo, no intuito de embasar nossa pesquisa, discutimos a seguir acerca do uso da História da Física e da Ciência (HFC) e suas implicações para o ensino de Ciências, bem como acerca do uso de atividades experimentais, que se tornará um dos pontos de maior destaque em nossa pesquisa.

### **2.1.2. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física**

Questões relacionadas a diferentes metodologias, abordagens e ferramentas auxiliares no ensino sempre foram assuntos amplamente discutidos. Na área de ensino de ciências especificamente, isto não é diferente (NARDI, 1998). Como já foi mencionado, diante da vastidão de possibilidades de temáticas a serem implementadas com o intuito de melhorar o ensino de Ciências, encontra-se a utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC).

De uma maneira geral, o uso adequado da História e Filosofia da Ciência contribuem para promover o ensino de forma mais eficiente, uma vez que consegue motivar e atrair os alunos, humanizando o conteúdo ensinado e favorecendo uma melhor compreensão dos conceitos científicos. Esta disciplina reforça a importância na análise das idealizações científicas, questões sociológicas, como influências de crenças religiosas, o contexto político, social e econômico de sua época, que são grandes carências do ensino técnico de ciências. Desse modo, a HFC estará oferecendo um benefício poderoso ao ensino de ciências (MATTHEWS, 1994).

A intenção da proposta de um ensino mais histórico não está relacionada à substituição de uma aula conceitual de física por uma aula de aspectos históricos e filosóficos de determinado episódio, mas alertar sobre um ensino que propaga a imagem de um conhecimento científico cumulativo e linear, fragmentado, algorítmico, exato e irreal que enfatiza um produto final da ciência, neutro, descontextualizado, individualista, caracterizado como uma construção de grandes gênios e conhecimento não falível, entre outros elementos. Essa abordagem, segundo Mathews (1994) é mais eficaz por tratar de apresentar o assunto por



meio de uma abordagem que discute o seu surgimento e evolução histórico-conceitual, em oposição à estratégia não integrada, em que o conteúdo da Física é apresentado de forma independente da sua evolução histórica.

A Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz. O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram. (BRASIL, parte III, 2000, p. 27)

Uma das importantes contribuições que a história traz para o ensino de Ciências é esclarecer aspectos obscuros em certas teorias científicas e romper com determinados dogmas presentes em livros, textos didáticos, textos de divulgação científica e fortemente presentes em salas de aula, ao passo que a HFC confronta concepções equivocadas que se tem da ciência, tais como o empirismo e indutivismo científico radicais. Assim, a história da ciência valoriza o caráter mutável da ciência mostrando aos estudantes sua dependência de contextos históricos, sociais e culturais, desfazendo mitos, humanizando “gênios” e, ainda, mostrando que o conhecimento científico, mesmo que atualmente seja aceito, é passível de erro e suscetível de transformações (SILVA & MARTINS, 2003).

Contudo, mesmo argumentando sobre as várias possibilidades e discutindo sobre os inúmeros benefícios que essa abordagem pode trazer para o ensino, ela não deve ser vista de forma utópica, ou seja, como solução para todos os problemas e inadequações do ensino atual. Mesmo assim, para Matthews (1995), um dos pioneiros no uso dessa abordagem voltada para o ensino, essa é, ainda, bastante oportuna, num momento em que este ensino está em crise e gera, pela sua má qualidade, uma deficiência no conhecimento científico. Assim,

“A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar 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; 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” (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Um dos aspectos interessantes do uso da história da ciência no ensino é esclarecer conceitos ensinados em sala de aula que nem sempre são óbvios e diretos como os livros texto insistem (em colocar). Silva (2006) nos mostra um exemplo acerca da teoria eletromagnética. Para ela, o eletromagnetismo geralmente é ensinado de forma bastante abstrata e dogmática, com poucas discussões sobre a evolução e significado de seus conceitos e das várias equações matemáticas nele envolvidas.

Quando o caso da Força agindo sobre uma carga em movimento em campo magnético é ensinado, o aluno aprende a determinar a direção e sentido da força utilizando a “regra da mão direita”, que determina que esta Força seja perpendicular ao plano definido pela velocidade e campo. Normalmente, o ensino deste assunto restringe-se a treinar os alunos a “mexerem as mãos” corretamente. Isso é muito pouco, obviamente. Um aluno pode perguntar-se sobre o porquê desta regra, por que ela é da “mão direita” e não da “mão esquerda”, por que envolve três dedos perpendiculares entre si, e várias outras coisas. Infelizmente, a maior parte dos professores não responderá de modo plausível, ou que isso é uma convenção ou mesmo que estas perguntas são tolas. Mas será que são mesmo?

Para que seu uso seja eficiente e que o professor e os alunos consigam abstrair o máximo possível de conhecimentos é importante, nessa modalidade, levar em consideração algumas questões relevantes, como por exemplo, estar atento para não ignorar aspectos histórico-filosóficos nem mesmo alterá-los, pois é daí que são geradas visões distorcidas da ciência. Visões essas baseadas em concepções empírico-indutivistas, passando a idéia de que a ciência seria composta de verdades inquestionáveis (CARVALHO & VANNUCCHI 2000). De forma que é indiscutível a necessidade de elementos de HFC no ensino.

O historiador da ciência perderia muito se caísse na tentação de utilizar o conhecimento moderno para avaliar as descobertas e teorias do passado. É precisamente quando ele faz isso que se expõe aos maiores perigos. Como a ciência progride fazendo descobertas e detectando erros, a tentação de considerar as descobertas do passado como meras antecipações da ciência atual e de apagar os erros supondo que não conduziram a parte alguma é quase irresistível. É precisamente esta tentação, que pertence à essência da ciência, aquela que pode algumas vezes tornar mais difícil para nós compreender como se realizaram de fato as descobertas e como as teorias foram pensadas por seus autores em sua própria época; tentação que pode levar à forma mais traiçoeira de falsificação da história (CROMBIE, 1983 *apud* MARTINS, 2001, p. 116).

Martins (2001), por meio desse excerto de Crombie (1983), nos traz importantes advertências. A primeira dessas advertências mostra o perigo do uso de anacronismo, ou seja, pela tentativa de se interpretar feitos do passado com uma visão posta em teorias presentes e que seriam impensáveis no passado. Uma segunda advertência refere-se às antecipações, ou

seja, ao tratar de uma teoria histórica de modo que seu desenvolvimento culmine em um resultado esperado. Esse é um problema muito frequente e acaba gerando uma ciência tendenciosa, dando espaço a insights e ideias miraculosas que são atribuídas a uma faculdade excepcional; por outro lado, esse posicionamento se mostra também cruel, pois ao considerar apenas os resultados, muitos pesquisadores e trabalhos importantes acabam por ser ignorados.

Assim, percebemos que, quando se busca discutir determinado episódio, podemos cometer erros graves. Ao analisar um episódio histórico, por exemplo, sabemos que lidamos com uma quantidade muito extensa de conteúdos e dependendo da pesquisa precisamos limitar nosso conteúdo para termos um aprofundamento necessário. E nesse momento talvez cometamos alguns erros que podem ser a supervalorização de certos elementos e subvalorização de outros. Ambos podem recair em um processo de linearização tão forçada que distorce a natureza do processo de desenvolvimento das idéias científicas.

Há, ainda, outra advertência que pode ser depreendida desse fragmento do texto de Crombie (1983) que consiste em uma colocação talvez ambígua: quando o autor argumenta que a ciência progride, fazendo descobertas e detectando que esses erros pertencem à essência da atividade científica. Nesse sentido, Bastos Filho (2012) argumenta que, ao considerar o erro como parte desse processo de construção do conhecimento, nada mais natural seria para o cientista puro, mas não para o historiador puro, do que cometer erros, algumas linearizações e simplificações do processo histórico no afã de sistematizar o conhecimento a seu modo.

Desse modo, cabe salientar que há muitas formas de se usar a história da ciência como um dos elementos envolvidos no ensino de ciências. A escolha depende do objetivo pedagógico e do público alvo, que pode incluir estudantes de nível médio, estudantes de graduação, professores etc. Esse objetivo pode ser diverso, os alunos e os professores podem aprender teorias científicas, conceitos e argumentos, discutir sobre a natureza da ciência e seu método, a relação entre ciência e o contexto social, entre outras. Examinando exemplos históricos, com o distanciamento emocional que isso permite, estudantes e professores podem perceber que, na história, sempre houve discussões e alternativas, que algumas pessoas já tiveram ideias e dificuldades semelhantes às que ele próprio tem (SILVA, 2006).

## **2.2 Atividades experimentais no Ensino das Ciências Naturais**

As ciências naturais, geralmente, são vistas como ciências empíricas, porque a experimentação tem um papel central no processo de produção de novos conhecimentos (Höttecke, 2000). No entanto, a dimensão empírica da prática científica, enquanto parte

fundamental na construção do conhecimento científico é pouco explorada nas aulas de Física. A exemplo do que acontece com os aspectos históricos e filosóficos, geralmente concebidos como adereços motivacionais ao ensino da ciência, a experimentação científica, que a prática laboratorial representa, permanece oculta, quando não distorcida.

No que se refere ao uso da História e Filosofia da Ciência (HFC), podemos acrescentar que essa vem sendo debatida, constantemente, em vários artigos, ao longo dos últimos anos. Dentre as várias possibilidades para uma aplicação pedagógica da história, as tentativas de reconstruções históricas de experimentos têm ocupado um papel de destaque nas pesquisas atuais e apresentam-se de forma evidente nesse trabalho. Por meio dessas abordagens, podemos ter acesso aos benefícios decorrentes da utilização de atividades fundamentadas em abordagens problematizadoras, inovadoras e lúdicas.

A importância de atividades experimentais para o ensino das ciências naturais, sendo realizadas em sala de aulas, laboratórios didáticos ou mesmo em ambientes não formais é consensual. Para Laburú (2006), a ideia mais forte e mais frequente nas respostas de professores das ciências, quando questionados a explicar os motivos que os levam a selecionar atividades experimentais específicas e a metodologia procedimental para desenvolvê-la, é que elas ativam a curiosidade do estudante, levando-o a engajar-se no conteúdo.

Desse modo, destaca-se neste trabalho que o objetivo mais geral da atividade experimental, no Ensino das Ciências, é aproximar os objetos concretos das descrições teóricas criadas, e essa assimilação entre teoria e prática acaba produzindo idealizações, que, possivelmente, originarão continuamente novos conhecimentos sobre esses objetos e, dialeticamente, produzindo um conhecimento mais amplo, melhores meios de produção teórica, novas relações produtivas e novos contextos sociais e legais da atividade produtiva intelectual (MALDANER, 2003, p. 105).

Em uma de suas pesquisas, Hodson (1994) congregou cinco categorias gerais de objetivos citados pelos professores em defesa do uso de experimentos:

- motivar mediante à estimulação do interesse e da diversão;
- ensinar técnicas de laboratório;
- intensificar a aprendizagem dos conhecimentos científicos
- proporcionar uma ideia sobre o método científico e desenvolver habilidades para sua utilização;

- desenvolver determinadas atitudes científicas, tais como a consideração com as ideias e sugestões de outras pessoas, a objetividade e a boa disposição para não emitir juízos apressados.

Outro importante pesquisador na área é o professor José Pinho Alves (2000), ao admitir que a experiência esteja fortemente ligada ao cotidiano do aluno, de modo que essa ideia de experimentação está fortemente associada à ideia de vivência. Para ele, colocar o aluno em situação de experimentação significa permitir que ele questione seu conhecimento e o objeto do conhecimento que mostra. Todavia, a experimentação só tem valor pedagógico se a mesma levar a um desequilíbrio e transformações na estrutura cognitiva do aluno; caso contrário, pode se resumir a um Passa-Tempo sem significado educacional. O sujeito precisa sentir-se desafiado a compreender algo novo, a buscar novas informações para organizar seus esquemas de ação de forma a conseguir abstrair cada vez mais conhecimentos.

O autor propõe um papel de destaque para o professor nesse processo, pois afirma que eles devem questionar sobre a atividade experimental que estão realizando, sobre o Ensino de Ciências de uma maneira geral. É preciso que o professor tenha em mente, previamente, o que ele busca com essa atividade para que possa refletir acerca do que realmente é importante para a atividade. O professor deve questionar-se se a atividade realizada realmente motiva os alunos, se há alguma atividade ou abordagem que consegue produzir um melhor resultado, se há melhoras no desempenho dos alunos e como essas melhoras ocorrem e, até que ponto o trabalho prático favorece o desenvolvimento de uma “atitude científica” por parte do aluno e se estas são necessárias para a prática do bom exercício das ciências (PINHO ALVES, 2000).

Os trabalhos com atividades experimentais contribuem para que os alunos se tornem ativos no processo de aprendizagem. Porém, Hodson (1994) argumenta que o trabalho prático nem sempre necessita incluir atividades que se desenvolvam em laboratórios. O autor defende alternativas que podem alcançar os mesmos objetivos, citando o uso do computador, a demonstração de vídeos/filmes, completados por atividades de registro de tempo, estudos de caso, representações de papéis, testes escritos, pôsteres, álbuns e trabalhos de vários tipos em bibliotecas. O que nos chama atenção para a definição do que seria uma atividade experimental, nos norteando para atividades que julgamos mais eficientes, para atingirmos resultados previamente estipulados.

De acordo com os PCNs as atividades experimentais e de investigação são ferramentas eficazes na contextualização do ensino de Física, pois, possibilitam ao aluno o contato com o conhecimento de maneira mais acessível, que permite a observação de aplicações, entretanto,

ainda são pouco utilizadas, devido à falta de preparo de alguns professores, pouco tempo e falta de incentivo institucional e material. Como resultado, temos o desinteresse dos alunos, acompanhado de um rendimento insuficiente, que culmina na decadência do ensino. Ou seja, como em todas as áreas de ensino e como ocorre com toda modalidade de atividade, não há como garantir um aproveitamento completo dessas atividades, fazendo-se necessário bastante atenção, a fim de evitar descaracterização dessa abordagem.

Para Galiazzi *et al* (2001), é consenso que a experimentação representa uma atividade fundamental no ensino da ciência, porém essa é uma atividade pouco frequente, embora os professores continuem acreditando que essa seja uma prática de caráter transformador. Dessa forma, no Ensino Médio não é difícil constatar que as atividades experimentais em Biologia, Física e Química são raramente utilizadas pela maioria dos professores brasileiros, como asseguram as investigações de Pessoa *et al.* (1985), Galiazzi *et al.* (2001) e Borges (2002).

Ao estudar esse comportamento, encontramos as seguintes justificativas: falta de atividades preparadas, pouco tempo para o docente planejar e montar suas atividades, recurso insuficiente para reposição e compra de equipamentos e materiais de laboratório e, quando há laboratório, é dito que os alunos não se comportam bem nesse ambiente e mexem nos materiais, que conversam demais, até pela própria organização dos laboratórios, que o professor não tem domínio de sala etc. (PESSOA *et al*, 1985; BORGES, 2002; LABURÚ, 2006). Como se percebe, de acordo com os autores, as explicações para a resistência dos professores em utilizar atividades experimentais, como práticas de ensino das ciências, concentram-se frequentemente num discurso da carência ou da deficiência de algo.

Um fato interessante que precisa ser mencionado é o direcionamento dado à atividade experimental na sala de aula. É preciso deixar claro que essa não é uma atividade puramente motivacional, bem como não deve ser mantida isolada dos conteúdos estudados nem das demais disciplinas e muito menos do cotidiano do aluno. A atividade experimental não pode ser vista simplesmente como uma forma de melhorar o ensino e nem ser “prova” para o convencimento das afirmações feitas. Nesse sentido, não faz sentido admitir que o convencimento esteja ligado ao entendimento de que a observação ou a “visualização” daquilo que está sendo realizado em sala de aula estabelece a prova das ideias e teorias ensinadas, ou seja, a atividade experimental é uma forma de verificar na prática o comportamento de uma determinada teoria e não uma forma de comprovação ou refutação. Por conseguinte, o enfoque epistemológico desvia-se do motivacional e do instrucional e passa a se aproximar ou se situar no contexto da confirmação, da verdade, do conhecimento provado (LABURÚ, 2005).

Para que as atividades experimentais sejam eficientes e consigam auxiliar o aluno na superação de algumas das visões simplistas predominantes no ensino de ciências, é necessário que as aulas, fundamentadas nessas atividades, contemplem discussões teóricas que não estejam voltadas apenas para definições, fatos, conceitos ou generalizações, pois o ensino de ciências, a nosso ver, é uma área muito rica, a qual permite explorar diversas estratégias metodológicas, a partir da natureza e as transformações nela ocorridas, por exemplo, possibilitando, assim, a construção de conhecimentos científicos de modo significativo.

A primeira ideia, talvez intuitiva, que vem em mente, quando se deseja lançar mão de atividades experimentais para prender a atenção do aluno, é explorar a novidade ou o lúdico. No primeiro caso, isso é possibilitado pelo viés do curioso ou inesperado e o último pela provocação de sensações de prazer ou pelo desafio. No entanto, apenas esses dois elementos são insuficientes dentro de um contexto com pretensão de ensino-aprendizagem, pois a tarefa pode vir a acabar em simples entretenimento, como aponta Laburú (2006). Isso implica afirmar que a atividade experimental deve ser uma atividade pensada e com o propósito pedagógico claramente definido, caso contrário, corre o risco de recair no trivial, sendo vista como uma atividade expositiva que não possui muito significado e passa a ser usada apenas como demonstração e diversão.

Notadamente, na universidade os laboratórios didáticos não são alvos de grande especulação e crítica e pode-se enxergar neles uma atitude mais científica, contudo, em casos referentes à educação básica (Ensino Médio), a questão do processo ensino-aprendizagem de Física é alvo de graves polêmicas. O que talvez decorra do fato de que, em determinadas situações, o laboratório é entendido como a solução dos inúmeros problemas do ensino de Física, já nas universidades e cursos técnicos, ele é considerado como mero elemento do contexto metodológico. Enfim, o laboratório didático sempre esteve presente e foi alvo de profundas discussões sobre seu papel no contexto do ensino (PINHO ALVES 2000).

Desse modo, existe o perigo de que as ciências naturais pareçam estar restritas ao trabalho intelectual. Mesmo quando existe um esforço por integrar a dimensão histórica, filosófica e social da ciência aos currículos de ciência, a dimensão laboratorial da ciência como uma experiência vívida permanece ocultada (HÖTTECKE, 2000). Podemos dizer que, em consequência desta prática, que não deixa de explicitar certa perspectiva de conhecimento e também do papel do Ensino de Ciências na educação básica, a ciência é apresentada de maneira fragmentada, fora do seu contexto de produção, do âmbito da cultura e, portanto, destituída de integridade. É neste sentido que propomos, neste trabalho, o uso de

“experimentos históricos” no Ensino de Física como estratégia de integração das dimensões histórica e empírica (que também tem sua historicidade) da ciência na sala de aula.

### **2.2.1. “Experimentos históricos”**

Não há um consenso muito claro acerca do que pode ser considerado um experimento histórico. Contudo, tendo em vista que, nesse trabalho, sentimos a necessidade de uma caracterização para o termo, seguimos então aquilo proposto por Thomas Kuhn (1999), nesse sentido, um experimento histórico é aquilo que representa um importante marco na história, sendo capaz de romper obstáculos à ciência dita “normal”.

Outra possível caracterização define os experimentos históricos como tendo um papel significativo como estratégia para a compreensão da ciência, sua natureza e sua história, partindo da perspectiva de seus praticantes envolvidos (PAULA, 2006). Contudo, essa é uma definição que parece bastante difícil e, possivelmente, parte de uma noção do senso comum, pois, ao admitir que esses experimentos possam partir das perspectivas de seus praticantes envolvidos, remete a uma ideia de classificação, selecionando experiências mais úteis ou irrelevantes, o que não faz muito sentido, em se tratando de construção de conhecimentos.

Como não há neutralidade na ciência, não faz sentido acreditar que não haja propósito para utilização dessa abordagem. Grosso modo, podemos colocar que o objetivo da reconstrução de experimentos históricos para o ensino das ciências tem sido defendido, não apenas no caso da Física, mas também no ensino de outras ciências, pois, a história e a filosofia da ciência têm muito a contribuir através da promoção de debates em sala de aula que podem se constituir em atividades valiosas a respeito da construção dos modelos explicativos a serem adotados. Engelmann (1983), ao discutir possíveis estratégias de ensino, ressalta que seria possível colocar as descobertas nos seus contextos históricos e examinar, assim, a natureza da ciência também nos seus relacionamentos com as aplicações práticas.

No que se refere às formas como as reconstruções históricas têm sido utilizadas no ensino da Física, pode ser destacado duas importantes tendências; A primeira decorre da Universidade de Oldenburg e admite a reprodução detalhada dos instrumentos e demonstrações realizadas pelo professor de Física. Já a segunda tendência é adotada pela Bakken Library and Science Museum, de Minnesota, e segundo essa tendência, os instrumentos não são reproduzidos tão meticulosamente quanto aqueles construídos em Oldenburg. Entretanto, os artefatos históricos produzidos na Bakken Library guardam, ainda assim, os princípios físicos fundamentais contidos em suas fontes inspiradoras. A estratégia



de ensino adotada, neste caso, não é apenas demonstrativa, mas essencialmente problematizadora (KPINIS, 1995).

A reconstrução de um experimento esbarra em alguns fatores complicadores que podem acabar por desencorajar o pesquisador nessa tarefa, como por exemplo, a própria construção do aparato, pois como apontado por Neves (2005):

Um dispositivo experimental para o estudo de fenômenos fundamentais da natureza deve ser simples, ainda mais quando o nosso objetivo é a Educação em Ciências, porque dessa forma recuperamos a beleza e simplicidade do fenômeno estudado. São simples: o pêndulo, a bússola, o espelho, a lente de aumento da lupa, o transistor, as engrenagens, as alavancas, etc. São simples também os brinquedos tradicionais da infância, os quais, formando parte importante de seu imaginário e apoiando-se sempre em princípios básicos da Física, transitam há séculos no cotidiano das crianças; piões, bolas, pipas, papagaios e pandorgas, bicicletas, bolinhas de gude, etc. (NEVES, 2005, p. 20)

É preciso procurar as fontes, registros que descrevam a experiência em detalhes. A reconstituição de um experimento histórico normalmente levanta várias questões, das quais podemos destacar a necessidade de se possuir registros que descrevam a experiência com maior fidedignidade possível. A pesquisa deve estar baseada nas fontes confiáveis e, sempre que possível, nos originais. Quando se pretende reproduzir uma experiência historicamente, muitas informações devem ser colecionadas: Artigos/manuscritos originais, diários/anotações de laboratório, monografias e minutas de reuniões científicas. Estas fontes históricas dão informações sobre os procedimentos experimentais, os diferentes componentes utilizados, os materiais, as ações realizadas e tudo que acontece durante a experiência (HÖTTECKE, 2000). Diante de uma atividade de natureza experimental, não é exagero reforçar que todas as informações são úteis e necessárias para reconstruir uma situação experimental tão exatamente quanto possível e, mesmo que seja apenas um aparato similar, esse conhecimento se faz igualmente necessário, pois, permite ao pesquisador saber onde podem ser feitas as alterações necessárias para manter o mesmo resultado final.

Para Höttecke (2000), a necessidade de tais informações específicas e detalhadas não é óbvia, no princípio do processo de pesquisa; ela vai surgindo durante o trabalho. Então, o processo de reprodução de uma experiência histórica inclui o estudo de fontes textuais, planejamento, construção, experimentação e uma conexão entre as experiências e o contexto histórico.

Ainda que aceitemos que a Física é, em última instância uma ciência experimental, a relação teoria-experimentação está longe de ser trivial. Qualquer experiência é sempre interpretada num determinado contexto teórico e, por sua vez, uma experiência pode lançar novos desafios teóricos. (Pleitz, 1999, p.225)

Normalmente, o que ocorre é que boa parcela dos conteúdos estudados em Física, tem sua contextualização histórica omitida para conseguir fazer uma transposição didática mais adequada, ou em um tempo mais curto. Contudo, nesse processo de transposição, geralmente, ocorre uma perda do contexto histórico original em que o respectivo saber foi elaborado. Para Pinho Alves (2000) isso não significa que todo o saber a ser ensinado deve ser privado de situações históricas associadas à sua produção. No entanto, como essas situações são raras nos livros didáticos de física, elas devem ser vasculhadas na História, o que torna a atividade ainda mais complicada. No entanto, é de fundamental importância que a recontextualização histórica esteja presente nesse processo de ensino, visando diminuir, ao máximo, as características dogmáticas contidas no saber a ensinar. Em outras palavras, é preciso que o professor faça a aproximação entre os tempos “real” e “lógico” da maneira mais didática possível, reconstituindo o “contexto da descoberta”.

A possibilidade de reconstituição histórica de determinado fenômeno associada a uma atividade experimental valoriza o contexto histórico, permitindo ao professor ministrar sua aula de forma mais consistente e menos dogmática. A História da Ciência deve inspirar um cenário próprio para uma nova contextualização epistemológica, caso contrário, não tem sentido o fenômeno didático. Do mesmo modo, Pietrocola (1993) reforça essa posição de Pinho Alves (2000) e chama a atenção para o fato de que, raramente, são considerados os processos de obtenção do conhecimento e os contextos históricos nos quais eles se desenvolveram.

"Assumindo o conhecimento da Física como a-histórico, nega-se qualquer tentativa de inseri-lo dentro de um contexto de construção, onde a estrutura atualmente aceita das teorias seja o fruto de um processo lento de maturação e adequação aos fenômenos naturais estudados (...) cria-se o mito da relação direta entre o conhecimento Físico e a realidade natural, onde a função humana é a de mera coadjuvante" (PIETROCOLA, 1993, p. 8).

Para facilitar a compreensão dessas ideias, apresentamos um exemplo posto por Pinho Alves (2000) em sua tese, no qual ele fala sobre a construção da pilha de Volta, que traz todos os ingredientes históricos e humanos, para ser entendida como uma atividade experimental histórica. O autor favorece a discussão sobre os métodos de investigação, as “observações” intencionadas, as respectivas interpretações, os conflitos científico e pessoal entre seus personagens (a grande polêmica com Galvani). Apresenta ainda, em nosso entendimento,

aquilo que acreditamos ser de grande importância, que são os objetivos da investigação científica básica que busca a resposta de um fato e, quando obtida, oferece como “subproduto” dessa pesquisa, um dispositivo novo – a pilha elétrica.

Mostra, também, que Volta não estava pesquisando a pilha, mas procurando uma resposta aos argumentos de Galvani sobre o movimento das pernas de uma rã que fazia parte de um “circuito” elétrico. Como elemento de “formação” ao estudante, oportuniza um discurso sobre a importância da pesquisa básica e sobre o que significa pesquisar “coisas” que no momento não têm uma aplicação imediata, mas respondem a problemas específicos do saber sábio e que, no futuro, poderão ser partes de respostas mais amplas ou aplicações tecnológicas (PINHO ALVES, 2000, p. 272).

O envolvimento efetivo do estudante,<sup>2</sup> nesta reconstituição experimental, mostrará as dificuldades e os cuidados experimentais envolvidos na experiência e em sua observação. É importante a ênfase na observação, pois essa se faz presente devido a uma proposição inicial.

---

<sup>2</sup>Não estamos tratando como envolvimento do aluno o comportamento animado e interativo na construção e observação do experimento, mas sua real interação, ao questionar e discutir sobre o que está sendo posto.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 ELETRICIDADE E MAGNETISMO: APANHADO TEÓRICO DE DIFERENTES FÍSICOS

Isaac Newton (1642 - 1727), em seu trabalho “Principia” apresentou contribuições para mecânica, a astronomia, a ótica e a matemática. Mas suas contribuições não pararam por aí. Newton realiza uma síntese entre os trabalhos de Kepler e Galileu, unificando a astronomia e a mecânica, embora não explique seu trabalho por meio das argumentações de Kepler ou Galileu. Ele afirmava que os objetos, independente de estarem abaixo ou a cima do céu, interagem sob uma força do mesmo tipo, a gravitacional, sendo proporcional aos produtos das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância. Newton propõe a lei da gravitação universal, contrariando a idéia de Kepler de que os planetas se moviam elipticamente por “forças” emanadas do Sol e contrariando, também, a ideia de Galileu que propôs um modelo circular com movimento perpétuo sem necessidade de nenhuma força (NEWTON, 2012). Assim, ele estabelece que:

$$F_G \propto \frac{m_A m_B}{r^2} \quad (1)$$

Assim, ele nos diz que  $F_G$  é o módulo da força gravitacional que um objeto de massa A realiza sobre um objeto de massa B, e r é a distância que separa esses dois objetos.

Podemos perceber que, quase um século depois, nos trabalhos de Charles Augustin Coulomb (1736 - 1806), são utilizadas equações que descreviam a interação entre dois objetos pontuais eletrizados ou entre dois objetos pontuais magnetizados que assumem uma mesma forma daquelas equações apresentadas no *Principia*. Ou seja:

$$F_E \propto \frac{q_A q_B}{r^2} \quad (2)$$

$$F_{mag} \propto \frac{p_A p_B}{r^2} \quad (3)$$

Onde  $F_E$  é o módulo da força elétrica e  $F_{mag}$  é o módulo da força magnética. Essas duas forças foram expressas de forma similar à 3ª lei de Newton, ou seja,  $F_E$  e  $F_{mag}$  são também o módulo da respectiva força elétrica e magnética que o objeto (B) exerce sobre o objeto (A), separados por uma distância r.

De acordo com Tricker (1965), Priestley, John Robison e Coulomb expressaram a lei do inverso do quadrado para a força eletrostática. E de modo análogo, Coulomb estabelece uma lei para magnetostática, que foi anunciada em 1785. Apesar dos indícios conhecidos à época, havia ainda uma grande dificuldade em relacionar a eletricidade e o magnetismo. Na tentativa de evidenciar essas forças, Coulomb construiu um gráfico entre a força e a distância, variando uma dessas forças no intuito de observar o comportamento da outra. Sendo assim, ajustou ao gráfico uma função que coincidia com os pontos obtidos, resultando na proporcionalidade das equações (2) e (3), embora haja grande similaridade entre as equações, ele não estava centrado na ideia de Newton.

Nesse sentido, ainda de acordo com Tricker (1965), ele observou que a força eletrostática tinha origens diferentes da força magnética. A primeira aparecia após o atrito entre dois materiais (independentemente de sua composição). Já a segunda estava sempre presente em determinados materiais tais como a magnetita (era intrínseco à sua composição), no entanto só atuava em materiais ferrosos. Sobre essas cargas, Coulomb entendeu que a carga elétrica poderia ser isolada no material eletrizado, já a carga magnética se apresentava em “pares”, ou seja, como dipolos. Mesmo assim, havia fenômenos, tais como a reação de uma bússola à queda de um raio, que sugeria uma relação entre a eletricidade e o magnetismo. Havia, também, cientistas, tal como o dinamarquês Hans Christian Oersted (1745 - 1827), que acreditavam existir alguma relação entre estes dois tipos de interação.

### **3.1 Hans Cristian Oersted**

Para um melhor entendimento sobre esse episódio histórico, recorreremos a determinados estudos (MARTINS, 1986, DIAS, 2004; CHAIB e ASSIS, 2007). Para os pesquisadores Chaib e Assis (2007), antes do início do século XIX, os fenômenos relacionados à eletricidade e ao magnetismo não pareciam ter nenhuma relação. Já, de acordo com Martins (1986), essa relação entre eletricidade e magnetismo passou a ser levada em consideração, quando perceberam que as bússolas eram perturbadas, pois sofriam ação dos raios durante as tempestades; como raios eram interpretados como descarga elétrica, houve essa associação. Caso semelhante foi o de Benjamin Franklin, que, em 1750, foi capaz de magnetizar agulhas por meio de descargas elétricas da garrafa de Leyden. Fazendo uma análise (anacrônica) desse episódio, podemos perceber que essa seria uma prova suficiente

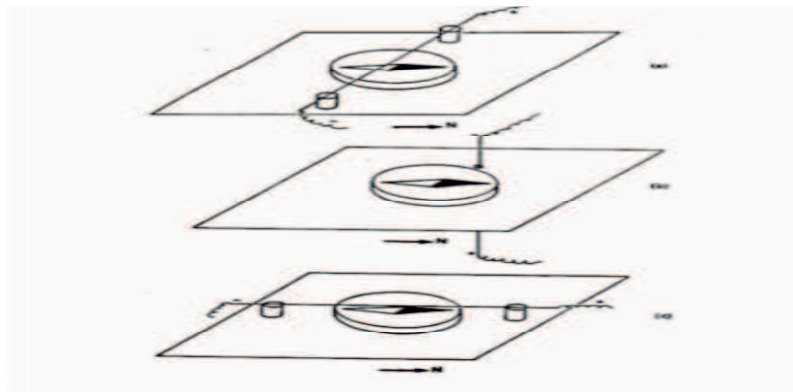
para admitir essa relação, mas isso não foi possível à época, pois, essa situação ainda era obscura para os pesquisadores.

Segundo Dias (2004), Oersted acreditava que os efeitos magnéticos e elétricos possuem uma mesma origem. No intuito de explicar essas ideias, ele realizou atividades experimentais, a fim de buscar relação entre uma agulha imantada e o chamado conflito elétrico<sup>3</sup>. Oersted também observou que, ao longo de um fio por onde passa corrente elétrica, a orientação da bússola era alterada quando estava em suas proximidades. Essa montagem pode ser observada na representação esquemática mostrada na Figura 1 e nos diagramas esboçados na Figura 2.

Podemos observar que, colocando o fio paralelamente à bússola, a agulha magnética girava em sentido oposto. Esse sentido de giro da agulha variava, conforme o posicionamento do fio (acima ou abaixo da bússola). Além disso, observou que o sentido de rotação da bússola era alterado quando se invertia o sentido da corrente elétrica que passava pelo fio, Figura 1.

De acordo com Martins (1986):

**Figura 1:** Representação esquemática do experimento realizado por Oersted.



Fonte: (Martins 1986)

A parte retilínea desse fio é colocada em posição horizontal, suspensa acima da agulha magnética, e paralela a ela. Nessa situação, a agulha magnética será movida, e a sua extremidade que está sob a parte do fio de conexão mais próxima ao terminal negativo do aparelho galvânico será desviada para oeste [...]. Se o fio de conexão é colocado em um plano horizontal sob a agulha magnética, todos os efeitos são como

<sup>3</sup> O conflito elétrico é um efeito manifestado no condutor e no espaço que o cerca. (MARTINS, 1986)

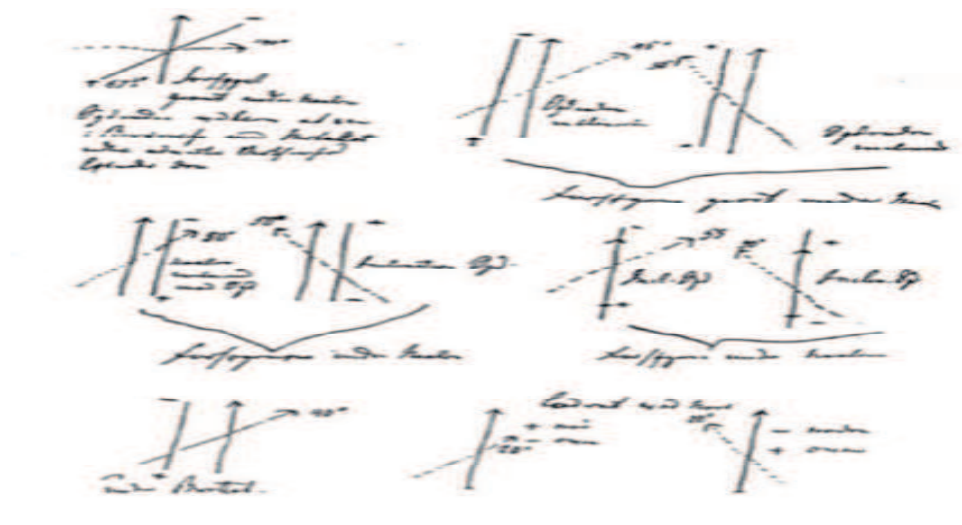
no plano acima da agulha, mas em direção inversa. Pois o polo da agulha magnética sob o qual está a parte do fio de conexão que está próximo ao terminal negativo do aparelho galvânico, desvia-se para leste (MARTINS, 1986, p.119).

Ainda, conforme esse autor, percebemos que, de acordo com as observações de Oersted, o efeito era muito fraco, e o que ocorria era um pequeno desvio na agulha magnética:

Se a distância entre o fio de conexão e a agulha magnética não exceder  $\frac{3}{4}$  de polegada, o desvio fará um ângulo de cerca de  $45^\circ$ . Se a distância variar, o ângulo diminuirá à medida que a distância cresça (MARTINS, 1986, p.119).

Já no que se refere aos diagramas apresentados por Oersted, percebemos que ele mostra variações da experiência, em que o fio era colocado acima ou abaixo da bússola. Paralelo ou oblíquo, com a corrente em um sentido ou outro. As setas representam a agulha e as linhas tracejadas indicam a posição da agulha magnética, quando o fio está sendo percorrido pela corrente elétrica. Vejamos:

**Figura 2:** Esboço das observações de Oersted



Fonte: (MARTINS, 1986b, p.118).

Oersted observou que uma agulha de latão, suspensa como a agulha magnética, não se move sob a ação do fio de conexão. Também permanecem em repouso agulhas de vidro ou de goma laca<sup>4</sup>, quando submetidas a experiências semelhantes (MARTINS, 1986). Esse tipo de experimento, também, foi realizado pela primeira vez por Oersted que concluiu o seguinte: o fio pode ser constituído por vários fios ou fitas metálicas reunidas e que a natureza do metal

<sup>4</sup>Goma-laca é uma resina secretada pelo inseto *Kerria lacca*, encontrado nas florestas da Índia e Tailândia. Utilizada principalmente como verniz.

não altera o efeito, mas influi em sua magnitude. Ele utilizou, com igual sucesso, fios de platina, ouro, prata, latão, ferro, fitas de chumbo e estanho e massa de mercúrio (MARTINS 1986). Descrevendo, assim, sua experiência apoiada no uso de diferentes materiais:

Os efeitos do fio de conexão sobre a agulha magnética passam através de vidro, metais, madeira, água, resina, argila e pedra; pois não vemos a interposição de placas de vidro, metal ou madeira impedi-los, e mesmo a interposição simultânea de placas de vidro, metal e madeira não faz com que eles diminuam sensivelmente. Ocorre o mesmo se interpusermos entre eles o disco de um eletróforo, uma placa de porfíria ou um vaso de argila, mesmo enchendo-o de água. Nossas experiências mostraram que o efeito descrito não se altera se a agulha magnética é colocada em uma caixa de latão cheia de água. Não é necessário advertir que nunca foi observada a passagem da eletricidade e do galvanismo através de todos esses materiais. Portanto, os efeitos que ocorrem no conflito elétrico são muito diferentes dos efeitos de qualquer dessas forças elétricas (CHAIB e ASSIS, 2007, p.49).

Desse modo, ocorreu o que ficou conhecido como a descoberta do eletromagnetismo por Oersted, ocorrida no ano de 1820. Essa “descoberta” causou grande impacto na comunidade científica, gerando uma instabilidade entre aqueles que acreditavam ou não na existência dessa relação direta entre a eletricidade e o magnetismo. Um dos fatos notáveis desse acontecimento foi a acusação do Hansteen, que afirmava que a descoberta de Oersted tinha sido fruto meramente do acaso, ignorando uma série de evidências, como aponta Dias (2004).

Contrariando essa ideia do Hansteen, Martins (1986) apresenta uma descrição do efeito eletromagnético observado:

A agulha magnética embora fechada em uma caixa foi perturbada, mas, como o efeito era muito fraco, e deveria parecer muito irregular, antes da descoberta de sua lei, a experiência não impressionou fortemente o público [...]. No mês de julho de 1820, ele novamente retomou a experiência, utilizando um aparelho galvânico muito mais poderoso. O sucesso foi agora evidente, embora os efeitos fossem ainda mais fracos nas primeiras repetições do experimento, pois empregou apenas fios muito finos, supondo que o efeito magnético não ocorreria quando a corrente galvânica não produzisse calor e luz; mas logo descobriu que condutores de um diâmetro maior proporcionariam um maior efeito; e então descobriu, por experiências continuadas durante alguns dias, a lei fundamental do eletromagnetismo, a saber, que o efeito magnético da corrente elétrica tem um movimento em torno dela (MARTINS, 1986, p.99)

Embora a discussão acerca dos méritos dessa descoberta não seja o objetivo central de nossa pesquisa, achamos conveniente citar brevemente, no intuito de contextualizar um pouco alguns aspectos inerentes à construção de um determinado conhecimento, mostrando que esse é um trabalho árduo e demorado.

De forma geral, com base naquilo que é posto no artigo de Chaib e Assis (2007), o experimento de Oersted mostrava que um fio condutor retilíneo disposto paralelo ao eixo



magnético da agulha imantada lhe causava um torque (mesmo que o fio estivesse colocado paralelamente à agulha). Oersted considerou que a corrente elétrica era composta de dois fluxos de cargas (positivas e negativas). Essas cargas positivas e negativas se moviam dentro do fio (com corrente elétrica) em direções opostas, se “atraindo” e se “repelindo”<sup>5</sup> continuamente, caracterizando o que foi chamado de “conflito elétrico”. Para explicar sua descoberta, supôs que este conflito elétrico não ficava restrito ao interior do fio, mas, para ele, existia uma região em torno do fio que também sofria influência dessas cargas. Como a agulha ficava inclinada em relação ao meridiano magnético, quando havia corrente no fio, Oersted supôs que o conflito elétrico no exterior do fio seguia trajetórias helicoidais. Além do mais, ele acreditava que o conflito elétrico interagiria com os polos do ímã, como que os empurrando, ao longo do fluxo do conflito elétrico no exterior do fio.

Ao longo dessa pequena discussão, pudemos visualizar alguns aspectos do trabalho desenvolvido por Oersted, de modo que foi possível entender a complexidade de suas argumentações, nos fazendo entender que, mesmo com os posicionamentos contrários, não faz sentido acreditar que essa descoberta tenha sido desenvolvida por acaso, mas, por uma longa jornada de estudos, até chegar ao conhecimento que temos atualmente.

### **3.2 André-Marie Ampère**

Para elaboração desse tópico de nossa pesquisa estamos nos fundamentando no artigo de Chaib e Assis (2007), que apresentam uma tradução comentada de um importante trabalho de Ampère, no qual ele discute acerca dos efeitos das correntes elétricas. Nesse sentido, não estaremos referenciando todas nossas argumentações, pois todas as ideias são retiradas desse artigo.

Ampère fez uma interpretação das ideias de Oersted, e destaca sua suposição de que deveriam existir interações diretas entre fios com corrente elétrica<sup>6</sup>, e no caso do ímã comum, havia correntes elétricas fluindo em seu interior e sobre sua superfície. Para Ampère, se essa afirmação fosse verdadeira, ele poderia explicar, a partir de um único princípio (ou seja, a força entre condutores com correntes), tanto os fenômenos já conhecidos (interação entre ímãs), quanto para o torque do ímã, exercido pelo fio, descoberto por Oersted, conseguindo, ainda, supor um novo fenômeno, que era a interação direta entre dois condutores com corrente.

---

<sup>5</sup>Originalmente ele não usa “atrair” e “repelir”, mas, para fins didáticos, estamos adotando esses termos, pois, acreditamos que facilita o entendimento.

<sup>6</sup>Novamente estamos utilizando o termo corrente elétrica para facilitar a compreensão do texto, mas, Ampère não utiliza essa denominação e nem tem clareza ainda sobre ela.

Ampère conseguiu verificar experimentalmente esse efeito, dando origem ao que, atualmente, denominamos de eletrodinâmica que descreve a força entre fios com corrente elétrica. Apesar de Ampère admitir ter sido influenciado pela experiência de Oersted, a possibilidade de existir uma ação mútua entre circuitos elétricos, a partir das concepções de Oersted, não é trivial. Nesse sentido, Ampère evidencia essa afirmação com um contra-exemplo, no qual ele mostra que um ímã interage com outro ímã e também com um pedaço de ferro doce<sup>7</sup>, mas dois pedaços de ferro doce não interagem entre si.

Ampère não só imaginou a possibilidade da ação entre os fios condutores com corrente, como realizou experiências minuciosas, observando, entre outros fenômenos, que quando as correntes em fios retos paralelos fluem no mesmo sentido, os fios se atraem, e quando fluem em sentidos opostos, eles se repelem. Para realizar essas experiências, ele acha conveniente estabelecer alguns conceitos previamente. Nesse sentido, ele traz uma definição para tensão elétrica e corrente elétrica (Neste período de 1780 a 1830 ainda não se conhecia a lei de Ohm (1789-1854) e estavam sendo estabelecidos e diferenciados claramente os conceitos de tensão, carga, capacitância, corrente, resistência, potencial elétrico etc.).

O físico defende que a eletrólise e a deflexão da agulha magnética na experiência de Oersted são fenômenos que mostram a presença da corrente elétrica. Nesse sentido, sua preocupação com as medidas dessa corrente elétrica o levou a sugerir a construção de um galvanômetro<sup>8</sup>, que era utilizado para medir a direção e intensidade de uma corrente elétrica. Utilizando uma bússola sobre o circuito e sobre sua grande pilha voltaica, Ampère conseguiu observar o sentido das correntes elétricas tanto ao longo do condutor como no interior da pilha que usava.

Esse estudioso deixa evidente que seu método de pesquisa é inspirado em Newton, ao afirmar que, “na ação mútua de duas correntes elétricas, a ação diretriz e a ação atrativa ou repulsiva dependem de um mesmo princípio e são apenas efeitos diferentes devido a uma única e mesma ação”. Assim, Ampère admite que: se a interação entre dois circuitos com corrente apresenta todas as características da interação entre dois ímãs, ou entre um ímã e um fio com corrente, porque haveriam de ser efeitos diferentes? Então conclui: “É assim que se chega a este resultado inesperado, de que os fenômenos magnéticos são produzidos unicamente pela eletricidade, e de que não há nenhuma outra diferença entre os dois polos de um ímã, a não ser sua posição em relação às correntes que compõem o ímã”.

---

<sup>7</sup>Ferro doce é o ferro com alto índice de pureza. Ferro modificado para não interagir com cargas elétricas ou com outros materiais. Atualmente denominado ferro inerte, é usado principalmente para isolamento magnético.

<sup>8</sup> Este é um nome criado por Ampère neste artigo que está sendo traduzido aqui. Mas ele só foi construído de fato por Pouillet (1790-1868) em 1837.

Entre as principais ideias de Ampère, está a suposição de que existem correntes elétricas no interior dos ímãs e da própria terra. Ele considerava a interação magnética entre dois ímãs, ou entre um ímã e a terra, por meio da interação direta entre as correntes elétricas existentes no interior desses corpos. De modo análogo, ele interpreta a experiência de Oersted, assumindo que há uma interação direta entre a corrente no fio condutor e as correntes no interior da agulha imantada. Com base nessa suposição, ele passou a buscar identificar a existência de uma interação direta entre dois fios conduzindo correntes constantes. Nesse sentido, ele unificou o tratamento das três classes de fenômenos (magnéticos, eletromagnéticos e eletrodinâmicos), como sendo originários de um mesmo princípio, ou seja, todos eles seriam devido a forças centrais de ação e reação entre condutores “transportando” correntes elétricas<sup>9</sup>.

### 3.3 Jean-Baptiste Biot e Félix Savart

O trabalho publicado em 1820 por Biot e Savart sobre sua experiência eletromagnética se intitula *Note sur le Magnétisme de la pile de Volta*, ou seja, “Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta”. O objetivo deste trabalho de Biot e de Savart é o de determinar a intensidade e a direção da força magnética exercida por um longo fio retilíneo, conduzindo uma corrente constante ao atuar sobre um polo de uma agulha imantada (BIOT e SAVART, 2006).

Biot (1774-1862) e Savart (1791-1841) interpretaram a experiência de Oersted como demonstração de que a passagem da corrente elétrica pelo fio havia imantado o fio, que passaria a se comportar como se fosse um ímã comum, podendo interagir com outros ímãs:

A ação experimentada por uma molécula de magnetismo austral ou boreal colocada a uma distância qualquer de um fio cilíndrico muito fino e indefinido, tornado magnético pela corrente voltaica. Trace uma perpendicular ao eixo do fio pelo ponto onde se localiza essa molécula. A força que atua sobre a molécula é perpendicular a essa linha e ao eixo do fio. Sua intensidade é inversamente proporcional à distância. A natureza de sua ação é a mesma que a ação de uma agulha imantada que fosse colocada sobre o contorno do fio em um sentido determinado e sempre constante em relação à direção da corrente voltaica. (CHAIB e ASSIS, 2007 p.89).

O que se destaca nesse texto, é como os autores entendiam os processos elementares que se passavam no fio. Eles imaginavam que a natureza da força era puramente magnética, por isso, acreditavam que o condutor se magnetizava, ao ter uma corrente elétrica. Biot e

---

<sup>9</sup> Embora essas ideias de Ampère estejam incorporadas na física atual, não foram aceitas em sua época por muitos cientistas importantes.

Savart utilizam os termos “molécula de magnetismo boreal” que representa o polo norte enquanto que uma “molécula de magnetismo austral” representa o polo sul. Ele também utilizava os termos “moléculas de magnetismo ou moléculas magnéticas”, que equivale ao que, atualmente, entendemos por polos magnéticos ou também mono polos.

Os autores mencionados discordavam de Ampère (que acreditava haver uma relação direta entre elementos de corrente) e acreditavam que o fio havia sido imantado pela corrente elétrica, agindo, assim, sobre os polos magnéticos da agulha da bússola. Eles nunca chegaram a encontrar uma distribuição apropriada de polos magnéticos, ao longo do fio, com uma corrente que conseguisse reproduzir, fielmente, a orientação espacial da agulha da bússola em relação ao fio. Devido a isso, passaram a explicar o fenômeno, em termos de forças exercidas por cada elemento de corrente do fio sobre os polos magnéticos da agulha da bússola (BIOT e SAVART, 2006).

Essas forças não seriam mais de atração e repulsão, ao longo do fio, mas perpendiculares ao plano formado pela direção do elemento de corrente e pela reta, unindo o elemento de corrente ao polo magnético. Depois de obterem que a força exercida por um longo fio retilíneo sobre um polo magnético é inversamente proporcional à distância entre eles, tentaram obter a força exercida por um elemento de corrente sobre um polo magnético. A lei que expressa a suposta força exercida pela corrente sobre um polo magnético de um ímã. Ou seja, eles não consideravam que um ímã era composto por correntes microscópicas. Em vez de falarem da interação direta entre elementos de corrente, como fazia Ampère, consideravam como elementar essa força exercida por um elemento de corrente sobre uma molécula magnética, isto é, sobre um polo magnético. Biot considerava a hipótese de Ampère ruim, pois ela não estava de acordo com as analogias que nos apresentam todas as leis de atração (CHAIB e ASSIS, 2007).

### **3.4.1. O experimento de Biot e Savart**

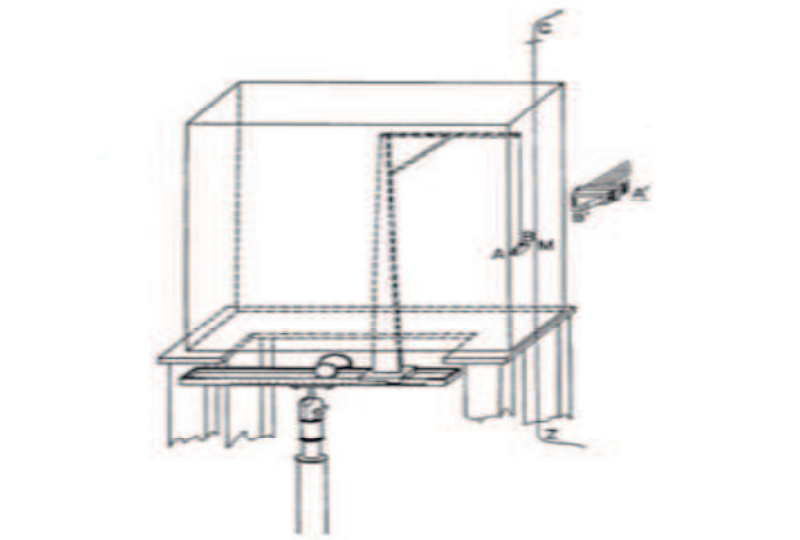
Em suas primeiras notas, a respeito do fenômeno eletrodinâmico, Biot e Savart (2006) descrevem, muito brevemente, a maneira como obtiveram seus dados experimentais:

As experiências foram feitas suspendendo por fios de seda lâminas retangulares ou fios cilíndricos de aço temperado, imantadas pelo método de duplo contato, e observando as durações de suas oscilações, assim como suas posições de equilíbrio, enquanto estavam suspensas a várias distâncias e em direções diferentes em relação ao fio metálico que unia os dois polos da pilha. Algumas vezes a ação do magnetismo terrestre era combinada com a ação do fio, e em outras vezes era

compensada e destruída pela ação oposta [exercida] por um ímã artificial colocado à distância. (Biot e Savart, 2006, p. 308).

Como pode ser observado, nessa citação, a descrição de Biot e Savart sobre esse experimento é muito breve e não permite uma melhor compreensão do que foi realizado, pois falta clareza nos detalhes. Não houve um maior esclarecimento das atividades desenvolvidas por eles até o ano de 1821, quando Biot publica um trabalho que traz maiores esclarecimentos. No intuito de visualizarmos melhor este experimento, observemos a Figura 3:

**Figura 3:** Esquema do aparato experimental do aparato desenvolvido por Biot e Savart.



Fonte: (Biot, 1824)

Para trazer uma maior compreensão acerca de seu experimento, Biot argumenta que:

Nós tomamos uma agulha de aço imantada tendo a forma de um paralelogramo [...] para torná-la perfeitamente móvel, nós a suspendemos em uma caixa de vidro por um simples fio de seda dispondo-a em uma posição horizontal. Em seguida, para que ela fosse realmente livre a fim de obedecer à força emanada do fio condutor, subtraímos a ação do magnetismo terrestre, dispondo uma barra imantada A'B' a uma distância e uma direção tal que contrabalançava esta ação de forma exata. Nossa agulha se encontrava, assim, na mesma liberdade de movimento como se não existisse de maneira alguma o globo terrestre. (Biot, 1821, p. 121)

Por fim, em uma terceira edição, publicada em 1824, encontramos a descrição mais detalhada, na qual Biot apresenta resultados semelhantes aos que aceitamos atualmente. Biot e Savart admitiram uma barra imantada que possua um estado de imantação bem estável, e essa barra possui um comprimento e uma energia magnética tão grande quanto possível. Essa barra

será colocada, horizontalmente, na altura da agulha com orientação de seu meridiano magnético (ao norte ou ao sul), girando sempre no sentido contrário ao movimento da terra, ou seja, de modo que seu polo boreal fique direcionado para o norte e seu polo austral esteja direcionado para o sul. Agora, se a barra está muito distante da agulha, a resultante das forças que exercerá sobre ela será muito fraca ou mesmo insensível. Isso será percebido, se a agulha oscilar, pois a velocidade de oscilação será quase a mesma da velocidade de oscilação sob a influência terrestre.

Mas aproximando a barra pouco a pouco, as oscilações da agulha se tornarão mais lentas, e se poderá gradualmente atingir uma posição onde elas se tornarão suficientes para que a resultante [das forças] seja negligenciável de qualquer forma. [...]. Com efeito, tendo estabelecida esta condição, cada polo da agulha provará a mesma ação da parte da barra, seguindo direções sensivelmente [infinitesimalmente] paralelas em todas as posições as quais o movimento oscilatório poderá lhe levar. Ora, o paralelismo da direção existe também para a força terrestre, e ainda de uma maneira infimamente mais rigorosa. O movimento oscilatório produzido pela diferença destas duas ações será então tal como aquele que se obteria pela influência de uma única força diretriz muito fraca, agindo sempre ao longo das direções igualmente paralelas umas às outras. Isto torna o quadrado dos tempos de oscilações proporcionais à intensidade da força, desde que as oscilações aconteçam em amplitudes muito pequenas. (Biot, 1824, p.708).

Outro ponto que precisa ser destacado é a discussão sobre a dependência do ângulo entre o elemento de corrente e a reta que o liga à molécula magnética. Biot e Savart realizam uma nova experiência com um longo fio oblíquo na forma do sinal  $>$ , situado em um plano vertical, atuando sobre uma agulha magnética. Chamam de  $i$  ao ângulo formado entre o ramo inferior do fio e a horizontal. Na segunda edição do livro *Précisélementaire de physique*, de 1821, Biot afirma o seguinte:

Encontrei assim que, tanto para o fio oblíquo quanto para o fio retilíneo, a ação era inversamente proporcional à distância, mas a intensidade absoluta era mais fraca para o fio oblíquo do que para o fio reto, na proporção do ângulo ZMH em relação à unidade. Esse resultado, analisado pelo cálculo, me pareceu indicar que a ação de cada elemento  $i$  do fio oblíquo sobre cada molécula  $m$  de magnetismo austral ou boreal é inversamente proporcional ao quadrado de sua distância  $im$  até esta molécula, e proporcional ao seno do ângulo  $miM$  formado pela distância  $im$  com o comprimento do fio (BIOT e SAVART, 2006).

Em 1823, Savart, mostrou que, se a força de cada elemento de corrente sobre uma polo magnético fosse proporcional a  $\frac{senmiM}{i}$ , então a força do fio oblíquo de Biot e Savart deveria ser proporcional a  $\tan(i/2)$ , e não a  $sen i$ . Biot passa a afirmar que as suas experiências indicam que a força do fio oblíquo sobre um polo magnético é proporcional a  $\tan(i/2)$ , e não mais a  $sen i$ . Concluem, então, que se consideramos um pequeno pedaço infinitamente fino de

um fio semelhante, situado em  $i$ , e que  $im$  ou  $R$  seja sua distância a uma partícula  $m$  de magnetismo, seja boreal ou austral, deduzimos de nossas primeiras experiências que a ação desse pedaço sobre a partícula é inversamente proporcional ao quadrado da distância, multiplicada por uma função desconhecida do ângulo  $mim$ , que designaremos aqui por  $\mu$ .

#### 4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

No que diz respeito à natureza dos dados, esta pesquisa é classificada como pesquisa documental e bibliográfica. A pesquisa documental se diferencia de outras técnicas pelo método de coleta e análise de dados, a qual, na maioria das pesquisas, está pautada no contato direto com os sujeitos. Na pesquisa documental, isso ocorre de modo indireto, como nos aponta Gil (2008):

[...] Há dados que, embora referentes a pessoas, são obtidos de maneira indireta, que tomam a forma de documentos, como livros, jornais, papéis oficiais, registros estatísticos, fotos, discos, filmes e vídeos, que são obtidos de maneira indireta (Gil, 2008, p.147).

É notável, no entanto, a semelhança entre a pesquisa documental e a pesquisa bibliográfica. Semelhança que se distingue apenas pela natureza das fontes pesquisadas: a pesquisa bibliográfica está mais focada em trabalhos secundários. Para desenvolver esse tipo de pesquisa, geralmente se utiliza alguns autores discutidos sob o ponto de vista de outros autores. Já a pesquisa documental atenta para fontes primárias que ainda não tiveram nenhum “tratamento” por parte do pesquisador ou que ainda não foi suficientemente evidenciado. Para Marconi e Lakatos (2003):

A característica da pesquisa documental é que a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fontes primárias. Estas podem ser feitas no momento em que o fato ou fenômeno ocorre, ou depois (LAKATOS e MARCONI, 2003, p.174).

Nesse sentido, nossa análise documental consistiu em analisar documentos primários e secundários que nos permitiram estabelecer uma base conceitual segura para identificar os trabalhos desenvolvidos dentro do eletromagnetismo, desde Oersted até Biot e Savart, passando por Ampere. Essa escolha deve-se ao fato de que o trabalho de um (Oersted) serviu de base para os outros, numa sequência positiva, mostrando-nos que ciência se promove a partir de uma associação de ideias.

De fato, como vimos em nossa fundamentação teórica, no capítulo anterior, todos os relatos históricos e experimentais vivenciados ao longo de quase dez anos, somaram-se, objetivando estabelecer uma ideia mais concisa, mais precisa, no sentido de fortalecer o conhecimento científico que temos hoje.

Partindo dessa premissa, nasceu o objetivo principal deste trabalho, destinado a produção de uma ferramenta didática de fácil manuseio em sala de aula, um texto didático ou



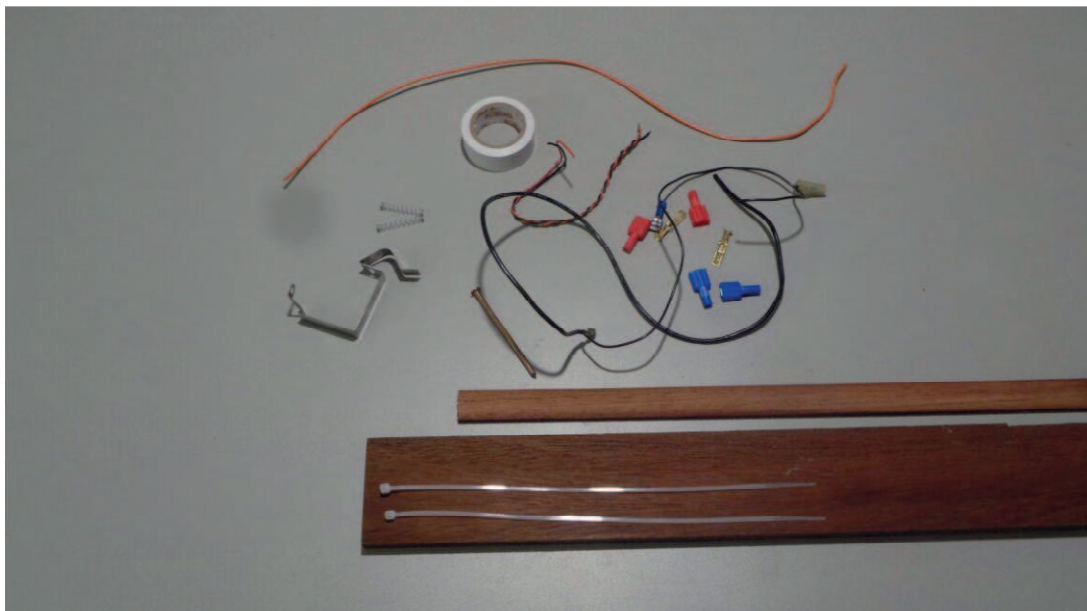
paradidático, (um livro de apoio didático secundário) capaz de sinalizar para a evolução histórica do princípio do eletromagnetismo, capitaneada por vários experimentos, contada de forma simples, porém sem perder o rigor científico.

#### 4.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO DESENVOLVIDO

Para uma melhor compreensão de alguns elementos históricos apresentados nesse trabalho, foi desenvolvido um aparato experimental que visa descrever alguns fenômenos marcantes e necessários para uma melhor aprendizagem do princípio do eletromagnetismo. Nesse sentido, esse aparato experimental consta em nossa dissertação, bem como no paradidático (neste projeto um livro de apoio didático secundário), como uma forma de ilustrar algumas situações que parecem ser um pouco abstratas, se tomamos como base apenas a teoria que lhe explica.

Para sua confecção, prezamos por materiais alternativos, que são facilmente encontrados e que não possuem um valor de compra muito elevado. Desse modo, optou-se pela utilização dos seguintes materiais:

**Figura 4:** Materiais utilizados para confecção do aparato experimental.

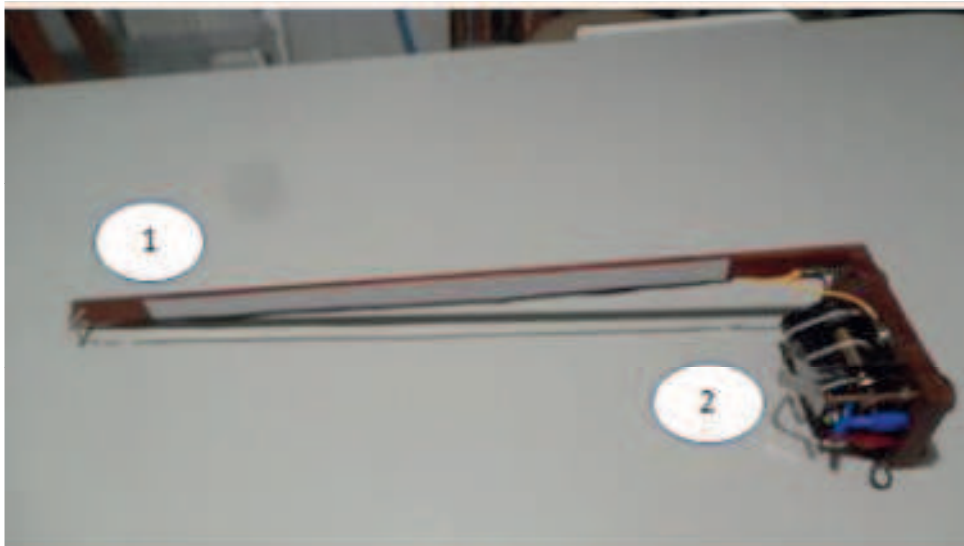


De acordo com a Fig. 4, podemos observar que a confecção do material exige um número pequeno de componente:

- Sarrafos de madeira;

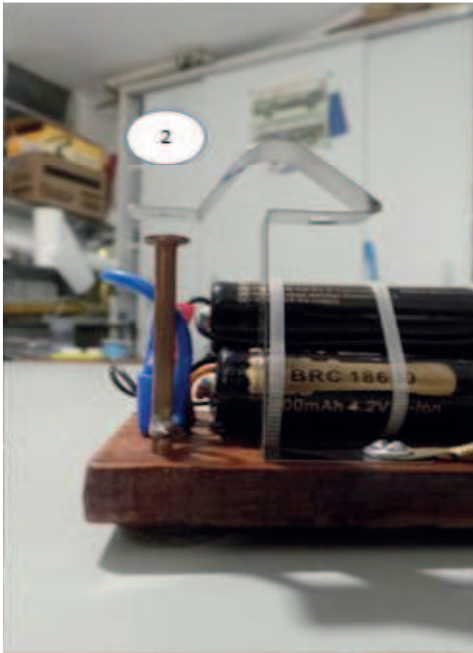
- Fios;
- Terminais elétricos;
- Pregos;
- Fita isolante (branca);
- Molas (utilizadas em canetas);
- Abraçadeiras;
- Espaguetes térmicos
- Baterias

**Figura 5:** Aparato experimental montado



Como pode ser percebido, a montagem do aparato experimental é simples. Especificamos na imagem duas partes (1) e (2) para facilitar o entendimento de sua construção. Nessa parte (1) ele consiste de uma estrutura de madeira, sobre o qual é colocado um fio condutor esmaltado de 0,22mm em um comprimento de 45 cm. Como o fio utilizado é muito fino, ele foi revestido por um *espaguete térmico* (mangueirinha), que é comumente utilizada para proteger o fio. O fio revestido em cor preta possui uma coloração muito próxima à madeira, por isso revestimos a madeira com a fita isolante branca, pois, ao fornecer um melhor contraste com o fio, permite melhor visualização do efeito.

**Figura 6:** Aparato experimental



Para que os efeitos sejam percebidos, sobre o fio condutor deve haver um fluxo de correntes elétricas intenso. Pensando dessa forma, para manter a similaridade desse aparato com os originais utilizados por Oersted, Ampère e Biot-Savart, utilizamos três baterias recarregáveis de 4,2V cada uma delas, fornecendo uma corrente de 9,8A.

O prego e a haste de metal (Níquel-cromo) funcionam como interruptor do sistema, regulando a entrada de corrente no aparato.

Vale salientar que foi construído dois desses aparatos iguais, porém opostos (como se refletido em um espelho).

Com um só (qualquer um) reproduz-se o experimento de Oersted, o da bússola; ao ser usado os dois aparatos, deixando-os bem próximos, de forma superposta, como se refletido em um espelho, conseguimos reproduzir o experimento de Ampère, atraindo e/ou repelindo os condutores (ao se inverter a polaridade de qualquer um dos aparatos).

Posteriormente, construímos uma bússola. Essa construção também é opcional e é determinada pelos objetivos do professor. Se seu intuito é apenas mostrar o efeito sofrido por uma bússola em presença de uma corrente elétrica, essa construção pode ser dispensada e a utilização de uma bússola convencional pode ser adequado. Mas, como nossos objetivos são mais amplos e abrangentes, optamos pela construção da bússola.

Assim como as demais etapas, essa construção foi muito simples e consistiu na utilização de um pedaço de madeira sobre a qual colamos a imagem de uma rosa dos ventos (imagem disponível na internet). No centro, colocamos uma tachinha que irá fixar o ponteiro da bússola. Após essa montagem, a bússola apresenta-se da seguinte maneira:

**Figura 7:** Bússola construída com três ponteiros de diferentes materiais



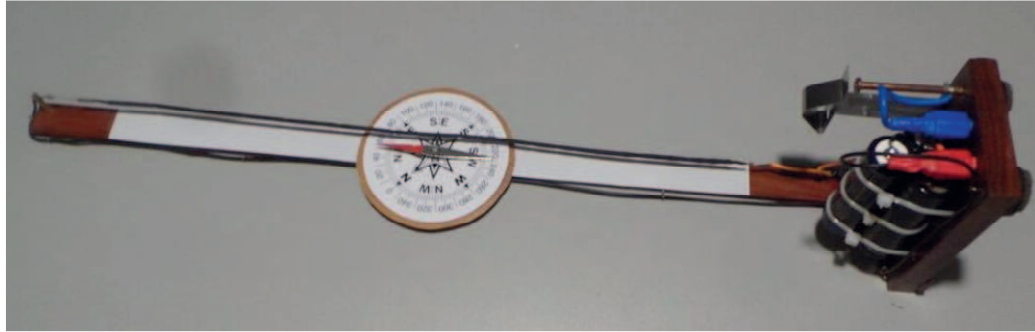
Note que a bússola apresenta três ponteiros diferentes. Cada um desses ponteiros é constituído de um material diferente. O primeiro ponteiro é feito de latão; O segundo ponteiro (preto) é feito de goma laca<sup>10</sup> e o terceiro (prata com vermelho) é feito de aço cromado.

Nesse sentido, após explanarmos brevemente aspectos relevantes da montagem desse aparato, demonstraremos nossa proposta de utilização desse aparato. Em primeiro momento, utilizamos esse aparato para o estudo da experiência de Oersted. Para isso, devemos colocar a bússola no aparato experimental, sobre a madeira e abaixo do fio.

---

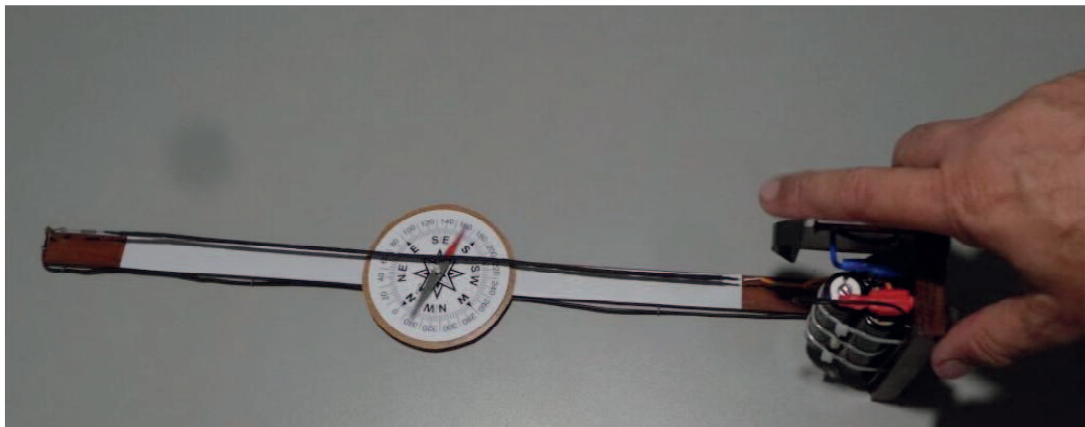
<sup>10</sup> Os discos gramo fônicos dos anos 40-50 não eram feitos em vinil, mas, em goma laca.

**Figura 8:** Posicionamento da bússola no aparato experimental.

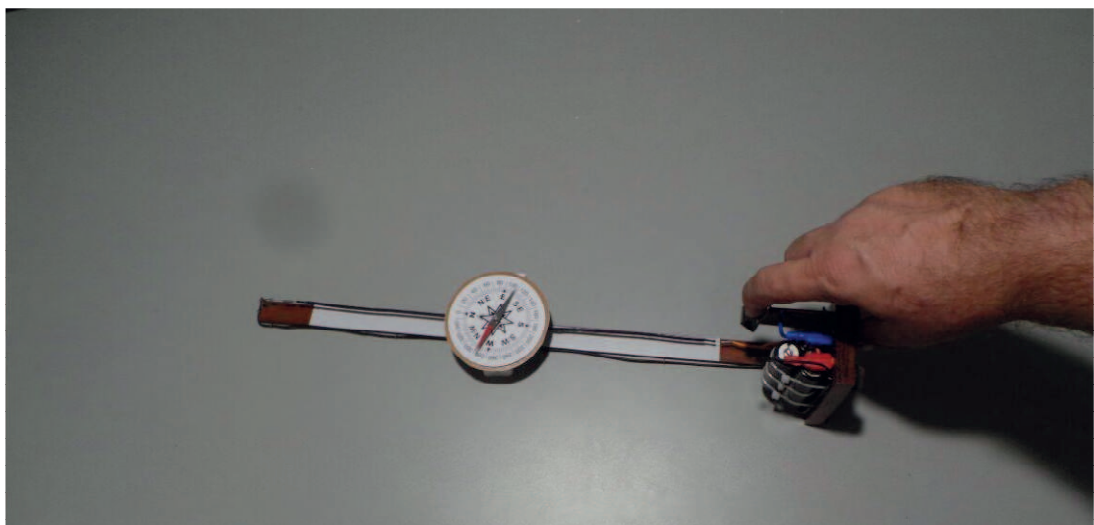


Em seguida, podemos ligar o aparato, ou seja, permitir a passagem de corrente elétrica pelo fio condutor, que está posicionado sob a bússola.

**Figura 9:** Funcionamento do aparato (bússola abaixo do fio – agulha se movendo)



Bússola a cima do fio (agulha sofre um torque, agora no sentido anti-horário)

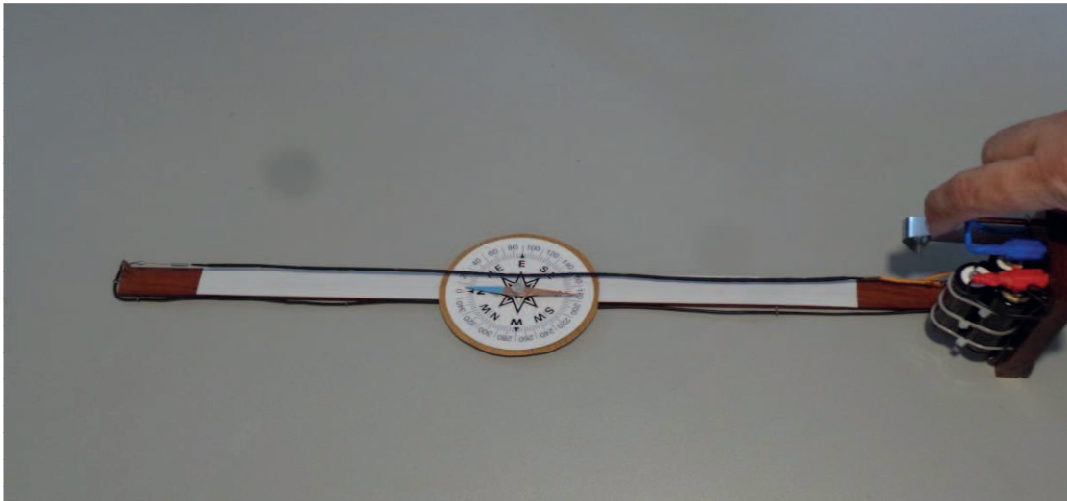


Podemos observar que quando a corrente elétrica passa pelo fio condutor, o ponteiro da bússola sofre uma deflexão, saindo de sua posição original. Nesse sentido, esse

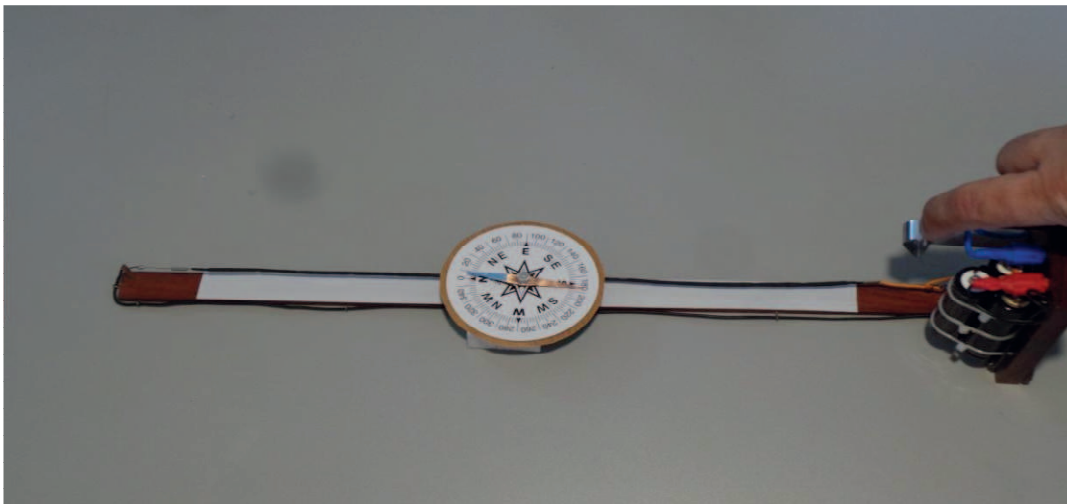
instrumento nos permite visualizar a interação entre a eletricidade e o magnetismo e nos permite discutir com os alunos acerca dessa temática.

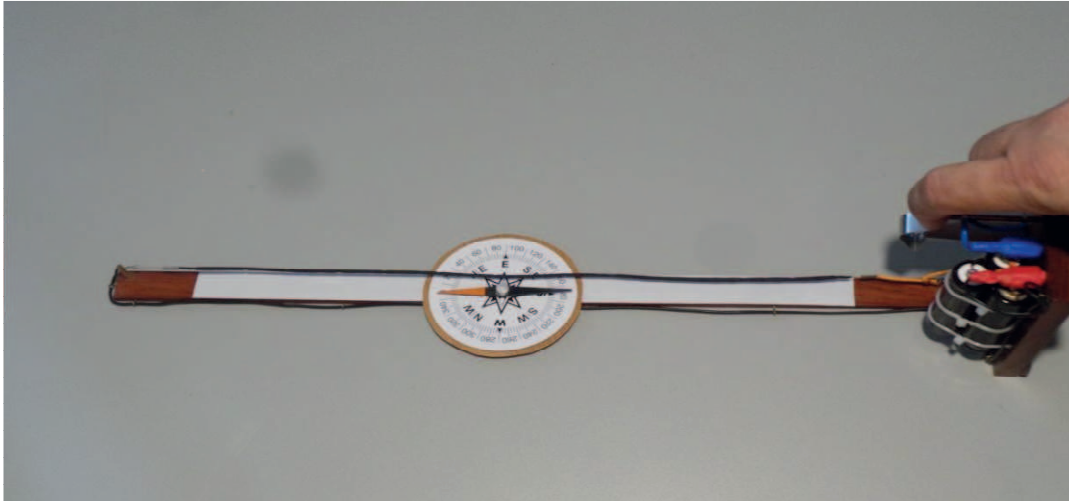
Ao realizar essa atividade, nos atentamos também em discutir a influência do material, no qual é constituído o ponteiro da bússola. Nesse sentido, construímos os ponteiros de latão e de goma laca (como experimentado por Oersted); e, posteriormente realizamos a atividade da mesma forma que foi realizada com o ponteiro de aço. Vejamos então o resultado:

**Figura 11:** Bússola com ponteiro de materiais não ferrosos (latão e goma laca).

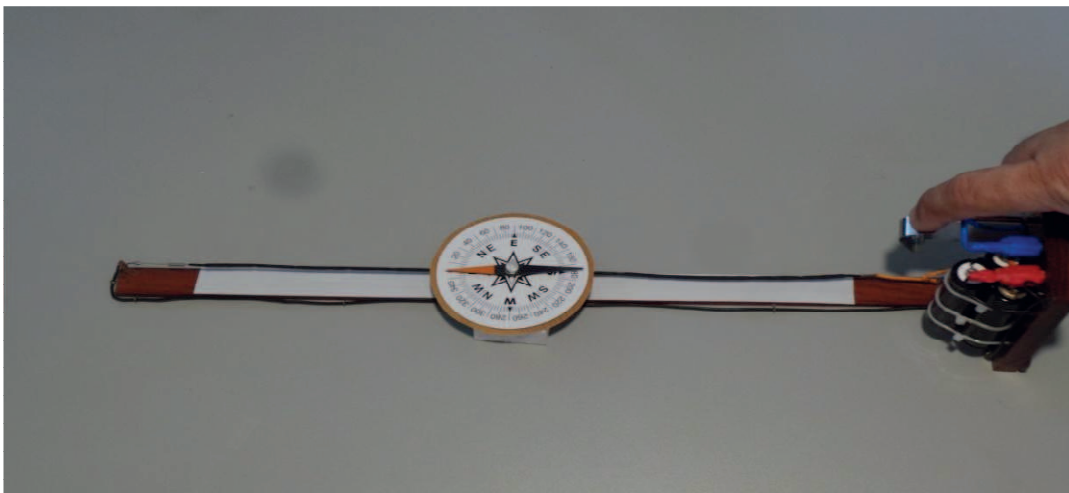


Agora a cima do fio condutor



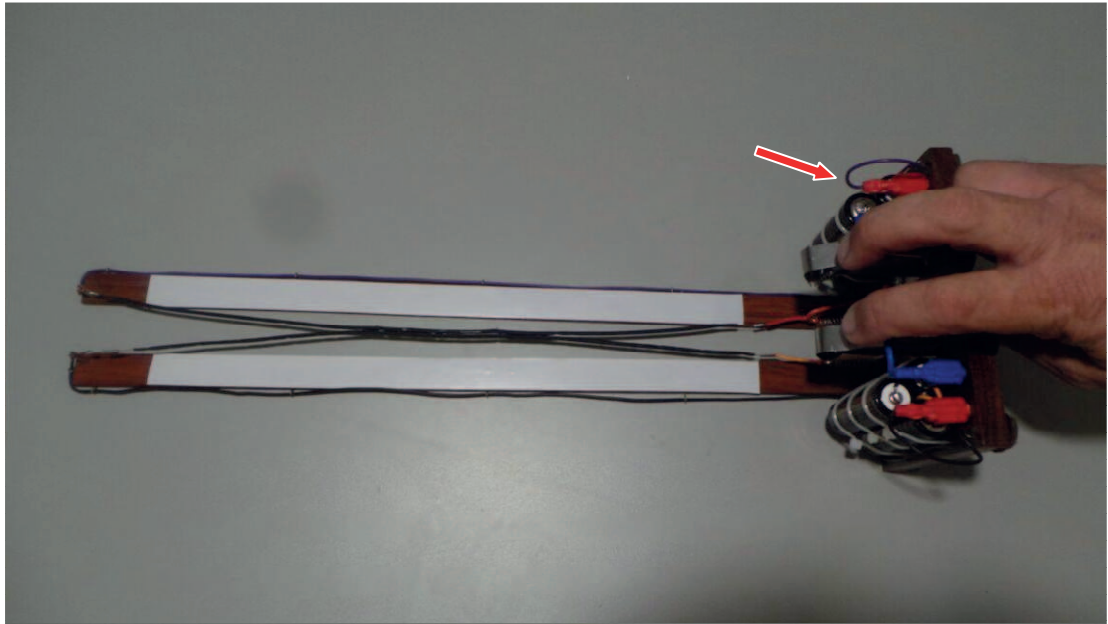
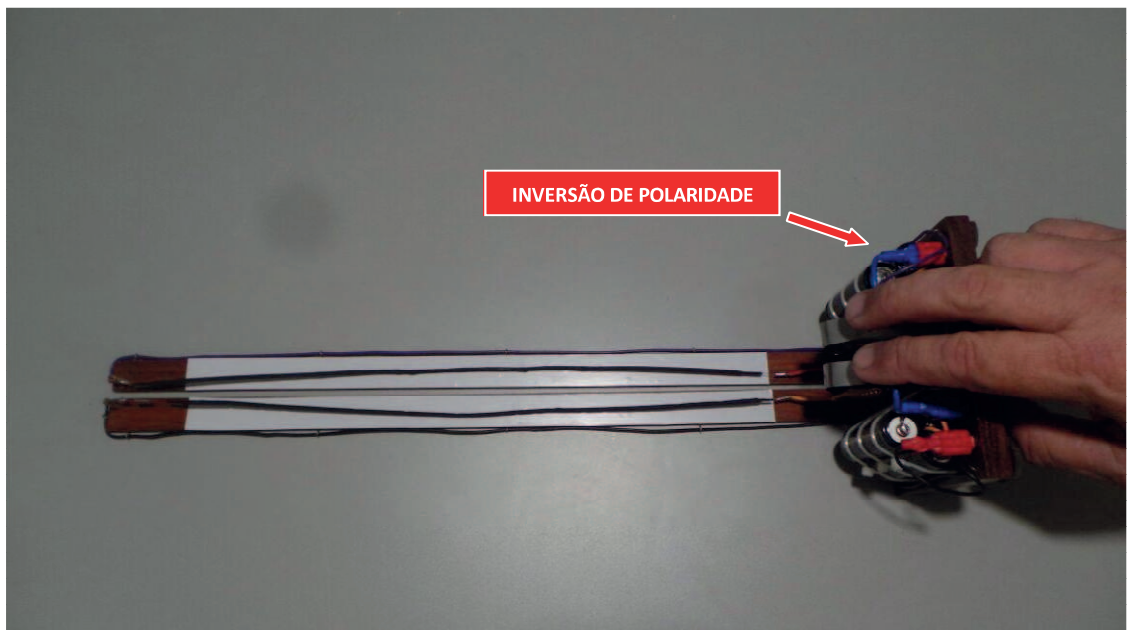


Com ponteiro de goma laca sobre o fio condutor



Pode-se observar nas imagens a cima ambos os tipos de ponteiros constituídos de materiais não ferrosos, tanto a cima como abaixo do fio condutor, não sofrendo nenhum efeito de torque ao ser acionado o interruptor do instrumento.

Em um segundo momento, como já citado anteriormente, ao ser usado um segundo instrumento, desta vez, próximo (encostado) ao anterior, como numa imagem espelho, pode-se realizar e discutir uoutro experimento, agora nas concepções de Ampère, como ilustrado na (Figura 5) com o intuito de discutir acerca da atração e repulsão dos condutores sob o efeito do sentido das correntes, o aluno poderá manipular o experimento invertendo a polaridade de qualquer um dos aparatos e verificar um efeito inverso, observando, por exemplo, a regra da mão direita.

**Figura 12:** Atração entre os fios**Figura 13:** Repulsão entre os fios

Como podemos perceber, a ideia é simples, mas bastante eficaz, a possibilidade de inverter o sentido da corrente faz com que esses efeitos sejam bem perceptíveis, promovendo para o professor e alunos uma ampla discussão, vencendo boa parte da abstração presente nesse estudo.

Os instrumentos foram desenvolvidos para uma finalidade mais ampla; desse modo, ele nos permite discutir as ideias de Oersted, Ampère e possibilita também discutir os trabalhos de Biot-Savart. Mesmo sendo uma ideia simples e de custo relativamente baixo, às



vezes existem algumas impossibilidades que dificultam a utilização desse aparato experimental em sala de aula. Assim, a cartilha foi elaborada levando em consideração essa dificuldade. Nesse sentido, ela traz elementos históricos e experimentais bastante ilustrativos, possibilitando essa discussão experimental mesmo que não seja possível levar esse aparato para sala de aula.

#### 4.2 PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE OBJETO DIDÁTICO

Tendo em vista que o programa de Mestrado Profissional exige um objeto didático concreto, sem a necessidade de leitura integral de nosso trabalho, propomos a criação de um paradidático, em anexo, no qual apresentamos todo o aspecto histórico relativo ao desenvolvimento inicial do Eletromagnetismo, passando pelas interpretações dadas por Oersted, Ampère, Biot e Savart.

O objetivo deste objeto é proporcionar aos estudantes e professores uma compreensão mais adequada desse desenvolvimento, estabelecendo uma base contextual mais segura, ao passo em que nos mostra que a ciência não é pensada de forma única e imediata, mas uma construção de saberes.

Procurou-se o máximo de objetividade possível, para que seja proporcionada uma leitura fácil, divertida, acompanhada de personagens animadas, mas sem perder o rigor científico, ou seja, apesar do aspecto “revista de quadrinhos”, os conceitos e experimentos suscitados são baseados nos trabalhos originais.

No que diz respeito ao experimento mostrado nas fotos, bem como seus procedimentos de montagem, referem-se a reprodução similar àquela que fora desenvolvida e não uma reprodução fiel do experimento desenvolvido na época, o que, inclusive, talvez não fosse possível devido à limitação de materiais usados. Por outro lado, a reprodução do experimento em fotos, ao longo do paradidático, nos proporciona o desenvolvimento trilhado por Oersted e Ampère, ao tempo em que se podem visualizar os objetivos de Biot e Savart.

Assim, foi selecionados componentes elétricos, simples e de fácil acesso, o que acaba caracterizando nosso aparato como alternativo. Mesmo sendo componentes básicos e facilmente encontrados, não faz sentido utilizar o termo: baixo custo, pois, a produção em maior escala não teria um custo tão baixo, no entanto, recorreremos a materiais de menor custo, sempre que possível. Nesse sentido, essa montagem experimental pretende ser simples e de fácil manuseio, possível de ser reproduzida várias vezes, e que permita a mobilidade de poder transportá-la, para utilização em sala de aula sem grandes riscos de danificar o aparato.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção do conhecimento e saberes científicos são uma atividade complexa que normalmente cresce associada a preceitos sociais, religiosos, políticos e econômicos e carrega fortes influências pessoais. A completa isenção do professor/pesquisador quanto a esses aspectos é inviável. Nesse sentido, ao longo desse trabalho foi possível observar que em diversos momentos, esses interesse e influências se tornaram muito presentes e passaram a ser um norteador para nossas atividades. Como professores, pudemos nos utilizar de nossas experiências cotidianas para fazer esse mapeamento de necessidades e desafios e tentar desenvolver uma atividade que permita um ensino mais eficiente e que consigamos suprimir os desafios presentes em nosso cotidiano.

A busca por melhorias no ensino de Física, procurando torná-lo mais eficaz, foi a principal causa que nos conduziu à realização de uma dissertação nesses moldes. E destacamos aqui a importância de fazer parte de um programa de Mestrado Profissional, já que ele visa trabalhar temáticas mais próximas às realidades vivenciadas, exigindo a elaboração de um objeto didático. Esse tipo de programa tem como objetivo central promover a formação continuada de profissionais que já atuam em sala de aula. Essa modalidade surgiu no Brasil regulamentado pela Portaria CAPES 80/1998, com o objetivo de qualificar profissionais não apenas para educação, mas para diversos setores da sociedade. Nesses moldes temos:

Profissionais cada vez mais qualificados mesmo para setores que não lidam com a docência ou com a pesquisa de ponta; aumento das titulações no País e transferência de conhecimento científico para as empresas ou para o mercado, com vistas a benefícios da sociedade como um todo, setor público e movimentos sociais (RIBEIRO, 2005, p.8).

A escolha deste estudo ocorreu em virtude de acreditarmos que a utilização de elementos da História e Filosofia das Ciências (HFC) aliado à atividade experimental tornam-se metodologias desencadeadoras da motivação e uma boa estratégia de ensino para inserção, desenvolvimento e aprofundamento de conteúdos relacionados ao princípio do eletromagnetismo. De fato, a partir dessas abordagens foi possível a construção de um objeto didático mais completo, de fácil leitura, permitindo-nos a exploração de aspectos históricos relevantes, de difícil acesso aos alunos, sem, no entanto, perder o rigor científico tão maltratado em alguns livros didáticos.

Ao longo das discussões sobre HFC aqui apresentadas, percebemos que essa abordagem é bastante válida quando se busca discutir alguns aspectos mais subjetivos de determinado conteúdo. Essa abordagem leva em consideração às influências da época e nos permite entender atualmente o que desencadeou os mais variados fatos ocorridos em períodos posteriores. Além disso, seu papel vai além de um mero instrumento acessório para motivar os alunos ou ajudar a compreender conceitos. A história da ciência deve ser encarada como parte integrante dos conhecimentos necessários à formação científico-cultural dos alunos.

Com base em nossa prática vivencial em sala de aula, percebemos que a função dada à HFC ainda é falha, já que o maior destaque dado a essa abordagem refere-se a aspectos da natureza dos conceitos científicos. Quando se trata da descrição histórica do fenômeno que se deseja analisar, percebemos que essa ainda aparece de forma fragmentada e construída com base em argumentos fracos que acabam dificultando sua compreensão, criando concepções equivocadas. E em decorrência das fragmentações já citadas, há certa dificuldade em se desenvolver uma discussão mais aprofundada.

Essa utilização da HFC no ensino como uma mudança de prática em sala de aula, que defendemos em nosso trabalho, envolve não somente a oferta de novos conhecimentos, releitura e reestruturação de conteúdos e práticas docentes, mas considera também a utilização de recursos didáticos que auxiliem a transformação didática pedagógica. Nesse sentido, o uso de diferenciados recursos, como a atividade experimental, por exemplo, é extremamente importante para que o aluno deixe a posição passiva no ensino e, definitivamente, transforme-se em agente ativo da sua aprendizagem. Para tanto, recursos didáticos, que estimulam atitudes dos sujeitos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, devem ser pesquisados e desenvolvidos a fim de que sejam utilizados no ensino de forma a aperfeiçoar a aquisição do conhecimento.

No que se refere a esse caso em particular, destaca-se a reconstrução do princípio do eletromagnetismo, discutindo as ideias centrais desenvolvidas por pesquisadores como Oersted, Ampère, Biot e Savart, na qual buscamos evidenciar textos originais e uma literatura secundária de boa qualidade que nos permitiu desenvolver argumentações acerca de sua formulação inicial, bem como sobre o contexto científico da época. Desenvolvemos também um aparato experimental alternativo que nos permite visualizar e discutir o experimento de Oersted e Ampère, além de direcionar para possíveis resultados dos trabalhos de Biot e Savart.

A ideia para o desenvolvimento do material, aqui chamado de Paradidático, que se trata de um livro de apoio didático secundário (uma espécie de cartilha), teve base nas dificuldades encontradas por nós, enquanto professores de ensino médio, quando na busca de ricas informações históricas sobre o princípio do eletromagnetismo. A partir deste ponto foi desenvolvido um método, com algumas características próprias, que se adequam às condições que a escola pública proporciona ao professor, que muitas vezes não são apropriadas a prática de atividades desse gênero. Também se pensou em experimentos simples que possam ser realizados pelos próprios alunos, que na maioria das vezes não têm muito contato com atividades dessa natureza.

Este projeto é precursor para trabalhar as mais diversas áreas da Física, já que outros projetos semelhantes a esse podem ser desenvolvidos em longo prazo, acrescentando ainda mais valor à obra. Por fim, nosso objetivo central foi trazer uma reconstrução histórica do princípio do eletromagnetismo, desenvolver um aparato experimental que pudesse servir para visualizar o fenômeno e construir um material que trouxesse essas abordagens e permitisse instigar uma discussão sobre essa temática. Partindo desses pressupostos, acreditamos que nossos objetivos foram atendidos. No entanto, ainda há muito por fazer. Objetivar materiais dessa natureza, que possam facilitar e incentivar a aplicação de atividades experimentais nas turmas do ensino médio e fundamental, propiciando um relato histórico de boa qualidade, ao tempo que vislumbra um perfil teórico dentro de um conceito científico apropriado, deve se tornar uma busca incessante dentro do contexto educacional vigente.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T. DE; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 25, 2, 176-194, 2003.
- ALVES, J.P.F. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 17, n. 2: p. 174-182, ago. 2000.
- BASTOS FILHO, J.B. Qual história e qual filosofia são capazes de melhorar o ensino de Física? In: PEDUZZI, Luiz O. Q., MARTINS André Ferrer P.; HIDALGO, Juliana Mesquita (Org). **Temas de História e Filosofia da Ciência no ensino** – Natal; EDUFRN, (2012).
- BIOT, J.B.. **Précis Élémentaire de Physique Expérimentale**. Volume 2. Chez Deterville, Paris, 3 edition, 1824.
- BIOT, J.B.; SAVART, F.. Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta. **Caderno de História e Filosofia da Ciência**, 16 (2):307-9, julho – dezembro 2006. Série 3. Biot, 1821
- BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, República Federativa do Brasil. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000.
- CARVALHO, A.M.P; VANNUCHI, A.I.; Barros, M.A.; Gonçalves, M.A.R; Rey, R.C (1998). **Ciências no Ensino Fundamental**. Escrituras Editora, São Paulo.
- CHAIB, J.P.M.C.. **Análise do significado e da Evolução do Conceito de Força de Ampère, Juntamente com Tradução Comentada de sua Principal Obra sobre Eletrodinâmica**. 2009.386f. Tese de Doutorado em Física. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, São Paulo.
- CHAIB J.P.M.de C; ASSIS, A.K.T. Sobre os efeitos das correntes elétricas – Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 85-102, jan | jul 2007.
- CHAIB, J.P.M.C; ASSIS, A.K.T.;.. **Eletrodinâmica de Ampère**. Editora Unicamp, Campinas, 2011. ISBN 9-788-526-809-383

\_\_\_\_\_.Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**.v. 29, n. 1, p. 41-51, 2007

DIAS,P.M.C.; SANTOS,W.M.S.; SOUZA,M.T.M.. A gravitação universal (um texto para o ensino médio). **Revista Brasileira de Ensino de Física**. 26(3):257-271, 2004.

ENGELMANN, M. Na Electroscope with a Point. **Science Teacher**. Vol.50, n3, 1983.

GALIAZZI, M.C. *et al.* Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. **Ciência e Educação**, v.7, n.2.p. 249-263, 2001.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.

HODSON, D. Haciaun enfoque más crítico deltrabajo de laboratorio. **Enseñanza de lasCiências**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HÖTTECKE, Dietmar. Wow and what can we learn from replicaating historical experiments? A case study. **Science & Education** 9, 343, 2000.

KIPNIS, N.From the Danube to the North Sea. **Rediscovering Science Newsletter**, published for secondary science teachers by the Bakken Library and Museum. Vol. 3, n1, 1995.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1999.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** ,v. 23, n. 3, dezembro de 2006.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de Química: Professor/Pesquisador**. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

MARTINS, R.A. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofiada Ciência** (10); 89-114, 1986

MATTHEWS, M.R. **Science Teaching – The role of History and Philosophy os Science**. New York: Routledge, 1994

.História, Filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.12, n. 3. P.164-214, 1995.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa**.7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N.T.; OSTERMANN, F. “História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n. 1, p. 127-134, 2007.

NARDI, R.. e CARVALHO, A.M.P. \Ensino do Conceito de Campo de Força". In: NARDI, R. (Org.), **Pesquisas em Ensino de Física, Escrituras Editora**, 1998, 61-7º.

NEVES, Marco César. De experimentos, paradigmas e diversidades no ensino de física: **construindo alternativas**. Maringá: Editora Massoni, 2005.

PACCA, J. L. A. Entendimento de conceitos e capacidade de pensamento formal. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 23-28, 1984.

PARANÁ/ SEED. **Diretrizes Curriculares para a Educação Básica: Ciências**. Curitiba, SEED, 2008.

PESSOA, O. F., GEVERTZ, R. & SILVA, A. G. **Como ensinar ciências**. Vol. 104, 5. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1985.

PIETROCOLA-OLIVEIRA, M. **A história e a epistemologia no ensino da física**: aspectos individual e coletivo na construção do conhecimento científico, 1993.

PINHOALVES, J. Fo. **Atividades Experimentais: um instrumento de Ensino**. Mimeografado, UFSC,1988.

PLEITZ, V. Quando uma experiência é crucial? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n.2,p.255-263, jun, 1999.

RIBEIRO, R. J. O mestrado profissional na política atual da Capes. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 2, n. 4, p. 8-15, 2005.

SILVA, C. C. & MARTINS, R. de A.: A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação** 9(1), 53-65. 2003

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da Natureza da Ciência de estudantes de Física. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 3, 529-556, 2009.

\_\_\_\_\_. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da ciência no Ensino de Física. In: **Temas de História e Filosofia da Ciência no ensino**. PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André Ferrer P.; FERREIRA, HIDALGO, Juliana Mesquita (Org). – Natal; EDUFRN, (2012).

TRICKER, R. A. R. **Early Electrodynamics** – The First Law of Circulation. Pergamon Press, Oxford, 1965.

VILLANI, A. & BAROLLI, E. (1999). **Patamares Subjetivos de Aprendizagem?** Trabalho submetido à XXII Reunião Annual da ANPED.