



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE FÍSICA - LICENCIATURA

JOSÉ ERIVALDO OLIVEIRA JÚNIOR

**O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE SUAS DIMENSÕES HISTÓRICAS,
FILOSÓFICAS E EMPÍRICAS: investigando o experimento de Oersted como
proposta didática para o ensino de eletromagnetismo**

Caruaru

2022

JOSÉ ERIVALDO OLIVEIRA JÚNIOR

**O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE SUAS DIMENSÕES HISTÓRICAS,
FILOSÓFICAS E EMPÍRICAS: investigando o experimento de Oersted como
proposta didática para o ensino de eletromagnetismo**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Física -
Licenciatura da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
a obtenção do título de Licenciado em
Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof^o. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos.

Caruaru

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do
SIB/UFPE

Oliveira Júnior, José Erivaldo.

O Ensino de Física através de suas dimensões históricas, filosóficas e empíricas: investigando o experimento de Oersted como proposta didática para o ensino de eletromagnetismo / José Erivaldo Oliveira Júnior. - Caruaru, 2022.

55 : il., tab.

Orientador(a): João Eduardo Fernandes Ramos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Física - Licenciatura, 2022.
Inclui referências, apêndices.

1. Eletromagnetismo. 2. História da Física. 3. Sequência didática. I. Ramos, João Eduardo Fernandes. (Orientação). II. Título.

530 CDD (22.ed.)

JOSÉ ERIVALDO OLIVEIRA JÚNIOR

**O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE SUAS DIMENSÕES HISTÓRICAS,
FILOSÓFICAS E EMPÍRICAS: investigando o experimento de Oersted como
proposta didática para o ensino de eletromagnetismo**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Física da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
a obtenção do título de Licenciado em
Física.

Aprovado em: 21 / 12 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Augusto Cesar Lima Moreira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os colegas e professores de curso pelo apoio e suporte oferecido durante não apenas a produção desse trabalho, mas também durante toda a formação.

Agradeço à minha família, especialmente à dona Ana Maria, minha mãe, que me deu todo o apoio e suporte necessário para que eu me mantivesse no curso nos momentos de dificuldade emocional e financeira.

Também sou grato à todas as políticas públicas de incentivo à permanência nos cursos de graduação da Universidade Federal de Pernambuco, como também a todos os seus funcionários que lutam para manter viva essa importante instituição, apesar de todo o descaso público para com a educação.

RESUMO

Há hoje dentro da comunidade acadêmica um debate sobre a qualidade do ensino de ciências na educação básica. Nesse debate, culpa-se o ensino dito “mecanicista” e repetitivo e, como possível solução, surgem algumas metodologias de cunho mais histórico-contextual, tal como a abordagem da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC). É sob a luz dessa abordagem que o presente trabalho se concentra no estudo do episódio histórico do experimento de Ørsted, na sua reprodução e na inclusão das contribuições da HFSC no ensino de física. Como resultado, foi produzida uma sequência didática de seis aulas divididas em três encontros, na qual se incorporou os aspectos da abordagem HFSC e a reprodução do experimento histórico de Ørsted. A sequência traz os aspectos históricos e filosóficos para o centro da discussão, promovendo a participação ativa dos alunos.

Palavras-chave: Eletromagnetismo; História da física; Sequência didática.

ABSTRACT

There is currently a debate within the academic community about the quality of science teaching in basic education. In this debate, the so-called “mechanic” and repetitive teaching is blamed, and as a possible solution some more historical-contextual methodologies emerged, such as the approach to the History, Philosophy and Sociology of Science (in this paper referred to as HFSC). It is within this approach that the current paper focuses on the study of the historical episode of Ørsted's experiment, on its reproduction and on the incorporation of HFSC's contributions to the teaching of physics. As a result, a didactic sequence of six classes divided into three meetings was produced, in which aspects of the HFSC's approach and the reproduction of Ørsted's historical experiment were incorporated. The sequence brings the historical and philosophical aspects to the center of the discussion, promoting an active involvement of the students.

Keywords: Electromagnetism; History of Physics; Didactic sequence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	CONFIGURAÇÃO FIO PERPENDICULAR À BÚSSOLA ..	29
Figura 2 –	CONFIGURAÇÃO FIO PARALELO E ACIMA DA BÚSSOLA	30
Figura 3 –	MATERIAL UTILIZADO PARA A REPRODUÇÃO DO EXPERIMENTO	31
Figura 4 –	EXPERIMENTO PRONTO E MONTADO	32
Figura 5 –	ANTES DE ACIONAR A CHAVE DO CIRCUITO	33
Figura 6 –	DEPOIS DE ACIONAR A CHAVE DO CIRCUITO	33
Figura 7 –	GERADOR DE GUERICKE	46
Figura 8 –	MOVIMENTO DA BÚSSOLA CAUSADO PELA CORRENTE ELÉTRICA	51
Figura 9 –	ESQUEMA DO EXPERIMENTO DE AMPÈRE	52
Figura 10 –	TRANSFORMADOR	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	QUADRO SINTÉTICO DAS AULAS	36
------------	----------------------------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO	14
2.2	O ENSINO DE CIÊNCIAS SOB UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA	16
2.3	A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS HISTÓRICOS COMO FERRAMENTA DIDÁTICA	17
2.4	CONTEXTO HISTÓRICO DA TEORIA ELETROMAGNÉTICA	19
2.4.1	Eletricidade	19
2.4.2	Magnetismo	21
2.4.3	Naturphilosophie	22
2.4.4	Ørsted	23
2.4.5	Início do Eletromagnetismo	25
3	METODOLOGIA.....	28
4	CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO	29
4.1	O EXPERIMENTO HISTÓRICO	29
4.2	REPRODUÇÃO DO EXPERIMENTO	30
5	PROPOSTA DIDÁTICA	34
5.1	APRESENTAÇÃO	34
5.2	JUSTIFICATIVA	35
5.3	OBJETIVOS	35
5.3.1	Objetivos específicos	35
5.4	PÚBLICO ALVO	36
5.5	QUADRO SINTÉTICO DAS AULAS	36
5.6	DESCRIÇÃO DOS ENCONTROS	37
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O debate sobre a qualidade do ensino de física na educação básica não é novidade dentro da comunidade acadêmica (MOREIRA, 2017). Dentro desse debate, metodologias surgiram como saídas interessantes na solução dessa problemática. Metodologias como a abordagem da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) e o Ensino por Investigação se mostraram um material importante para a literatura e para as práticas do ensino de física (BATISTA; SILVA, 2018).

Porém, observa-se que dentro do contexto escolar, e até mesmo da universidade, o ensino de física em grande parte ainda continua pautado nos mesmos dogmas: reprodução de fórmulas sem muito contexto prévio e uma supervalorização dos problemas e exercícios, que servem como preparação para as diversas avaliações quantitativas que existem no currículo. Tais características continuam sendo os pilares das metodologias empregadas no sistema de ensino.

Mesmo quando se é utilizada uma abordagem de ensino com perspectiva histórica dentro do contexto escolar, muitas vezes é se baseando apenas em pequenos resumos históricos presentes nos livros didáticos. Segundo Bachelard (1972 *apud* LOPES, 1993, p. 327), “esses resumos da história da ciência adquirem apenas o caráter ilustrativo”, a partir do momento que as problemáticas presentes no processo de construção de determinadas teorias científicas são reduzidas a um simples apanhado de “experiências de um empirismo simplista”. Dependendo do aprofundamento e da qualidade do livro didático, se faz necessário um estudo histórico que não se limite apenas a esses resumos.

Essa ausência de uma análise contextual do conhecimento dentro do ensino de ciências é na realidade uma verdadeira oportunidade perdida, pois, a partir do momento que se estuda e entende determinado campo do conhecimento através de seus condicionantes sociais e culturais; que se entende os fatos motivadores dos cientistas e seu contexto material/experimental, torna-se possível gerar situações de aprendizagem muito mais amplas, que possibilitam um melhor entendimento epistemológico e técnico sobre o assunto abordado (BATISTA; SILVA, 2018).

Os aspectos históricos condicionantes da dinâmica de construção do conhecimento científico nos proporcionam uma visão mais ampla do funcionamento dessa mesma dinâmica. Essa visão contextualizada da história do conhecimento

como ferramenta de ensino de ciências é defendida por diversos autores na literatura (MATTHEWS, 1990; PÉREZ, 2001; HENKE, HÖTTECKE, 2015).

Dentro do saber científico, a dinâmica de construção do conhecimento é extremamente complexa e dependente de fatores determinantes externos. Analisar esses fatores sob uma ótica que integre suas diferentes dimensões; de origem social, filosófica, econômica e cultural, é uma maneira efetiva de se entender integralmente o que é de fato esse conhecimento; o que de fato é a ciência.

Entre as diferentes abordagens que o estudo e o ensino do conhecimento científico podem assumir, a abordagem HFSC é a que envolve tais fatores de forma mais ampla, mostrando-se como uma abordagem que se adequa a necessidade de entender as origens históricas e sociais do conhecimento científico e explicitá-las no ensino de ciências. Mas de que maneira o entendimento de tais origens e a abordagem histórica no ensino de ciências contribuem para uma aprendizagem efetiva do conhecimento científico?

Segundo Sequeira e Leite (1988), a utilização de uma abordagem histórica no ensino de ciências proporciona, por parte dos alunos, o entendimento de que o atual estágio de desenvolvimento do conhecimento científico e suas diversas teorias são frutos da ação humana coletiva, que foram realizadas em um contexto sociocultural; que por sua vez também foi fruto de um processo que envolveu outras relações interpessoais e evoluiu com o tempo, dessa forma, possibilitando que o aluno aprecie e compreenda as influências definidoras que os aspectos culturais e sociais exercem na construção do conhecimento científico.

Nesse contexto de abordagem histórica no ensino de ciências, o estudo de situações históricas e a utilização de experimentos históricos assumem um papel importante como ferramenta didática, pois permite que se explore de maneira ampla o contexto metodológico, experimental e teórico definidores de uma determinada teoria científica. A reprodução de tais experimentos históricos aliado ao estudo do seu contexto podem representar uma espécie de viagem no tempo, e principalmente uma forma de colocar os alunos na pele dos cientistas de determinadas épocas.

Tal aproximação dos alunos com a prática científica pode abrir um horizonte para a sua familiarização com a produção do conhecimento, possibilitando um maior entendimento da dinâmica de construção científica e, principalmente, potencializar uma aprendizagem significativa.

Sendo assim, o presente trabalho pretende utilizar, no ensino de ciências, mais especificamente o ensino de física, uma perspectiva histórica e experimental/metodológica da ciência. A partir disso, reproduzir o experimento histórico de Ørsted (lê-se Oersted), que representa um marco científico, pois foi um dos primeiros aparatos experimentais que ajudou a consolidar (ou iniciar) a teoria eletromagnética. Finalmente, será elaborada uma sequência didática que explore bem o contexto histórico, material e metodológico de tal teoria.

A escolha do experimento de Ørsted como tema norteador de um estudo historicamente contextualizado do eletromagnetismo se justifica, pois, esse experimento e as conclusões tiradas por Ørsted sobre o evento observado foram os primeiros resultados que realmente apontaram, de forma coerente e estruturada, uma relação concreta entre eletricidade e magnetismo (MARTINS, 1986).

Para o professor de física, conhecer esse experimento e o seu autor, além do contexto no qual foi realizado e que foram desenvolvidos os primeiros estudos sobre eletromagnetismo, é algo imprescindível para se entender epistemologicamente essa área tão importante da ciência e conseguir compartilhar de forma ampla esse conhecimento com os seus alunos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar uma contribuição para o ensino de física historicamente contextualizado através de uma sequência didática sobre o surgimento da teoria eletromagnética.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar o episódio histórico relacionado ao experimento de Ørsted.
- Utilizar a abordagem HFSC e a reprodução de experimentos históricos no ensino de física.
- Construir uma sequência didática a partir dos conceitos estudados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

O conhecimento pertencente à humanidade foi adquirido após séculos de uma dinâmica social complexa, na qual envolveu diversos aspectos de ordem econômica (objetiva) e cultural (subjetiva) (LAVILLE, 1999). As diferentes faces (ou áreas) desse conhecimento foram transmitidas pelas gerações através do contato e de trocas sociais, não de uma forma linear e independente entre si, mas sim pela inter-relação entre essas diferentes áreas e o intercâmbio de informação entre indivíduos e comunidades, propiciando assim o surgimento de novos conhecimentos.

Os objetos do conhecimento podem assumir formas variadas, basta que estejam em contato com o ser humano. Apesar dessa generalidade, tais objetos do conhecimento podem ser encaixados em categorias específicas de saberes: os saberes espontâneos e o saber racional (LAVILLE; DIONNE, 1999). Os saberes espontâneos são aqueles elaborados a partir das primeiras observações e experiências pessoais dos humanos com a natureza. Dentro dessa categoria de saber, se encontram a intuição, a tradição e a autoridade. Já na categoria de saber racional, se encontra o saber filosófico, onde o raciocínio indutivo e dedutivo representa o modo de se construir o entendimento sobre os objetos de estudo. Para além do saber filosófico, dentro do saber racional também existem as ciências sociais e naturais (LAVILLE; DIONNE, 1999).

Dentro das ciências naturais, que será nosso objeto de estudo, a construção do conhecimento sobre a natureza física das coisas se dá principalmente pela lógica de pensamento positivista. Dentro dessa lógica, o empirismo e a experimentação assumem o papel principal na dinâmica de produção dos novos conhecimentos. Como as ciências naturais estudam o funcionamento da natureza, o conhecimento ali produzido tem sua origem da própria experiência com a realidade (LAVILLE; DIONNE, 1999). Ainda segundo Laville e Dionne, ao observar a natureza, o sujeito acaba supondo uma possível causa ou consequência do evento observado, e para testar a congruência dessas suposições, a experimentação é que assume o papel comprovador ou não da sua veracidade.

Apesar do caráter positivista da ciência, existem outros fatores que vão além da observação e experimentação que influenciam sim na sua dinâmica de funcionamento, e até mesmo nos produtos advindos dessa dinâmica. Assim como qualquer tipo de produção humana, o conhecimento científico está sujeito a condicionantes históricos, culturais, sociais e econômicos. Sendo assim, entender e analisar tais condicionantes se mostra uma tarefa essencial para o entendimento amplo do processo de construção do conhecimento.

Segundo Perez (2001), há uma visão distorcida de como acontece a produção do conhecimento científico, e o autor cita algumas visões deformadas sobre o trabalho científico. Essas visões são:

- i. Concepção empírico indutivista e ateórica: a observação e a experimentação são vistas como “neutras”, sem a influência das hipóteses originadoras da própria pesquisa científica;
- ii. Visão algorítmica: assume o método científico como sendo um conjunto de processos seguido linearmente no qual há um controle numérico e rigoroso que não dá espaço para a dúvida, ao essencial “tentativa e erro” e muito menos a criatividade.
- iii. Visão ahistórica: apresenta os conhecimentos sem que se mostre o contexto no qual foi produzido, nem os motivos pelos quais a sua produção se mostrou necessária.
- iv. Visão analítica: tende a dividir e fragmentar as áreas do conhecimento científico, emitindo assim boa parte da verdadeira natureza da produção e a dinâmica de interrelações dessas áreas do conhecimento.
- v. Visão acumulativa: “o desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo” (IZQUIERDO; SANMART; ESPNET, 1999 apud PEREZ, 2001). Dessa forma, é ignorado todo o processo complexo de relações entre autores do conhecimento e das mudanças e crises produtivas de uma determinada época e área da ciência.
- vi. Visão individualista: trata o conhecimento científico como se fosse obra de gênios, dessa forma todo o contexto de cooperação e interdependência dos autores dessa produção de conhecimento é completamente ocultada.
- vii. Visão “ciência neutra socialmente”: a ciência é considerada como uma entidade que está livre de qualquer ideologia ou juízo de valor, e não são

consideradas todas as relações diretas que ela tem com a sociedade em geral, no âmbito social, tecnológico, político e cultural.

Ainda segundo Perez (2001), todas essas visões distorcidas sobre o que é de fato a ciência fazem parte de um mesmo modo sistemático de interpretá-la, são faces ou pré-conceitos diferentes de uma mesma interpretação rasa do modo com que se produz o conhecimento, fruto de um distanciamento epistemológico entre a ciência e o ensino de ciências. Tal visão ingênua foi sendo transmitida nos cursos fundamentais e até mesmo superiores, e dessa forma passou a ser socialmente aceita como verdade.

O fato de existirem tantas concepções distorcidas sobre o que verdadeiramente é a ciência, denuncia um desconhecimento profundo sobre como se produz o conhecimento científico. Para combater tais visões distorcidas sobre a ciência, e ao mesmo tempo aproximar quem está ensinando, e, principalmente, quem está aprendendo de como a ciência é feita, se faz necessário um ensino de ciências que não mais reproduza tais dissonâncias históricas e conceituais entre a ciência e a sua dinâmica de construção, um ensino de ciências que deixe explícita seu contexto e seu processo de transformação.

2.2 O ENSINO DE CIÊNCIAS SOB UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA

Na literatura existem autores que defendem a inserção da história no ensino das ciências (MATTHEWS, 1995). Uma necessidade que Mach (1883 apud MATTHEWS, 1995) apontou desde o fim do século XIX, porém que até hoje se identifica sintomas de sua existência.

Quando se fala dessa inserção da história da ciência no ensino de ciências, não significa que o simples fato de se adicionar um pequeno resumo histórico sobre determinado cientista ou descoberta científica nos livros didáticos irá sanar essa necessidade de uma contextualização histórica do ensino.

Desse modo, a história do conhecimento científico, e até certo modo a “humanização” da ciência, serve para pavimentar uma noção mais clara e objetiva de como se faz a ciência. Segundo Lopes (1993, p.327), “a história da ciência deve estar presente no ensino, fortalecendo o pensamento científico pela colocação das lutas entre ideias e fatos que construíram o progresso do conhecimento”.

Sendo assim, estar a par do contexto sócio-cultural do pensamento científico de determinada época nos permite entender os porquês e ademais justificativas de determinadas teorias e formas de interpretar a realidade. Além disso, saber da existência de outras formas de se interpretar a realidade vigentes em outras épocas, porém que são diferentes das atualmente aceitas, demonstra o caráter falível da ciência, quebrando assim com algumas das visões distorcidas citadas anteriormente por Perez (2001).

Dessa forma, enquanto estudamos as controvérsias epistemológicas da história das ciências naturais, podemos fazer uma relação entre a evolução do pensamento científico e as concepções prévias dos alunos.

Sendo assim, a análise do pensamento científico, levando em consideração não só os “acertos” dos cientistas, mas também seus erros e tentativas, traz uma proximidade maior entre o objeto de estudo (as ciências naturais) e o sujeito que está aprendendo. Tal aproximação resulta em uma aprendizagem significativa, pois a ciência deixa de ser encarada como algo inalcançável e imutável, empoderando os alunos com uma visão construtivista do conhecimento científico.

Dentro dessa análise contextualizada e crítica do conhecimento científico, é necessário ficar a par não só do contexto social que os cientistas estavam inseridos durante a construção de determinado conhecimento ou teoria, mas também quem, como, porque e sob quais condições materiais as pessoas estavam fazendo ciências em sua época, pois dessa forma se consegue entender a forma de como aquele conhecimento se mostra na prática.

2.3 A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS HISTÓRICOS COMO FERRAMENTA DIDÁTICA

Na tentativa de aproximar o saber científico do contexto escolar, explicitando seus aspectos contextuais, a análise materialista das condições no qual os cientistas exerciam seu trabalho se mostra bastante útil. Uma das formas de entender essas condições e a análise dos procedimentos experimentais que a ajudaram a “comprovar” determinados conceitos e/ou teorias científicas.

Uma análise bem fundamentada de episódios históricos e experimentos importantes, explicitando seus condicionantes contextuais e metodológicos, resulta em um melhor entendimento da mecânica de funcionamento da ciência. Dessa

forma, a análise e reprodução de experimentos históricos pode favorecer uma compreensão das práticas experimentais dos cientistas do passado, nos possibilitando uma reconstrução de duas práticas metodológicas e um melhor entendimento de seus contextos históricos (SOUZA, 2012).

Segundo Souza (2012), o estudo de episódios históricos propicia uma análise interdisciplinar da construção do conhecimento científico, pois eles evidenciam uma dependência mútua entre teorias do passado e do presente, de áreas do conhecimento distintas e entre os cientistas, mostrando que as Ciências naturais fazem parte de um amplo conjunto, muito mais complexo que a divisão clássica das áreas do conhecimento presente na atual forma de sistematização dos materiais didáticos. No fim, essas áreas divididas superficialmente por categorias subjetivas estão na verdade todas conectadas de várias formas, e inclusive “conectadas a matemática de forma mais complexa do que a simples utilização de equações” (SOUZA, 2012, p.13).

Em síntese, a replicação de experimentos históricos, quando utilizados com a intenção de explicitar as dimensões históricas e empírica de determinadas teorias ou área da ciência, vem se transformando em uma fonte importante para a elaboração de recursos didáticos para o ensino de física e de ciências naturais como um todo (RIBEIRO JUNIOR; CUNHA; LARANJEIRAS, 2012).

Essa reprodução de experimentos históricos pode acontecer de duas formas: replicação histórica, onde acontece uma reprodução fiel dos aparatos experimentais utilizados; e a replicação física, onde o foco está na reprodução de fenômenos físicos a partir de antigos experimentos para uma discussão sobre questões científicas que de outra forma não seriam suficientemente analisadas (CHANG, 2011 apud BELTRAN, 2015).

Ao se optar por um ensino de física pautado numa investigação empírica de situações históricas, mesmo que baseado apenas numa reprodução de tais situações, é incitado no aluno o espírito investigativo definidor do próprio “fazer científico”, e essencial na construção dos saberes. Dessa forma, o ensino tradicional com toda sua metodologia mecânica de transmissão de conhecimento é deixado de lado, dando luz a um ensino onde o estudante é ser ativo, possibilitando uma maior aproximação do modo como se produz o saber científico.

Sob essa ótica, podemos utilizar tal abordagem investigativa de situações históricas e experimentos históricos dentro do ensino da teoria eletromagnética, pois

dentre as áreas de estudos das ciências naturais, o eletromagnetismo é sem dúvida uma das que mais existem aplicações práticas de seus conhecimentos, além de ser uma área muito fértil experimentalmente. Aliado a isso, para uma abordagem histórica no ensino de eletricidade e magnetismo, devemos entender alguns dos pressupostos definidores da teoria eletromagnética.

2.4 CONTEXTO HISTÓRICO DA TEORIA ELETROMAGNÉTICA

Dentro da concepção física da natureza, no universo existem quatro interações fundamentais: nuclear forte, nuclear fraca, gravitacional e eletromagnética. Dentro desses quatro domínios, o estudo do universo se dá de maneira específica, e a interpretação da própria natureza pode variar entre esses domínios.

O eletromagnetismo é talvez o domínio que mais temos contato, devido a sua vasta gama de aplicações no dia a dia, principalmente na atual sociedade moderna, sendo assim um conhecimento dos mais familiar a nossa vivência. O desenvolvimento da teoria eletromagnética aconteceu não de forma rápida e linear, mas, assim como todas as outras teorias científicas, teve que passar por séculos de desenvolvimento.

Até poucos séculos atrás, eletricidade e magnetismo não passavam de áreas específicas da física que não se tinha muita convicção teórica sobre o que se tratavam, além disso não tinham uma conexão conhecida (NUSSENZVEIG, 2015).

Para contextualizar historicamente a construção científica dessas áreas, traçamos um resumo em subtópicos sobre alguns nomes e momentos importantes dessa construção. Porém, a fim de evitar uma possível visão distorcida da ciência, pontuamos que estes nomes e contextos não são os únicos responsáveis pela construção dessas teorias e que estes nomes, assim como todos os outros cientistas da história, se apoiaram no estudo e experiência de muitos.

2.4.1 Eletricidade

Desde a Grécia antiga, era um fato conhecido entre os filósofos naturais que, ao se atritar pele de animais ao âmbar, uma espécie de resina amarela, essa seiva ganhava um caráter inusitado: observou-se que partículas pequenas eram atraídas

para esse objeto. O nome do âmbar em grego é “elektron”, aí está a origem do termo ‘eletricidade’ e mais tarde da partícula ‘elétron’.

Por dois milênios, o “poder atrativo” do âmbar continuou sendo considerado como uma característica peculiar da própria substância ‘âmbar’, ou possivelmente presente em algumas outras substâncias específicas (WHITTAKER, 1989). Por todo esse período, a eletrização por atrito continuou a ser estudada por outros cientistas, porém com os mesmos métodos rudimentares de antes. No século XVII, William Gilbert em seus estudos conseguiu provar que o mesmo efeito presente no âmbar aparece, via fricção, em outros corpos, tais como o vidro e o enxofre (WHITTAKER, 1989).

Em 1733, Charles François Du Fay descobriu que os materiais ao serem eletrizados de maneira diferente, adquirem “eletricidades” diferentes, além de que cargas do mesmo tipo se repelem e cargas de tipos diferentes se atraem (NUSSENZVEIG, 2015). Dessa forma, por exemplo, dois objetos de mesmo material eletrizados pelo atrito com um tecido se repeliam; porém um material eletrizado podia atrair outro material diferente também eletrizado. Essa descoberta foi o ponto de partida para a ideia de que existem dois tipos diferentes de carga: que posteriormente foram designadas de ‘positiva’ e ‘negativa’.

No século XVII, Otto von Guericke desenvolveu uma máquina precursora, onde o atrito era realizado de forma mais vigorosa, obtendo resultados mais facilmente observáveis. Essa máquina se tratava de uma bola de enxofre apoiada sob uma armação de madeira que poderia ser girada em torno do seu eixo. Dessa forma, a eletrização era obtida pelo atrito entre a esfera e o objeto que se desejasse atritar.

Em meados do século XVIII, Benjamin Franklin e William Watson chegaram independentemente a uma conclusão importantíssima: o processo de eletrização não cria cargas, apenas faz uma transferência de um corpo a outro, de um tipo de carga. Esse resultado é a primeira definição de conservação da carga elétrica.

Como se percebe, a noção de uma força elétrica já existia a muito tempo, porém a sua natureza e sua definição empírica não eram muito bem definidos. Em 1766, usando um recipiente metálico oco eletrificado, Joseph Priestley provou que não havia carga elétrica na superfície inferior e nem no ar circundante, inferindo através dessas semelhanças com a força gravitacional que: em ambos os casos, os corpos que estão interagindo entre si têm como resultado uma interação que

depende de um fator geométrico em comum: o quadrado da distância entre os corpos (WHITTAKER, 1989).

A primeira investigação direta dessa lei de forças foi feita anos depois, em 1785, por Charles Augustin de Coulomb. Através de sua famosa balança de torção, ele conseguiu através de sucessivos experimentos definir matematicamente a Lei de Coulomb da força elétrica, corroborando com a hipótese de Priestley (WHITTAKER, 1989).

A partir daí o estudo da eletrostática foi evoluindo de maneira contundente. Conceitos como campo elétrico, potencial elétrico, corrente elétrica e circuitos, para citar alguns, representaram um avanço enorme, tanto na produção de conhecimento científico quanto na tecnologia proveniente das aplicações desses conceitos. Em pouco mais de um século, a eletricidade deixa de ser apenas uma curiosidade de laboratório, para um dos avanços científicos mais importantes da história da humanidade.

Partindo agora para outra área de estudo que compõe o eletromagnetismo, o magnetismo, percebe-se que essa também tem origens que remetem à Grécia antiga, e assim como a eletricidade, sempre foi objeto de curiosidade e fascínio por parte das pessoas que tinham contato com os eventos físicos provenientes de tais áreas.

2.4.2 Magnetismo

Na Grécia antiga, já se conhecia um material famoso por suas propriedades magnéticas: se tratava de um minério de ferro encontrado na região da Magnésia, a magnetita, que se trata de um ímã permanente. Nessa mesma época, os Chineses já utilizavam esse mesmo material, em forma de agulha posta em um plano horizontal, onde podia se movimentar livremente, de modo que tal agulha sempre se alinhava na direção norte-sul; este era o protótipo da bússola.

Os estudos sobre magnetismo foram grandemente impulsionados por William Gilbert, no século XVI, já mencionado anteriormente. É também creditado a ele a descoberta de que a terra é ela própria um grande ímã.

Assim como na elétrica, existe no magnetismo a distinção entre tipos de “cargas magnéticas”. Um ímã permanente possui dois lugares onde o tipo de “carga” existente é oposto uma da outra. Esses lugares são os polos norte e sul dos ímãs.

Através de experimentos simples, percebe-se que quando se aproxima os polos iguais de dois ímãs permanentes, eles se repelem, e quando se aproxima os polos diferentes destes ímãs, eles se atraem.

Dessa forma, podemos identificar uma relação entre o magnetismo e a elétrica, pela relação análoga com as cargas elétricas, com a diferença de que no magnetismo não existem “cargas isoladas” como na elétrica: em todo ímã existem os polos norte e sul, nunca um monopolo. Tal aspecto dos campos magnéticos foi mais tarde explicado teoricamente por Gauss, o qual afirma que o fluxo do campo magnético dentro de uma superfície fechada qualquer é sempre nulo (HALLIDAY, 2009).

2.4.3 Naturphilosophie

Na época em que vivemos, há no senso comum a ideia de que as ciências da natureza são as verdadeiras ciências exatas. Essa visão, apesar de superada já a muito tempo, na prática se faz presente do discurso de parcelas da sociedade. Podemos considerar o termo “exatas” como sendo apenas um adjetivo qualificador, livre de juízo de valor e que serve só para distinguir os diferentes tipos de ciências. Ou podemos considerar os pressupostos, nem tão velados assim, por trás da alcunha: o termo “ciências exatas” pode implicar, para muitos, a existência de uma “ciência não-exata”, não tão assertiva em suas definições e que por consequência possuiria menos valor. Tal visão limitante se faz bastante presente, principalmente entre os alunos da educação básica.

Essa definição das ciências da natureza como sendo “exatas” nasce dentro do contexto histórico do século XIX, com a ascensão do positivismo de Comte. Nesse contexto, a física foi estabelecida como uma ciência exata, com suas formulações todas baseadas na razão e principalmente no empirismo. Tal visão, que sob um primeiro olhar pode parecer precisa, esconde os vários aspectos filosóficos e até metafísicos que possuíam e possuem as ditas ciências exatas, e que tanto contribuíram para o estabelecimento de teorias e para a compreensão da natureza (SILVA; SILVA, 2017).

Assim como todos os movimentos de ruptura, a ascensão do positivismo não aconteceu de forma suave e sem rugas. O chamado movimento romântico também acontecia concomitantemente ao positivismo comteano. Esse movimento, bebendo

da fonte do romantismo que impregnava as diversas produções artísticas europeias da época, fazia uma ruptura com o paradigma mecanicista francês e trazia consigo princípios apriorísticos em suas asserções sobre a natureza, princípios estes em grande parte metafísicos. O principal deles era a pressuposição de que para entendermos o funcionamento da natureza, devia-se considerar a pré-existência de algo que se conservasse.

Tal princípio metafísico permeava as discussões sobre os efeitos observáveis, porém ainda não totalmente compreendidos, da conservação de energia e da possível dualidade eletricidade-magnetismo. Esse princípio metafísico também tinha influências filosóficas. Uma dessas influências foi a Naturphilosophie, que pode ser traduzida como filosofia da natureza, corrente alemã que buscava o entendimento da natureza em sua essência, sendo influenciada pelo romantismo alemão do século XIX, principalmente pela obra de Friedrich von Schelling (1775-1854) (SILVA; SILVA, 2017).

Os pensadores que seguiam a linha da Naturphilosophie buscavam descobrir um único princípio que servisse para unificar todos os fenômenos da natureza em um só. Para tal, acreditavam que os processos de conservação e transformação ditariam o caminho para esse princípio unificador. Nessa visão unificadora, todos os processos e fenômenos naturais, tais como os fenômenos elétricos, magnéticos, químicos, orgânicos, calor, luz e até mesmo as forças seriam todos resultados desse princípio metafísico unificador.

2.4.4 Ørsted

Hans Christian Ørsted nasceu na cidade dinamarquesa de Rudkøbing, em 14 de agosto de 1777. Filhos do farmacêutico Søren Christian Ørsted, Hans Christian e seu irmão Anders Sandøe Ørsted puderam receber uma boa educação básica em casa. Segundo Martins (1986), enquanto seus pais trabalhavam, seus vizinhos tomavam de conta dos dois irmãos, ensinando-lhes a ler e escrever em alemão e dinamarquês. Os dois irmãos receberam aulas de grego e latim de um gravador local que havia sido estudante de teologia; aprenderam inglês e francês com o delegado da província; aprenderam física e química na farmácia do pai e seus livros e também tiveram uma formação humanística descente.

Em 1793, Ørsted e seu irmão partiram para Copenhague a fim de realizarem os exames de admissão da Universidade de Copenhague, no qual conseguiram passar. Ørsted conseguiu se destacar em sua formação acadêmica, recebendo honrarias pelos seus artigos sobre física e estética. Em 1797 se graduou como farmacêutico, superando todos os resultados até então registrados na Universidade, fato esse que se repetiu com seu irmão no ano seguinte, quando o mesmo se formou advogado (MARTINS, 1986).

Em 1800, Hans Christian Ørsted começou a exercer sua profissão de farmacêutico em Copenhague. No mesmo ano, Ørsted tornou-se farmacêutico adjunto da Faculdade de Medicina, a convite do seu ex-professor Manthey (MARTINS, 1986). Nessa época, sob a influência dos trabalhos de Alessandro Volta, Ørsted iniciou seus trabalhos experimentais de eletricidade e pilhas.

Em 1801, Ørsted recebeu uma bolsa de estudos e um subsídio estatal ("*stipendium cappelianum*") (MARTINS, 1986), que lhe permitiram passar três anos em uma viagem pelos polos científicos europeus, como Alemanha, Holanda e França. Esta viagem foi fundamentalmente importante para a carreira científica de Ørsted pois conseguiu estabelecer conexões e contatos com expoentes cientistas e intelectuais de renome da época. Em particular, foi nessa viagem que Ørsted teve contato próximo com a Naturphilosophie alemã e seus principais expoentes, o já citado Schelling e o físico alemão Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), fato esse que teve influência definidora nos posteriores trabalhos de Ørsted (MARTINS, 1986).

Ao retornar à Dinamarca em 1804, Ørsted começou a lecionar física na Universidade de Copenhague. Conseguiu se eleger para a Academia de Ciências de Copenhague devido às suas pesquisas experimentais sobre linhas nodais em corpos vibrantes (MARTINS, 1986).

Ørsted contribuiu para a comunidade científica em diversas frentes, valendo citar os seguintes trabalhos: isolou, em 1809, o alcaloide ativo da pimenta; contribuiu com o estudo e classificação de elementos químicos; publicou um livro sobre as recentes descobertas químicas e suas possíveis relações com as forças elétricas ("*Ansicht der chemischen Naturgesetze, durch die neueren Entdeckungen gewonnen*", Berlin, 1812) (MARTINS, 1986), no qual já explicitava as influências da Naturphilosophie em sua busca científica, que iria culminar no seu experimento histórico de 1820; contribuiu para, a partir da argila, se extrair o alumínio metálico em 1825.

Devido às conexões estabelecidas com diversos cientistas importantes durante a sua viagem pela Europa, Ørsted conseguiu divulgar todas essas pesquisas em diversos países, se estabelecendo como um nome importante da comunidade científica europeia da época. Além disso, tais contribuições o angariou posições de prestígio tais como a de Secretário Vitalício da Academia de Ciências de Copenhague em 1815 e a de cavaleiro da Ordem de Danneborg, nomeado pelo Rei. Tal contato com a realeza o permitiu trocar correspondências com diversas sociedades e cientistas importantes do exterior (MARTINS, 1986).

2.4.5 Início do Eletromagnetismo

Desde o século XVI, já se percebia empiricamente uma possível relação entre os efeitos magnéticos e os efeitos elétricos: havia relatos de que as tempestades elétricas perturbavam as bússolas, ou até mesmo invertiam suas polaridades. No século XVIII, foi documentado nos *Philosophical Transactions of the Royal Society*, de Londres, que, durante uma tempestade de raios, o ferro poderia ser imantado. Como já se sabia que os raios eram fenômenos elétricos, Benjamin Franklin conseguiu magnetizar agulhas de costura através de descargas elétricas de garrafas de Leyden (MARTINS, 1986).

No caso dessas experiências, Franklin percebeu que a descarga elétrica não era a causa direta pela imantação das agulhas, mas sim o próprio campo magnético da terra: a descarga apenas auxiliava o processo. Em uma carta de 1773, ele admite que a aparente “produção” de magnetismo pela descarga elétrica era puramente acidental (MARTINS, 1986). Ou seja, apesar de se perceber empiricamente essa relação entre eletricidade e magnetismo, ainda não havia uma explicação clara sobre o fenômeno, principalmente pelo fato de que a magnetização apresentada nesses eventos acontecia sem o contato direto com a fonte de descarga elétrica.

Tal relação difusa e ainda pouco entendida prosseguiu atiçando a curiosidade dos cientistas:

Mesmo sem resultados claros, no início do século XIX a posição dos físicos esclarecidos era algo assim: é claro que há uma relação entre eletricidade e magnetismo, mas não se sabe exatamente qual é essa relação. O problema estimulava, por isso, a realização de experiências mais ou menos ao acaso, procurando-se novas interações entre eletricidade e magnetismo. Mas a procura não era totalmente cega: guiava-a uma suposição sobre as

semelhanças entre as simetrias dos fenômenos elétricos e magnéticos.
(MARTINS, 1986, p. 93).

Diversos cientistas procuraram verificar essa relação de diversas maneiras possíveis e, apesar das evidências favoráveis de uma ligação direta entre os fenômenos, sempre obtiveram resultados irregulares e/ou não conclusivos.

Um dos primeiros a constatar experimentalmente, de forma conclusiva, essa relação íntima entre os fenômenos, foi o dinamarquês Hans Christian Ørsted, em 1820. No seu experimento, apoiado por hipóteses apriorísticas e de ordem filosófica (processo esse que será explicado na sessão de reprodução do experimento deste trabalho), ele observou que na passagem de uma corrente elétrica ao longo de um fio, se produzia um campo magnético ao redor deste fio.

Neste experimento, Ørsted colocou um fio de maneira que ficasse paralelo a uma agulha magnética, na qual se orientava no sentido meridional do polo magnético da terra. Com a passagem de uma corrente no fio, a agulha sofria um desvio de sua posição inicial, confirmando dessa forma sua tese de que os efeitos magnéticos tinham origem ligada à efeitos elétricos (CHAIB, 2006).

Na mesma época, o francês Ampère estudou e descreveu os efeitos de imãs em uma corrente, assim como os efeitos que uma corrente tem sobre um ímã. E baseado no trabalho de Ørsted sobre a relação entre corrente e campo magnético, conseguiu demonstrar que fios onde percorrem correntes elétricas se atraem ou se repelem mutuamente, dependendo da direção da corrente em cada fio.

Posteriormente, o inglês Michael Faraday, baseado nos resultados de Ampère, argumentou que se uma corrente num fio produziria efeitos magnéticos, o oposto seria verdadeiro: um efeito magnético também deveria produzir uma corrente. Tais hipóteses foram trabalhadas e testadas através dos seus famosos experimentos.

Por fim, se baseando nos trabalhos de Ampère, Gauss e Faraday, dentre outros, o inglês James Clerk Maxwell conseguiu sistematizar de forma brilhante essa complexa relação entre magnetismo e eletricidade em um conjunto de equações que o imortalizou. Essas equações (conhecidas como Equações de Maxwell) explicam, entre outras coisas, como cargas elétricas e correntes elétricas são fontes de campos elétricos e magnéticos. Além disso, descrevem o fato de que um campo elétrico variante no tempo gera um campo magnético que também varia no tempo, assim como sua recíproca (FEYNMAN, 2008).

Além disso, as equações de Maxwell representaram a base para o eletromagnetismo clássico, assim como para a ótica clássica. Também através dessas equações surge o conhecimento sobre a velocidade das ondas magnéticas, um resultado teórico revolucionário para a história da ciência. Por meio dessas equações e do posterior entendimento dos fenômenos eletromagnéticos, houve uma verdadeira revolução tecnológica na virada do século XIX para o século XX.

3 METODOLOGIA

Foi produzida uma proposta didática que traz os pressupostos da abordagem histórica do ensino de Física, junto com a reprodução de um experimento histórico, o experimento de Ørsted, a fim de propiciar uma intervenção didática que traga não só os aspectos históricos da teoria eletromagnética, mas também os de origem metodológica e experimental presentes na construção metodológica desse ramo tão importante da física e da ciência.

Por se tratar de um assunto abordado no ensino médio, a proposta didática produzida neste trabalho tem como público-alvo alunos do terceiro ano do ensino médio.

Para realização da nossa proposta didática, foi realizado um estudo inicial sobre os aspectos históricos do estudo de Ørsted, a fim de abordar um relato mais fidedigno do episódio histórico. Além deste estudo, realizou-se a montagem do experimento de maneira a permitir seu uso em sala de aula. A reprodução do experimento tem como principal intenção a de melhor estudar o episódio histórico, contextualizando os aspectos instrumentais do mesmo. De posse destes materiais, estruturamos uma sequência didática que englobou estes tópicos.

Foi produzido um questionário para ser aplicado antes da intervenção, o mesmo consta no Apêndice do trabalho. Ele traz consigo perguntas abertas e perguntas de múltipla escolha (MARCONI; LAKATOS, 2003), contendo questões relacionadas aos principais conceitos do eletromagnetismo que são abordados nas aulas de ensino médio, tendo o intuito de analisar os conhecimentos prévios dos alunos em relação a esses conceitos.

Já o questionário a ser aplicado no pós-intervenção também tem o formato de perguntas abertas e fechadas, e os dados coletados servirão para que se possa discorrer sobre a possível influência que a abordagem contida na proposta didática teve no processo de construção de novos conhecimentos.

Com a aplicação dos questionários, é esperado poder mensurar a influência que a sequência pode ter no aprendizado dos alunos, principalmente no que diz respeito ao reconhecimento do papel do contexto histórico e filosófico no pensamento científico; a superação de algumas visões distorcidas da ciência e o aprimoramento dos conhecimentos prévios levantados no primeiro questionário.

4 CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO

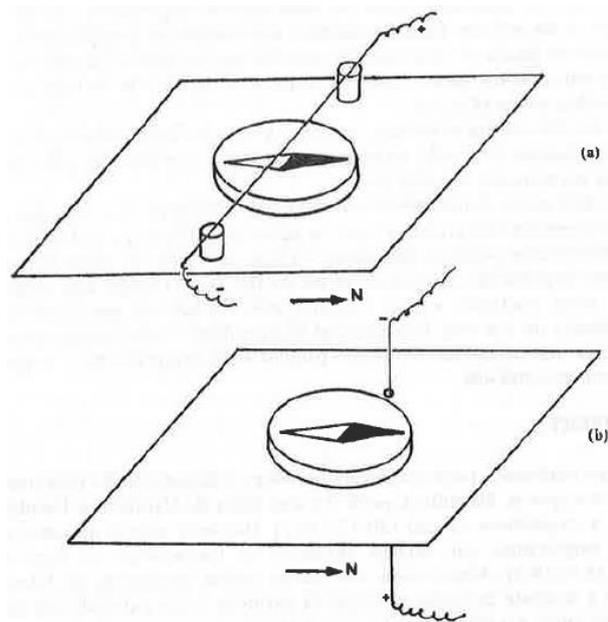
4.1 O EXPERIMENTO HISTÓRICO

Antes que se possa iniciar o processo de reprodução do experimento de Ørsted, vamos expor sinteticamente o processo de construção do experimento histórico original.

Previamente à descoberta experimental, Ørsted falava em seus cursos sobre suas ideias de unidade na natureza, como foi comentado anteriormente no subtópico da Naturphilosophie. Nessas ideias, também era defendida por Ørsted a tese de que havia uma relação íntima entre as forças elétricas e magnéticas (MARTINS, 1986).

Em um curso sobre eletricidade, galvanismo e magnetismo ministrado por Ørsted no início de 1820, ele conjecturou sobre essa relação entre eletricidade e magnetismo. A ideia era que se fosse realmente possível visualizar um efeito magnético causado pela eletricidade, esse efeito não ocorreria na direção da corrente elétrica, ou seja, com o fio perpendicular à bússola ou a seu plano de rotação (Figura 1), pois essa configuração já havia sido testada inúmeras vezes e sem resultados.

FIGURA 1 – CONFIGURAÇÃO FIO PERPENDICULAR À BÚSSOLA

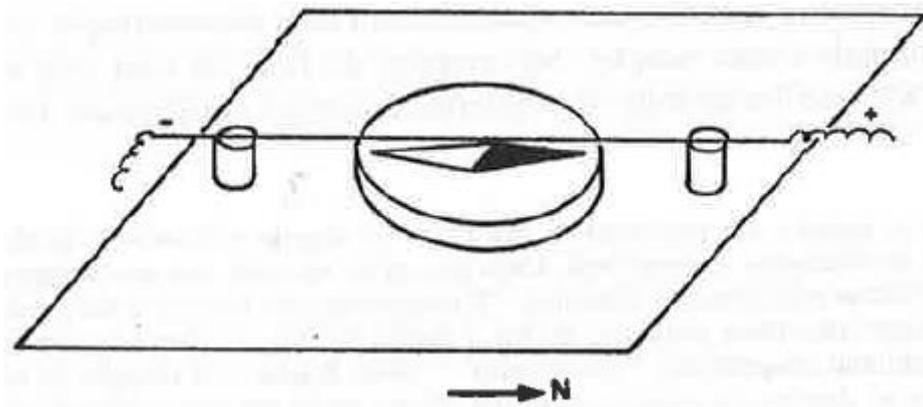


FONTE: MARTINS (1986, p. 98).

Ørsted supôs então que, assim como acontece com um fio eletrizado e incandescente expelindo efeitos luminosos e térmicos em todas as direções, o efeito magnético se irradiaria também dessa mesma forma: em todas as direções. Como evidência dessa hipótese, Ørsted citava o fato de agulhas imantadas por raios sem nem mesmo serem atingidas diretamente (MARTINS, 1986).

A ideia então era fazer uma corrente produzida por um aparelho galvânico de frascos (a pilha da época) passar por um fino fio de platina, que por sua vez seria colocado **sobre** a bússola coberta com vidro, e não mais em perpendicular a ela (Figura 2). Em junho de 1820, Ørsted conseguiu resultados evidentes utilizando uma pilha muito mais potente. De início, o movimento da bússola não era tão forte, pois Ørsted acreditava que para os efeitos magnéticos serem produzidos era necessário que a corrente galvânica produzisse calor e luz no fio, dessa forma então empregava apenas fios muito finos (MARTINS, 1986). Porém, ao repetir o experimento com fio de diâmetros maiores, obteve-se resultados mais expressivos. Dessa forma, Ørsted conclui que “[...] o efeito magnético da corrente elétrica tem um movimento circular em torno dela.” (ØRSTED, 1827 apud MARTINS, 1986, p.99).

FIGURA 2 – CONFIGURAÇÃO FIO PARALELO E ACIMA DA BÚSSOLA



FONTE: MARTINS (1986, p.98).

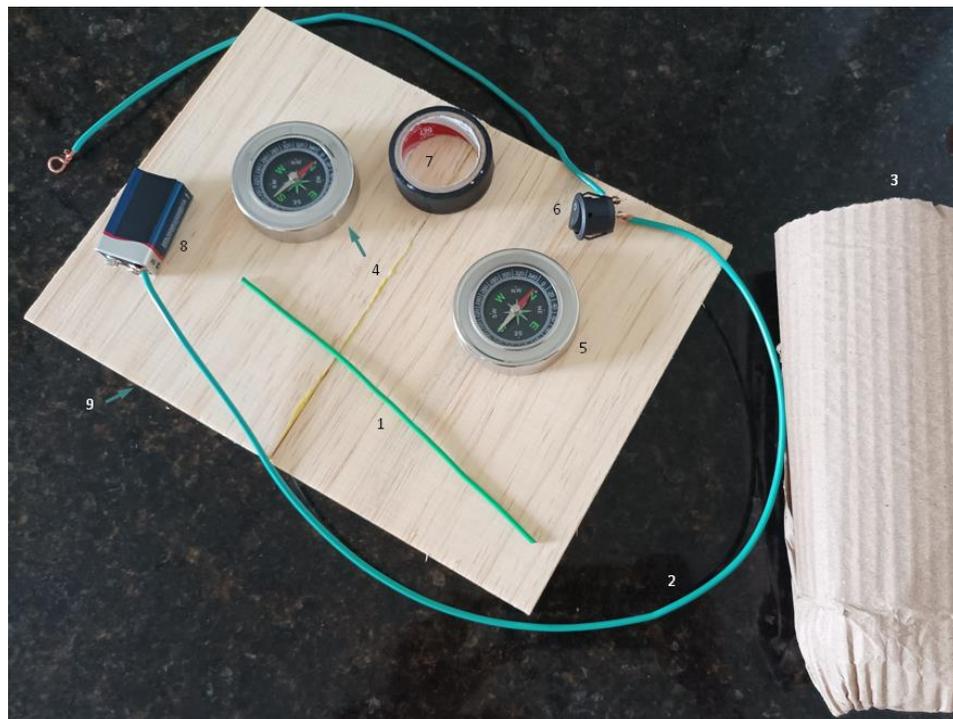
4.2 REPRODUÇÃO DO EXPERIMENTO

Para a reprodução do experimento, quisemos construir um aparato que pudesse ser transportado já montado, a fim de dar mais praticidade. Com esse fim, fixamos todos os componentes montados em cima de uma placa de madeira.

Porém, esse elemento é opcional e pode-se realizar o experimento normalmente sem a madeira.

Vale ressaltar também que uma das ideias na reprodução do experimento era replicar a configuração fio perpendicular à bússola, a fim de demonstrar também as tentativas realizadas por Ørsted que não obtiveram sucesso. Porém, essa configuração não se mostrou praticável, pois mesmo utilizando pilhas de pouca voltagem para tentar simular as limitações da época, havia um deslocamento considerável na agulha da bússola. Temos a hipótese de que, apesar de Ørsted ter a possibilidade de alcançar voltagens suficientemente altas, a dificuldade que encontrara pode ter sido de outras ordens, tais como a qualidade do fio utilizado e etc.

FIGURA 3 – MATERIAL UTILIZADO PARA A REPRODUÇÃO DO EXPERIMENTO



Material utilizado:

1. Fio rígido de Cobre de 1,5mm de espessura
2. Fio flexível de Cobre de 1,5mm de espessura
3. Papelão
4. Bússola
5. Bússola auxiliar
6. Chave Gangorra de 2 terminais

7. Fita isolante preta
8. Pilha de 9V
9. Placa de madeira

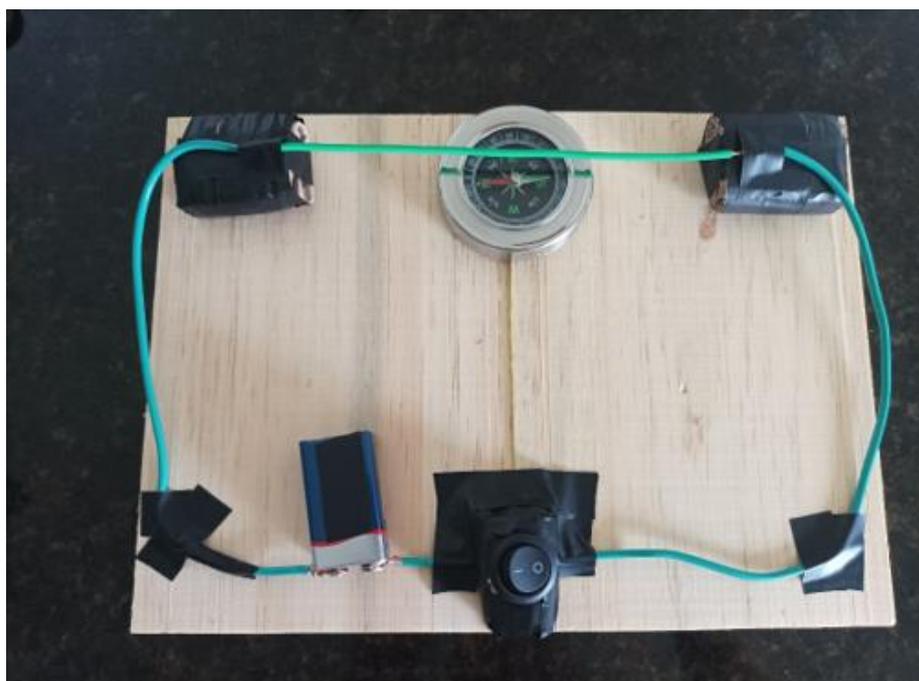
Optamos por utilizar em uma parte do circuito o fio rígido de cobre para que servisse de haste acima da bússola, dando mais estabilidade ao manusear o aparato.

O papelão e a fita isolante foram utilizados como materiais de apoio e fixação para os fios, além de servirem de suporte para a chave do circuito. Uma alternativa seria utilizar suportes de madeira ou plástico para suspender o fio acima da bússola, e pregos ou canaletas para fixar os fios e os suportes à placa de madeira. Porém, optamos por uma abordagem mais prática, ficando à critério de quem quiser reproduzir o experimento qual abordagem e material usar.

A bússola auxiliar foi utilizada somente para fins de facilitar a demonstração do experimento neste trabalho, sendo que na reprodução em sala de aula ela não é necessária.

Os únicos elementos que não estão fixos no suporte de madeira são a bússola e a pilha, a fim de que possam ser manuseados mais facilmente durante o transporte ou demonstração do experimento, e também trocados (no caso da pilha).

FIGURA 4 – EXPERIMENTO PRONTO E MONTADO



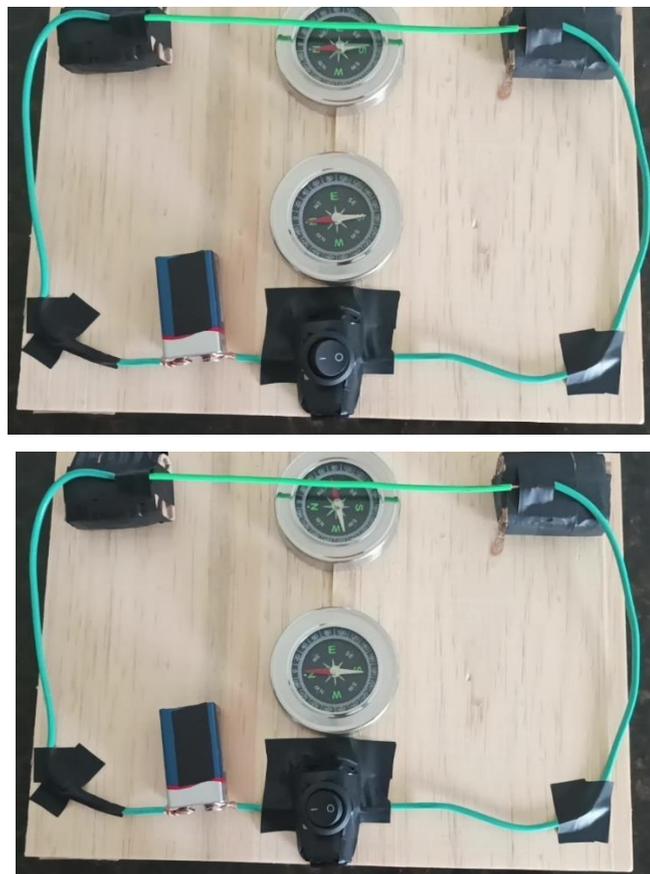
Durante os testes, percebemos que a pilha de 9V utilizada possuía voltagem mais do que suficiente para provocar um deslocamento considerável na agulha da bússola. De fato, até pilhas menores como as de 1.2V se mostraram suficientes para a reprodução do experimento. Sendo assim, fica a critério do educador qual pilha utilizar, pois com os materiais utilizados a diferença no resultado não é significativa.

Para a demonstração do experimento, decidimos utilizar uma bússola auxiliar apenas com o intuito de representar em imagem o momento que a chave do circuito é acionada e a agulha da primeira bússola é deslocada, ficando em uma posição quase perpendicular à posição inicial (posição da bússola auxiliar).

Por fim, vale ressaltar que para uma reprodução satisfatória, é preciso ficar atento à objetos metálicos e/ou magnéticos o suficiente que possam exercer influência na agulha da bússola em suas posições inicial e final.

Também ressaltamos que os materiais utilizados podem ser facilmente substituídos por outros seguindo as dicas que demos anteriormente, a fim de talvez dar uma aparência mais esteticamente harmoniosa ao aparato, ficando à critério do educador.

FIGURAS 5 E 6 – RESPECTIVAMENTE, ANTES E DEPOIS DE ACIONAR A CHAVE DO CIRCUITO



5 PROPOSTA DIDÁTICA

5.1 APRESENTAÇÃO

A escola deve ser para os alunos um ambiente de descobertas e de entendimento do mundo. Um ambiente que os ajude a compreender os porquês por trás do que se é dado como pronto. O ensino de física pode incorporar bem esse papel desmistificador, pois explica o surgimento e funcionamento dos objetos da ciência que tanto permeiam a vivência dos alunos e de todos nós, principalmente os que dizem respeito à grande área do eletromagnetismo.

Nesse sentido, visou-se propor uma sequência didática composta de uma discussão sobre o surgimento do eletromagnetismo, seus pressupostos filosóficos existentes à época, seu inicial desenvolvimento através das contribuições de Ørsted e um debate final sobre as contribuições dessa área da física para com a sociedade moderna.

Como eixo metodológico da proposta, será adotado a inclusão de conteúdos HFSC na formulação das aulas. Ao pautar as aulas com a inclusão desses conteúdos, essas aulas

[...] 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, dar uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

(MATTHEWS, 1995, p.165 apud BATISTA; SILVA, 2018).

Como forma de proporcionar a coleta de dados e a avaliação da execução da proposta didática, foi produzido questionários para serem aplicados no início e no final dos encontros, que se encontram no Apêndice do trabalho. Em princípio, esses questionários serão anônimos, a fim de dar mais liberdade aos alunos em suas respostas (MARCONI; LAKATOS, 2003). Porém, nada impede que o docente escolha suprimir o anonimato do questionário para poder realizar um diagnóstico mais direcionado e individual.

O formato do questionário é um misto de perguntas abertas e perguntas de múltipla escolha. Com as perguntas abertas, busca-se maior liberdade de resposta (MARCONI; LAKATOS, 2003) por parte dos alunos, além de possibilitar, por exemplo, a análise de ideias pré-concebidas sobre os conceitos da teoria eletromagnética e também algumas das visões distorcidas da ciência. Já com as perguntas de múltipla escolha, a intenção é abranger várias facetas de um mesmo assunto em uma mesma questão (MARCONI; LAKATOS, 2003).

5.2 JUSTIFICATIVA

A escolha do eletromagnetismo como eixo de discussão desse trabalho se justifica pela ligação intrínseca entre o meio de socialização e produção da atual sociedade com os objetos e ferramentas tecnológicas produzidas a partir dos conceitos científicos inicialmente desenvolvidos durante o contexto inicial do eletromagnetismo.

O estudo desse contexto, considerando não só sua superfície, mas também seus condicionantes, possibilitará um maior entendimento sobre as tecnologias decorrentes e sobre a própria sociedade.

Além disso, a utilização de uma abordagem historicamente contextualizada possibilita combater as visões deformadas do conhecimento científico.

5.3 OBJETIVOS

Promover uma discussão reflexiva sobre a construção do conhecimento científico, levando em consideração seus pressupostos de ordem histórica, cultural e material, por meio da análise de um episódio histórico.

5.3.1 Objetivos específicos

- Refletir sobre a prática científica dos cientistas;
- Compreender a dimensão material da prática científica;
- Compreender as questões filosóficas que permeiam a ação dos cientistas e suas implicações no fazer científico;
- Refletir sobre o Método Científico na prática, tendo como plano de fundo um episódio histórico;

- Utilizar a reprodução do experimento histórico de Ørsted como forma de melhor estudar o contexto histórico da teoria eletromagnética.

5.4 PÚBLICO-ALVO

A proposta didática tem como público-alvo alunos de ensino médio, mais especificamente os alunos do 3º ano, visto que a base de toda discussão é o eletromagnetismo.

5.5 QUADRO SINTÉTICO DAS AULAS

Para essa sequência didática, são propostos três encontros com duas aulas cada:

TABELA 1 – QUADRO SINTÉTICO DAS AULAS

Encontros	Tema abordado	Aulas
Primeiro Encontro	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes teóricos e experimentais do “eletromagnetismo” • Influências filosóficas de Ørsted e de seus contemporâneos 	<p>1ª Aula</p> <p>Contextualização e antecedentes da eletricidade e magnetismo</p> <p>2ª Aula</p> <p>Naturphilosophie</p>
Segundo Encontro	<ul style="list-style-type: none"> • Contextualização e discussão do episódio histórico do experimento de Ørsted • Apresentação e reprodução do experimento histórico 	<p>3ª e 4ª Aulas</p> <p>Experimento de Ørsted</p>
Terceiro Encontro	<ul style="list-style-type: none"> • Implicações do Experimento de Ørsted na física • Eletromagnetismo e sociedade 	<p>5ª Aula</p> <p>A importância dos resultados obtidos por Ørsted</p> <p>6ª Aula</p> <p>O impacto da teoria eletromagnética na humanidade</p>

5.6 DESCRIÇÃO DOS ENCONTROS

1ª Aula: Contextualização e antecedentes da eletricidade e magnetismo

Objetivo: Compreender o conhecimento científico como sendo uma construção social, explicitando o trabalho conjunto de vários cientistas de várias civilizações e em várias épocas diferentes, enquanto se faz um apanhado histórico do estado da arte das teorias elétrica e magnética do início do século XIX.

Conteúdo: Eletricidade e Magnetismo

Recursos Instrucionais: Apêndice A

Momentos:

- É aplicado um questionário sobre aspectos básicos de eletricidade e magnetismo;
- O docente inicia a aula fazendo uma introdução conceitual sobre os campos de estudo que serão abordados: o magnetismo e a eletricidade;
- É iniciada uma retrospectiva histórica sobre as descobertas envolvendo cada um dos campos estudados, explicitando o pensamento em torno de cada descoberta e suas aplicações práticas.

2ª Aula: Naturphilosophie

Objetivo: Compreender como as outras áreas do pensamento humano, tal como a filosofia, exercem influência na prática e pensamento científicos, incentivando o debate sobre os tipos de conhecimentos e suas interrelações.

Conteúdo: Corrente filosófica Naturphilosophie

Recursos Instrucionais: Apêndice A

Momentos:

- O docente inicia a aula levantando alguns questionamentos aos alunos: qual a relação entre filosofia e ciência? É possível juntar as duas coisas? A partir daí, é iniciado um debate sobre o tema;
- Em seguida, se inicia uma exposição sobre a corrente filosófica alemã Naturphilosophie, explicitando alguns de seus teóricos e linhas de pensamento, desembocando em Ørsted e as influências para o seu experimento.

3ª e 4ª Aulas: Experimento de Ørsted

Objetivo: Compreender a dinâmica de construção de um experimento científico, seus aspectos motivadores, os objetivos por trás da experiência, as limitações na construção do aparato e o processo de tentativa e erro que permeia a atividade experimental do cientista.

Conteúdo: Experimento de Ørsted

Recursos Instrucionais: Apêndice A

Momentos:

- O docente recupera a discussão realizada no último encontro, ambientando a realização do experimento histórico;
- É realizada a explanação do aparato experimental, fazendo a ligação entre o debate sobre a Naturphilosophie, as ideias de Ørsted e suas intenções na realização do experimento;
- O experimento é reproduzido pelo docente, citando as tentativas que não obtiveram o resultado esperado, explicitando sempre as intenções do cientista em cada decisão.
- Como intervenção opcional, o docente pode explorar situações alternativas da execução do experimento, como por exemplo: utilizar uma bússola auxiliar, colocá-la no centro do circuito e indagar os alunos o porquê de só a agulha da bússola principal estar se movendo.

5ª Aula: A importância dos resultados obtidos por Ørsted

Objetivo: Debater os resultados do experimento e as conclusões tiradas por Ørsted a partir desses resultados, juntamente com as suas implicações na produção científica da época.

Conteúdo: Experimento de Ørsted

Recursos Instrucionais: Apêndice A

Momentos:

- O docente retoma de forma resumida o procedimento experimental realizado na última aula e seus resultados;
- É iniciado um debate que faça a ligação entre os resultados encontrados e as ideias de Ørsted tratadas durante a discussão sobre a Naturphilosophie. Nesse debate, expõe-se também as implicações do experimento na produção científica posterior.

6ª Aula: O impacto da teoria eletromagnética na humanidade

Objetivo: Debater o desenvolvimento da teoria eletromagnética posterior ao trabalho de Ørsted e sua revolucionária influência na sociedade moderna.

Conteúdo: Eletromagnetismo

Recursos Instrucionais: Apêndice A

Momentos:

- Prosseguindo as discussões sobre as implicações do experimento de Ørsted, inicia-se um debate sobre as transformações acarretadas pelos desenvolvimentos iniciais da teoria Eletromagnética no final do século XIX;
- É discutido os avanços nas telecomunicações e na computação nas primeiras décadas do século XX, todos alavancados pela teoria Eletromagnética e pela Física Moderna;
- Debate sobre produtos e avanços da Ciência Moderna, suas implicações na atual ordem que vivemos e questões sobre o futuro da nossa sociedade;
- É aplicado um questionário sobre os conceitos básicos do Eletromagnetismo e sobre os aspectos de ordem histórica e filosófica estudados durante os debates e exposições.

6 CONCLUSÃO

No desenvolvimento desse trabalho, pudemos analisar alguns dos aspectos constituintes de uma produção científica, quais sejam: o conhecimento científico pré-existente, o contexto material e suas limitações, as influências histórico-culturais de cada contexto em que se insere o cientista e as consequentes influências filosóficas desse cientista.

Tendo como base as contribuições do ensino de ciência historicamente contextualizado, mais especificamente as contribuições da abordagem HFSC, fizemos uma análise do momento inicial da teoria eletromagnética que envolveu esses aspectos diversos e a transformamos em uma proposta de sequência didática.

A escolha do episódio histórico do experimento de Ørsted se mostrou bastante prolífica em poder abordar as particularidades de ordem histórico-filosófica, pois se tratou de um acontecimento envolto por uma investigação que perpassou séculos de conhecimento, experimentos anteriores e hipóteses empírico indutivista e principalmente filosóficas.

Durante a reprodução do experimento histórico, pudemos refazer parte da investigação do cientista, buscando considerar as principais dificuldades de ordem material. Já na apresentação do aparato para os alunos, que tem como principal objetivo contextualizar historicamente a teoria, o cuidado para se explicitar a linha de raciocínio própria de Ørsted se mostra candente, pois dessa forma se possibilitará uma imersão mais completa no episódio e poderá se explicitar os aspectos históricos e filosóficos anteriormente mencionados.

Falando da sequência didática em si, tivemos em mente a intenção de produzir um material em que os aspectos históricos e filosóficos não tivessem um papel apenas ilustrativo, mas que proporcionassem discussões de qualidade a respeito das diversas características do conhecimento científico, além de uma melhor compreensão dos conceitos físicos estudados, sempre buscando uma participação ativa dos alunos nas discussões.

Ressaltamos que o material de apoio produzido para essa sequência é apenas isso: um material de apoio, não devendo o educador se basear apenas nele e, de preferência, que traga outras formas de conteúdo ou até mesmo omita partes do material apresentado, caso julgue necessário.

O atual trabalho buscou explicitar a dinamicidade da construção de conhecimento científico, trazendo para dentro da sala de aula essa dinâmica a fim de naturalizá-la e incorporá-la no cotidiano. Os resultados da sequência elaborada só poderão ser avaliados a partir de sua implementação, ficando esse trabalho como insumo para futuras produções.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, Renata F.M.; SILVA, Cibelle Celestino. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos avançados** [online]. 2018, v. 32, n. 94, pp. 97-110. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0008>>. Acesso em: 01 out. 2022.
- BELTRAN, Maria Helena Roxo. História da ciência e ensino no laboratório: considerações sobre experimentação, visão de ciência e replicação de experimentos históricos no ensino de química. **Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, X ENPEC**, p. 1-8, 2015.
- CHAIB, J. P. M. C. et al. Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n.1, p. 41-51, 2007.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física de Feynman: vol. 2**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2008.
- GASPAR, Alberto. **Física, Eletromagnetismo, Física Moderna**. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2006.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Vol. 3**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.
- HENKE, A.; HÖTTECKE, D. Physics teachers' challenges in using history and philosophy of Science in teaching. **Science and Education**, v. 24, p. 349-385, 2015.
- LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. O nascimento do saber científico. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.
- LOPES, Alice RC. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 11, n. 3, p. 324-330, 1993.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2003.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v.10, p. 89-114, 1986.
- MATTHEWS, Michael S. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MOREIRA, M. A. GRANDES DESAFIOS PARA O ENSINO DA FÍSICA NA EDUCAÇÃO CONTEMPORÂNEA. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017. DOI: 10.26512/rpf.v1i1.7074. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074>. Acesso em: 15 nov. 2022.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: vol. 3**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. E.; FERREIRA, R. V. T.; SILVA, E. G.; RAMOS, J. E. F. ANALISANDO A PROXIMIDADE DE DISCENTES DO CURSO DE FÍSICA-LICENCIATURA DA UFPE (CAA) COM ASPECTOS HISTÓRICOS DO EXPERIMENTO DE OERSTED E SUAS IMPLICAÇÕES NO ENTENDIMENTO DO ELETROMAGNETISMO. In: XXIV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2021, Santo André, SP. **Simpósio Nacional de Ensino de Física - Repensando o ensino de Física para a contemporaneidade**, 2021.

PÉREZ, Daniel Gil et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

READING FOR LEARNING, **Guericke's Sulphur Sphere**. Disponível em: <<https://readingforlearning.org/2016/08/29/guerickes-sulphur-sphere/>>. Acesso em: 22 out. 2022.

RIBEIRO JUNIOR, Luiz A.; CUNHA, Marcelo F.; LARANJEIRAS, Cássio C. Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, 2012.

SEQUEIRA, Manuel; LEITE, Laurinda. A história da ciência no ensino: aprendizagem das ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 1, n. 2, p.29-40, 1988.

SILVA, Ana Paula Bispo; SILVA, Jamily Alves da. A influência da Naturphilosophie nas ciências do século XIX: eletromagnetismo e energia. **História, Ciências, Saúde**, v. 24, p. 687-705, 2017.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. **Experimento de Oersted**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/experimento-oersted.htm>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

SOUZA, Rafaelle da Silva. O experimento de Joule e o ensino de termodinâmica baseado na história da ciência: uma proposta didática. **Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba**, Campina Grande, 2012.

TRI CURIOSO, **Para que serve o transformador de energia elétrica?**. Disponível em: <<https://www.tricurioso.com/2019/02/25/para-que-serve-o-transformador-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 12 nov. 2022.

UPS BATTERY CENTER, **Understanding Basics of Ampere's Force Law**. Disponível em: <<https://www.upsbatterycenter.com/blog/understanding-basics-ampere-force-law/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

WHITTAKER, Edmund. **A History of the Theories of Aether and Electricity: Vol. I: The Classical Theories; Vol. II: The Modern Theories, 1900-1926.** Nova York: Courier Dover Publications, 1989.

APÊNDICE A – MATERIAL DE APOIO

Antes de tudo: Eletricidade e Magnetismo

Desde as primeiras civilizações que se tem conhecimento, a busca filosófica por respostas é um fato presente nas relações humanas. A vontade de querer entender o funcionamento das coisas é algo presente na nossa espécie não só hoje, mas desde sempre. Querer saber sobre a natureza, sobre a vida, sobre a morte, enfim, sobre os porquês da nossa existência e agir sobre ela: isso é uma das coisas que nos diferencia das outras espécies, isso é o motor da humanidade, é o que nos torna humanos.

Essa busca pelo entendimento das coisas teve um de seus ápices na antiga civilização grega. Como aprendemos nas aulas de filosofia e história, entre os gregos existia uma classe de pensadores que se debruçavam sobre várias questões da existência, tais como a origem da vida, o amor, a política, a natureza e etc. Esses pensadores são por nós conhecidos como Filósofos.

Entre esses filósofos existiam os Filósofos Naturais, que focavam sua investigação nas questões da natureza. Podemos dizer que estes foram os primeiros “Físicos”. Em sua investigação, esses primeiros Físicos estudaram vários aspectos da natureza, os quais hoje conhecemos como mecânica, química, biologia, hidrodinâmica e etc.

Nessa época, era um fato conhecido a questão do âmbar e do atrito: quando se esfregava pele de animais no âmbar, que era uma espécie de resina amarela, essa resina passava a atrair partículas pequenas. O nome do âmbar em grego é “elektron”, aí está a origem do termo ‘**eletricidade**’ e mais tarde da partícula 'elétron'.

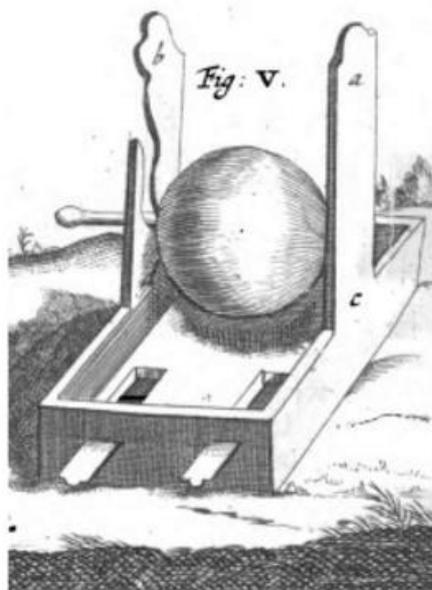
Por muito tempo essa qualidade que alguns objetos tem de atrair outros materiais foi estudada, fazendo com que se descobrisse mais e mais materiais com essas características. Em 1733, um cientista chamado Du Fay descobre que os materiais adquirem “eletricidades” diferentes, dependendo da forma que são manipulados. Du Fay também chegou à conclusão de “eletricidades” do mesmo tipo se repelem e de tipos diferentes se atraem.

Por exemplo: dois objetos de mesmo material eletrizados pelo atrito com um tecido se repeliam e um material eletrizado podia atrair outro material diferente

também eletrizado. Essa qualidade de eletricidade passou a ficar conhecida como **carga**, depois sendo separada em carga **negativa** e carga **positiva**.

Com o tempo alguns aparatos experimentais mais sofisticados foram produzidos, a fim de realizar atrito de forma mais intensa, o que facilitou a análise da eletricidade. Um exemplo desses aparatos é o gerador elétrico de Otto von Guericke, produzido em 1663. Esse gerador era formado por uma esfera de enxofre suspensa por uma armação de madeira, que poderia ser girada e produzia atrito com o objeto que encostasse nela.

FIGURA 7 – GERADOR DE GUERICKE



*Otto von Guericke's
electrical generator*

FONTE: READING FOR LEARNING (2016)

Desde a época da Grécia antiga, se conhecia um tipo de pedra que se comportava como um ímã. Esse minério de ferro se tratava de um **ímã permanente** e era encontrado na região da Ásia conhecida como Magnésia, por isso era chamado de magnetita. É daí que vem o termo '**magnetismo**' quando nos referimos a esse tipo de fenômeno.

Também há indícios de que os Chineses já utilizavam esse mesmo material muito tempo antes, em forma de agulha posta em um plano horizontal, onde podia se movimentar livremente, de modo que tal agulha sempre se alinhava na direção norte-sul; uma espécie de bússola primitiva.

No magnetismo também existe a diferenciação entre “cargas magnéticas”, de forma parecida com a elétrica. Em um ímã permanente existe dois lugares, cada um com um tipo de “carga” oposto ao outro. Em 1269 Pierre de Maricourt dá o nome de ‘**polo norte**’ e ‘**polo sul**’ a essas cargas, além de ser o primeiro a mencionar a lei dos "opostos se atraem, iguais se repelem" se referindo aos polos (GASPAR, 2006). No magnetismo não existem “cargas isoladas” como na elétrica: em todo ímã existem os polos norte e sul, nunca um monopolo.

Questionário: aspectos básicos de eletricidade e magnetismo

1. Com suas palavras, defina o que é eletricidade. Você pode dar exemplos de situações em que a eletricidade está presente?

2. Com suas palavras, defina o que é magnetismo. Você pode dar exemplos de situações em que o magnetismo está presente?

3. Você acha que existe relação entre eletricidade e magnetismo? Ou são coisas totalmente diferentes? Explique com suas palavras.

Filosofia e Ciência: a Naturphilosophie

Estamos acostumados a estudar as matérias escolares dividindo-as em grandes grupos: ciências exatas, ciências naturais e ciências humanas. Essa divisão nos dá a impressão de que por serem separadas, essas matérias não tem relação nenhuma entre si, e muitas vezes até começamos a subestimar ou até mesmo desprezar alguma matéria pois é “de humanas” ou “não vai me servir muito pro vestibular”, para citar um exemplo.

Porém, essa separação entre os tipos de conhecimentos é algo artificial, que nos ajuda apenas a sistematizar melhor o nosso estudo. No fundo, todo tipo de conhecimento tem sua ligação com outros, não importa de qual tipo seja. Pode parecer difícil de aceitar, mas acredite, há uma relação muito próxima entre Filosofia e Física!

Como falamos anteriormente, os filósofos gregos passavam o seu tempo analisando e estudando várias questões da nossa existência, relacionadas tanto à vida “terrena” (natureza e política), como ao mundo das ideias (amor, ética e etc.). Se quiséssemos colocar uma categoria para cada tipo de filósofo, os que pensavam sobre natureza seriam os que hoje chamamos de “físicos” ou “cientistas naturais”; os que pensavam sobre política seriam os “cientistas políticos” ou “economistas”; e os que pensavam sobre o mundo das ideias aí sim seriam os “filósofos”. Mas note, TODOS eles eram Filósofos, pois essas categorias artificiais ainda não eram usadas na época.

Isso não quer dizer que a filosofia e a ciência são exatamente a mesma coisa. A filosofia e a ciência focam na racionalidade para analisar e comprovar algum argumento ou questão. Porém, a ciência tem um rigor metodológico diferente. O

método científico procura não somente focar na racionalidade, mas também provar empiricamente que as suas hipóteses são verdadeiras: por meio de experimentos e testes controlados rigorosamente. Já a filosofia realiza essa busca de provas por meio de conceitos e argumentos (no mundo das ideias), não necessariamente de forma empírica.

Tudo isso nos faz perceber que, apesar de terem suas diferenças, filosofia e ciência não são antagônicas, elas se complementam. Podemos dizer que a filosofia é uma forma mais geral de entender e produzir conhecimento, uma espécie de conhecimento geral e fundamental sobre a razão.

Na construção do conhecimento científico, geralmente os cientistas iniciam as suas investigações não só observando as evidências empíricas e os trabalhos de outros cientistas, mas também no mundo das ideias, com verdadeiras reflexões filosóficas e inicialmente restritas à racionalidade.

Para citar um exemplo, existiu alguns cientistas influenciados pelo romantismo no começo do século XIX que, diferentemente do pensamento linear e “engessado” positivista e mecanicista, trazia para dentro das discussões científicas alguns elementos filosóficos e até mesmo metafísicos. Para alguns deles, deveria existir algo (uma espécie de lei universal ou entidade) que se conservasse em todos os eventos da natureza, e que só entendendo essa entidade é que se poderia entender a natureza. Note que essa é uma hipótese que nascia na racionalidade, no mundo das ideias, e que só depois começou a ser estudada de forma empírica.

Uma das correntes filosóficas que seguia esse pensamento era a Naturphilosophie. Os pensadores que seguiam essa linha buscavam descobrir esse único princípio que servisse para explicar e unificar todos os fenômenos da natureza em um só. Para isso, os processos de conservação e transformação seriam o caminho para esse princípio unificador. Nessa visão unificadora, todos os processos e fenômenos naturais elétricos, magnéticos, químicos, orgânicos, calor, luz e até mesmo as forças seriam todos resultados desse princípio único metafísico.

Ørsted e seu famoso experimento

Hans Christian Ørsted foi um cientista dinamarquês que viveu entre 1777 e 1851. Ørsted era um cientista que pesquisou e produziu descobertas em diversas áreas das ciências naturais e também contribuiu no campo da filosofia e da poesia.

Dentre as suas contribuições, estão algumas pesquisas importantes na área da química inorgânica, onde ele foi o primeiro a isolar o elemento Alumínio metálico; na área da Filosofia, Ørsted fez parte do grupo de pensadores da Naturphilosophie e na Física, deu a sua maior contribuição: foi o primeiro a demonstrar experimentalmente um evento **eletromagnético**.

Como vimos anteriormente, os filósofos da Naturphilosophie acreditavam que existe um princípio único que, para se entender a natureza por completo, seria necessário primeiro descobrir e entender esse princípio unificador. Esse princípio representaria a união de todos os fenômenos da natureza em um só, e entendê-lo significaria entender o porquê de toda a nossa existência. Ørsted fazia parte desse grupo de filósofos e cientistas e acreditava que os processos de conservação e transformação dentro da física e da química mostrariam o caminho para esse princípio unificador.

Uma das questões que estavam mais latentes e que era alvo de investigação por parte dos cientistas da época, era a possível relação entre eletricidade e magnetismo. Alguns fatos apontavam nesse sentido, como por exemplo o fato já conhecido na época de que em tempestades de raios, barras de ferro poderiam ser imantadas (viravam ímãs). Além disso, também se sabia (através de Benjamin Franklin) que era possível transformar agulhas em pequenos ímãs por meio de descargas elétricas fortes. Porém, apesar dessas evidências pontuais, ainda não havia uma comprovação sistemática ou até mesmo uma explicação plausível dessa provável relação entre eletricidade e magnetismo.

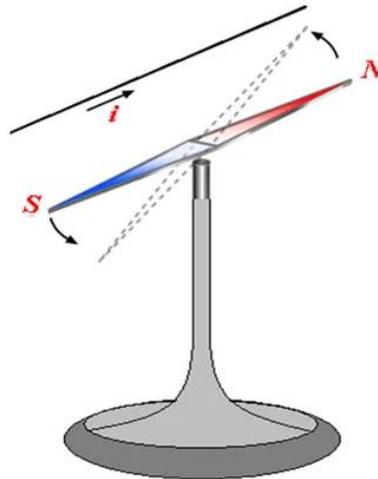
Ørsted inicia a sua investigação dos princípios da eletricidade e do magnetismo, a fim de comprovar a relação entre eles. Para ele, a relação entre eletricidade e magnetismo seria mais uma expressão do princípio unificador da natureza, de forma que se conseguisse comprovar essa relação, daria um passo importante na sua busca.

Foi idealizado um experimento que consistia em um fio condutor fino, onde Ørsted posicionou acima de uma agulha magnética (como se fosse uma bússola descoberta) orientada livremente na direção norte-sul. Fazendo passar uma corrente nesse fio, a agulha sofreu um desvio de sua posição original, esse desvio era perpendicular ao fio.

Quando Ørsted interrompia a passagem de corrente elétrica, a agulha voltava para a sua orientação original norte-sul. Dessa forma, ele concluiu que a corrente

elétrica que passava pelo fio estabelecia um campo magnético no espaço em torno do fio, e se comportava como um ímã colocado próximo à agulha. O campo magnético provocado pela corrente foi o responsável pelo desvio da agulha.

FIGURA 8 – MOVIMENTO DA BÚSSOLA CAUSADO PELA CORRENTE ELÉTRICA



FONTE: BRASIL ESCOLA

A importância dos resultados obtidos por Ørsted

O experimento realizado por Ørsted não só comprovou de uma vez por todas a relação intrínseca entre eletricidade e magnetismo, como também abriu portas para uma verdadeira revolução científica e material sem precedentes.

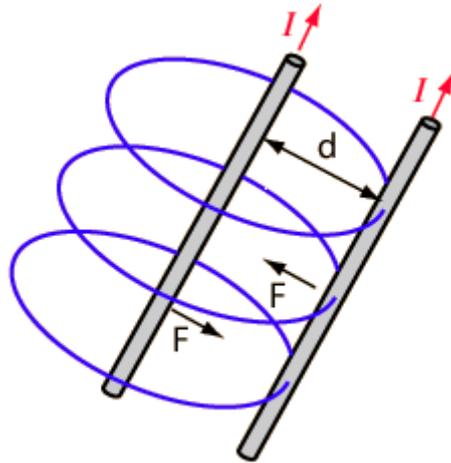
Como vimos anteriormente, não era apenas Ørsted quem investigava a fundo a possível relação entre eletricidade e magnetismo. A partir do momento em que Ørsted comprovou essa relação e mostrou o caminho para tal, houve uma enxurrada de outros estudos e experimentos que aperfeiçoaram mais e mais o entendimento do fenômeno do eletromagnetismo.

Um dos influenciados pelo resultado de Ørsted foi o físico francês André-Marie Ampère, um dos nomes mais importantes da Física. Logo após o experimento de Ørsted, Ampère se debruçou sobre o efeito observado. Em um de seus estudos, Ampère conseguiu reproduzir efeitos eletromagnéticos também utilizando correntes e fios condutores.

Nesse estudo, ele fez com que correntes passassem por dois fios condutores paralelos entre si. Quando passavam correntes elétricas no mesmo sentido pelos dois fios, eles se atraíam mutuamente; quando passavam pelos dois fios correntes

elétricas de sentidos contrários, eles se repeliam. Esse efeito acontece, pois, cada corrente produz um campo magnético ao redor de si (como Ørsted mostrou), e esse campo magnético atua sobre o outro fio e vice-versa.

FIGURA 9 – ESQUEMA DO EXPERIMENTO DE AMPÈRE



FONTE: UPS BATTERY CENTER (2014)

Percebe-se que os efeitos magnéticos causados por correntes podem ser demonstrados de diversas formas diferentes. Outro cientista que prosseguiu com os estudos nessa fase inicial do eletromagnetismo foi o inglês Michael Faraday (1791 – 1867). Na sua época, Faraday foi considerado o principal e melhor experimentalista da história, mesmo não conhecendo matemática avançada e nem tendo o mesmo conhecimento teórico de outros cientistas da época.

Baseado no experimento de Ampère, Faraday argumentou que se uma corrente num fio produziria efeitos magnéticos, um efeito magnético também deveria produzir uma corrente. Foi essa justamente a sua principal contribuição para a Física: a **indução eletromagnética**.

Esse princípio está por trás do funcionamento do gerador elétrico, uma máquina que transforma energia mecânica de rotação em energia elétrica (algo que é a base das usinas hidroelétricas), e do transformador elétrico, um dispositivo que converte a eletricidade de uma voltagem para outra, possibilitando que a energia de alta voltagem gerada pelos geradores das usinas possa ser transformada em energia de baixa voltagem e distribuída por grandes distâncias até as casas das pessoas. Essas tecnologias revolucionaram o mundo e tornaram possível a eletrificação das sociedades industrializadas.

FIGURA 10 – TRANSFORMADOR



FONTE: TRI CURIOSO (2019)

Se baseando em todos esses trabalhos e no de outros cientistas, o inglês James Clerk Maxwell (1831 - 1879) sistematizou de forma brilhante essa complexa relação entre magnetismo e eletricidade em um famoso conjunto de equações, conhecidas como Equações de Maxwell. Essas explicam como cargas elétricas e correntes elétricas são fontes de campos elétricos e magnéticos, além de vários outros conceitos e ventos eletromagnéticos.

Também através dessas equações é que se pode averiguar a velocidade das ondas magnéticas, que depois ficou conhecida como **velocidade da luz**, um resultado teórico revolucionário para a história da ciência.

O conhecimento que esses e outros cientistas produziram, junto com os aparatos experimentais, possibilitaram um avanço tecnológico espetacular tanto na indústria como na sociedade civil. A partir desse conhecimento, aparatos tecnológicos como os já citados gerador elétrico e transformador elétrico, o telégrafo, o rádio, as calculadoras elétricas (futuros computadores), a televisão, os satélites e etc., foram construídos e utilizados em diversas áreas da vida.

Toda essa nova tecnologia transformou não só a ciência, mas a sociedade como um todo, possibilitando novas formas de vivência, otimizando processos, ampliando a produção e etc.

Questionário: Eletromagnetismo e sociedade

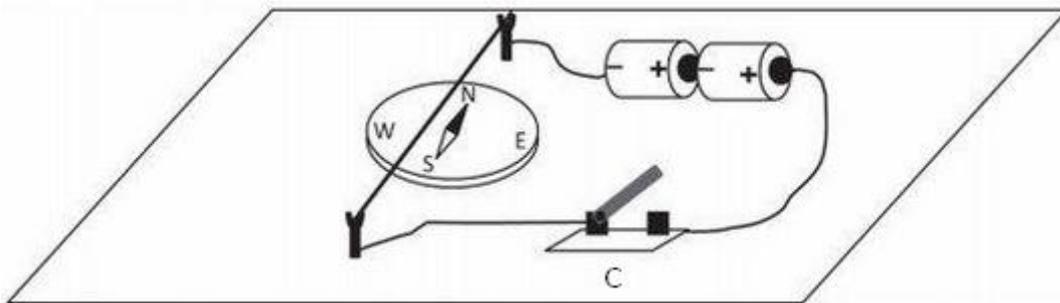
1. Com suas palavras, explique a relação entre eletricidade e magnetismo. Você pode dar exemplos de situações em que o eletromagnetismo está presente?

2. Você acha que Física e Filosofia se misturam?

() Sim () Não

Explique a sua última resposta:

3. De acordo com o que vimos nas últimas aulas, o que acontece quando ligamos a chave C do circuito abaixo?

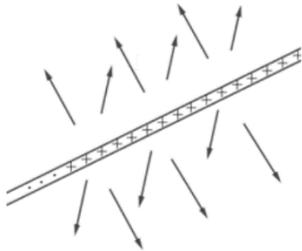


- () Uma corrente começa a passar pelo fio, mas nada acontece.
- () Uma corrente começa a passar pelo fio, fazendo a agulha mover por um instante de tempo e depois retornar à sua posição original.
- () Uma corrente começa a passar pelo fio, deslocando a agulha da bússola, que fica deslocada até a corrente parar de passar pelo fio.

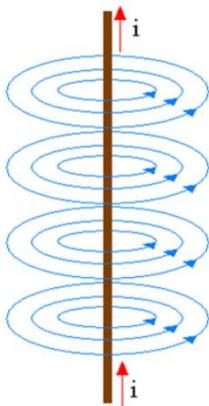
FONTE: OLIVEIRA JÚNIOR (2021)

4. Considerando o experimento que vimos e o campo magnético produzido pela corrente no fio, como seria uma representação gráfica desse campo?

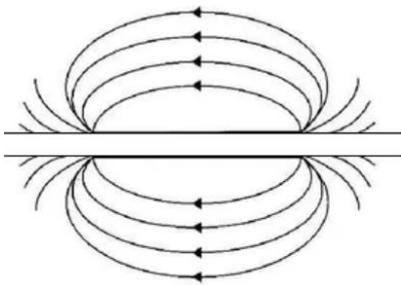
() Opção 1



() Opção 2



() Opção 3



() Não sei

FONTE: OLIVEIRA JÚNIOR (2021)