

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA E A MATEMÁTICA**

RENAN ANDRÉ PERES

**UMA ANÁLISE HISTÓRICA DA LEI DA INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA DE MICHAEL FARADAY: OS EQUÍVOCOS
PRESENTES EM SITES DA WEB E VÍDEOS DO YOUTUBE**

**MARINGÁ - PR
2020**

RENAN ANDRÉ PERES

**UMA ANÁLISE HISTÓRICA DA LEI DA INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA DE MICHAEL FARADAY: OS EQUÍVOCOS
PRESENTES EM SITES DA WEB E VÍDEOS DO YOUTUBE**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em *Ensino de Ciências e Matemática*.
Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes

**MARINGÁ - PR
2020**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

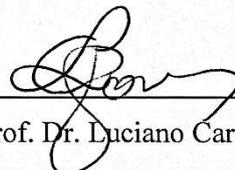
P437a	<p>Peres, Renan André</p> <p>Uma análise histórica da lei da indução eletromagnética de Michael Faraday : os equívocos presentes em sites da web e vídeos do YouTube / Renan André Peres. -- Maringá, PR, 2020. 203 f.: il. color., figs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, 2020.</p> <p>1. História e filosofia da ciência. 2. Lei de Faraday . 3. Sites da web . 4. Vídeos do YouTube. 5. Eletromagnetismo. I. Gomes, Luciano Carvalhais, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. III. Título.</p>
	CDD 23.ed. 509

RENAN ANDRÉ PERES

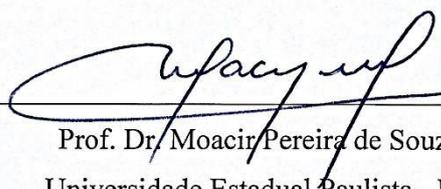
**Uma análise histórica da lei de Indução Eletromagnética
de Michael Faraday: *os equívocos presentes em sites da
web e vídeos do Youtube***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em *Ensino de Ciências e Matemática*.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes
Universidade Estadual de Maringá - UEM



Prof. Dr. Moacir Pereira de Souza Filho
Universidade Estadual Paulista - UNESP



Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Maringá, 28 de Fevereiro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a toda minha família, por todo apoio, suporte e carinho em meus estudos e também ao longo de toda a minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes, pela orientação, paciência e toda ajuda e incentivo ao longo do desenvolvimento deste trabalho, e que se fez fundamental para a conclusão do mesmo.

Ao Prof. Dr. Daniel Gardelli, pelas dicas e ajuda na investigação de materiais bibliográficos com relação ao tema investigado.

Aos professores membros da banca, por aceitarem o convite de participação da mesma e pela disponibilidade em lerem meu trabalho.

Aos meus amigos Adriano, Heitor, Lucas, Matheus, Thiago e Vander, pelos inúmeros momentos, conversas e conselhos desde a época de minha graduação.

A minha amiga Nour, pelas intermináveis horas de conversa, pelo carinho, apoio e compreensão em todos os momentos ao longo de meu mestrado.

A minha amiga Ana Maria, pelos intensivos momentos de estudos, conversas e companheirismo desde a época da graduação.

A todos que de uma forma ou de outra fizeram parte de minha trajetória até o momento, e contribuíram para que eu alcançasse mais esta etapa de meus estudos.

Obrigado!

EPÍGRAFE

“Os seres humanos podem ansiar pela certeza absoluta; podem aspirar a alcançá-la; podem fingir, como fazem os partidários de certas religiões, que a atingiram. Mas a história da ciência – de longe o mais bem-sucedido conhecimento acessível aos humanos – ensina que o máximo que podemos esperar é um aperfeiçoamento sucessivo de nosso entendimento, um aprendizado por meio de nossos erros, uma abordagem assintótica do Universo, mas com a condição de que a certeza absoluta sempre nos escapará.”

(Carl Sagan)

UMA ANÁLISE HISTÓRICA DA LEI DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE MICHAEL FARADAY: OS EQUÍVOCOS PRESENTES EM SITES DA WEB E VÍDEOS DO YOUTUBE

RESUMO

Diante das significativas contribuições da História e Filosofia da Ciência para a Educação Científica, assim como das notáveis e intensas transformações sociais ao longo do desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, e que por sua vez, passaram a impactar diretamente no âmbito educacional, sobretudo, devido ao advento e avanço da Internet, o presente trabalho buscou estruturar e realizar uma investigação que abrangesse tais aspectos, em especial, com relação à qualidade nos quais os conteúdos são apresentados na Internet. Para isso, foi selecionado um conteúdo específico do contexto da física, o conteúdo da lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday (lei de Faraday). Desse modo, o presente trabalho teve por objetivo principal investigar como o conteúdo da *lei de Faraday* é apresentado e trabalhado em sites da web e vídeos do YouTube, em especial quando direcionado aos alunos do Ensino Médio. Pretendeu-se identificar, analisar e compreender quais são os equívocos e distorções encontrados em relação à parte histórica e aos conceitos apresentados. Para alcançar tal objetivo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, e de caráter exploratório sobre a história da lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, assim como uma revisão bibliográfica sobre a influência da Internet no âmbito educacional e da História da Ciência para a Educação Científica. Por último, foi feita a análise sobre a lei de Faraday em alguns sites da web e vídeos do YouTube. Em suma, podemos afirmar que a lei de Faraday, como apresentada pelos meios analisados, é distinta da que o cientista britânico apresentou em seu primeiro artigo da série *Pesquisa Experimentais em Eletricidade*, publicado no dia 1 de janeiro de 1832.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência, Lei de Faraday, Sites da Web, Vídeos do YouTube, Equívocos e Distorções.

A HISTORICAL ANALYSIS OF MICHAEL FARADAY'S ELECTROMAGNETIC INDUCTION LAW: THE MISTAKES PRESENT ON WEB SITES AND YOUTUBE VIDEOS

ABSTRACT

In view of the significant contributions of History and Philosophy of Science to Science Education, as well as the remarkable and intense social transformations during technological development from the last decades, and which, in turn, started to have a direct impact on the educational scope, specially, due to the advent and advancement of the Internet, the present work sought to structure and realize one investigation covering such aspects, mainly, regarding the quality in which content is presented on the Internet. For this, a specific content was selected in the context of physics, the content of Michael Faraday's law of Electromagnetic Induction (Faraday's law). Thus, the present work had as main goal to investigate how the content *Faraday's law* is presented and worked in web sites and YouTube videos, in particular, when directed to high school students. It was intended to identify, analyze and understand what are the misconceptions and distortions found in relation to the historical part and the conceptions presented. To achieve this goal, an exploratory bibliographic research was carried out about the history of Michael Faraday's Electromagnetic Induction law, as well as a bibliographic review on the influence of Internet in educational scope, and of the Science History to Science Education. Finally, an analysis about Faraday's law was made on some websites and YouTube videos. In short, we can say that Faraday's law, as presented by the analyzed media, it's different from which the British scientist presented in his first article in the series Experimental Researches in Electricity, published on January 1, 1832.

Keywords: History and Philosophy of Science, Faraday's law, web sites, YouTube videos, Misconceptions and distortions.

UNE ANALYSE HISTORIQUE DU DROIT D'INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE DE MICHAEL FARADAY: LES ERREURS PRÉSENTES SUR LES SITES WEB ET LES VIDÉOS YOUTUBE

RÉSUMÉ

Étant donné les contributions importantes de l'Histoire et de la Philosophie des Sciences à l'Enseignement des Sciences, ainsi que les remarquables transformations sociales du développement technologique des dernières décennies, qui, à son tour, a commencé à avoir un impact direct surtout au niveau de l'éducation, surtout, en raison de l'arrivée et du progrès de l'Internet. Notre travail vise à structurer et à mener une enquête couvrant ces aspects, en particulier, la qualité de présentation du contenu sur Internet. Pour cela, nous avons sélectionné un contenu spécifique dans le cadre de la physique, la loi de Michael Faraday sur l'induction électromagnétique (loi de Faraday). Ainsi, l'objectif principal du travail était d'étudier comment le contenu de la loi de Faraday est présenté et travaillé sur des sites Web et des vidéos YouTube, en particulier, lorsqu'il s'adresse aux élèves du secondaire. Il était destiné à identifier, analyser et comprendre quelles sont les erreurs et distorsions constatées par rapport à la partie historique et aux concepts présentés. Pour atteindre cet objectif, une recherche bibliographique exploratoire sur l'histoire du droit de l'induction électromagnétique de Michael Faraday a été réalisée, ainsi qu'une revue bibliographique sur l'influence d'Internet dans le champ éducatif et, de l'Histoire des Sciences à l'Enseignement des sciences. Enfin, une analyse a été faite sur la loi de Faraday sur certains sites et vidéos YouTube. En bref, on peut dire que la loi de Faraday, telle que présentée dans les médias analysés, est différente de celle que le scientifique britannique a présenté dans son premier article de la série *Experimental Research in Electricity*, publié le 1er janvier 1832.

Mots-clés: Histoire et Philosophie des Sciences, Loi de Faraday, Sites Web, Vidéos YouTube, Idées Fausses et Inexactitudes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – À esquerda, dispositivo de armazenamento de dados utilizado na década de 90 (8,89cm x 8,89cm), sua capacidade de armazenamento é de 1,44MB. À direita, dispositivo de armazenamento utilizado nos dias atuais (3,2cm x 2,4cm), neste caso sua capacidade é de 1TB (1000000MB).....	33
Figura 2 – À esquerda, a Escola Normal Caetano de Campos, em São Paulo, datada de 1901, e a direita, a Escola Municipal Lindolfo Collor da cidade de Maceió, data atual.	35
Figura 3 – À esquerda, a Interface do site <i>PhET Interactive Simulations</i> , e a direita, um exemplo de um dos simuladores da área da Biologia.	39
Figura 4 – Retrato de Michael Faraday.	55
Figura 5 – Ilustração da livraria do Sr. G. Riebau.	56
Figura 6 – Ilustração de Ørsted realizando seu experimento da agulha imantada (uma representação romântica de Hans Kraemer, <i>Weltall e Menschheit</i> - 1902-5).	60
Figura 7 – O <i>Historical Sketch of Electro-magnetism</i> de Michael Faraday.	63
Figura 8 – Esboço do experimento que possibilitou Faraday observar as rotações eletromagnéticas (presente em seu diário).	65
Figura 9 – Ilustrações do aparato construído para a observação das rotações eletromagnéticas.	67
Figura 10 – Ilustração de Michael Faraday em seu laboratório na Royal Institution. ..	69
Figura 11 – Esboço do experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica a partir da eletricidade voltaica (presente em seu diário), e foto do real anel utilizado no mesmo (guardado atualmente no <i>The Faraday Museum</i> , em Londres).	71
Figura 12 – Trecho do manuscrito de Faraday com relação à descrição do experimento do anel de ferro doce (presente em seu diário).	72
Figura 13 – Esboço do experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica a partir do magnetismo comum (presente em seu diário).	75
Figura 14 – Primeiro artigo de Faraday de sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, publicado em 1 de janeiro de 1832.	77
Figura 15 – Ilustração do experimento do anel de ferro doce (presente em seu artigo).	80
Figura 16 – Ilustração do experimento das barras em V (presente em seu artigo).	81
Figura 17 – Esboço do experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica a partir do movimento de um ímã no interior de uma hélice (presente em seu diário).	82

Figura 18 - Ilustração do famoso experimento realizado por Faraday em 17 de outubro (presente em seu artigo), e foto da real hélice e do imã cilíndrico utilizado no mesmo (guardado atualmente no <i>The Faraday Museum</i> , em Londres).	83
Figura 19 – Na esquerda, esboço do experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica de maneira contínua a partir do magnetismo comum (presente em seu diário), e na direita, uma ilustração do mesmo experimento (presente em seu artigo). .	86
Figura 20 – Ilustração do galvanômetro utilizado por Faraday no experimento do disco (presente em seu artigo).	87
Figura 21 – Ilustração da alteração feita no experimento do disco com relação à posição do coletor.	88
Figura 22 - Ilustração da alteração feita no experimento do disco com relação à altura dos polos magnéticos.	89
Figura 23 – Ilustrações das alterações feitas no experimento do disco com relação à posição dos polos magnéticos e dos coletores.	89
Figura 24 – Ilustração da alteração feita no experimento do disco com relação à posição dos polos magnéticos e dos coletores.	90
Figura 25 – Esboços das alterações realizadas no experimento no dia 28 de outubro de 1831.	91
Figura 26 – Esboços das alterações realizadas no experimento no dia 4 de novembro de 1831.	91
Figura 27 – Esquema para a discussão com relação à direção da corrente elétrica induzida.	92
Figura 28 – Ilustração do experimento que se constitui da substituição do disco por uma placa retangular.	92
Figura 29 – Esquema elaborado por Faraday para a apresentação de sua lei da Indução Eletromagnética (presente no artigo).	95
Figura 30 – Ilustração das para as curvas magnéticas em torno de um imã (presente no artigo).	96
Figura 31 – Ilustração das curvas magnéticas em torno de um fio percorrido por corrente elétrica (presente no artigo).	98
Figura 32 – Ilustração de Faraday para as linhas de forças magnéticas em torno de imãs e fios percorridos por corrente elétricas (presente no 29º artigo da série).	106
Figura 33 – Expressão matemática de Neumann para a indução de corrente elétrica em fios condutores (na forma diferencial).	113

Figura 34 – Expressão matemática de Neumann para a indução de corrente elétrica em circuitos fechados (na forma integral).	113
Figura 35 – Expressão matemática de Neumann para sua descrição do potencial.	114
Figura 36 – Expressão matemática de Ampère para a força eletrodinâmica.	114
Figura 37 – Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE A.	126
Figura 38 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE B. ...	128
Figura 39 – Representação do “experimento de Faraday” apresentada pelo SITE B. ...	131
Figura 40 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE C. ...	132
Figura 41 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE D. ...	133
Figura 42 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE E. ...	136
Figura 43 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE E após a complementação da “lei de Lenz”.	136
Figura 44 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE F. ...	137
Figura 45 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE G. ...	138
Figura 46 – Representação do “experimento de Faraday” apresentada pelo Vídeo A. ...	140
Figura 47 – Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo Vídeo A. ...	142
Figura 48 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo Vídeo B. ...	144
Figura 49 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo vídeo C.	146
Figura 50 - Expressão matemática da “lei de Faraday” com a contribuição da “lei de Lenz” apresentada pelo vídeo F.	151
Figura 51 – Modelo utilizado para explicação da “lei de Lenz” apresentada pelo vídeo G.	152
Figura 52 – Expressão matemática da “lei de Faraday” com a contribuição da “lei de Lenz” apresentada pelo vídeo G.	152

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese dos procedimentos metodológicos.....	22
Quadro 2 – Os equívocos e distorções emergentes da análise sobre a <i>lei de Faraday</i> em sites da web e vídeos do YouTube.	153
Quadro 3 – Principais trabalhos de Michael Faraday no Eletromagnetismo entre 1820 a 1855.	166
Quadro 4 – Tópicos trabalhados por Michael Faraday em sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade entre 1832 a 1852.	168

SUMÁRIO

1. Introdução	17
2. Procedimentos metodológicos	20
2.1. <i>1º Momento: Reconhecimento e familiarização do ambiente da pesquisa</i> ..	23
2.1.1. Etapa 1: Leitura de reconhecimento do material bibliográfico	23
2.2. <i>2º Momento: Uma pesquisa histórica-conceitual</i>	24
2.2.1. Etapa 2: Leitura exploratória	24
2.2.2. Etapa 3: Leitura seletiva	25
2.2.3. Etapa 4: Leitura reflexiva ou crítica	26
2.2.4. Etapa 5: Leitura interpretativa	27
2.3. <i>3º Momento: Uma pesquisa em sites da web e vídeos do YouTube</i>	29
2.3.1. Etapa 2: Leitura exploratória	29
2.3.2. Etapa 3: Leitura seletiva	30
2.3.3. Etapa 4: Leitura reflexiva ou crítica	30
2.3.4. Etapa 5: Leitura interpretativa	31
3. A influência das tecnologias e da internet no âmbito educacional	32
3.1. Uma transformação social	32
3.2. Impactos, contribuições e possibilidades do desenvolvimento tecnológico da informação e comunicação para a Educação	34
3.3. Uma potencialidade podada: Sobre um dos maus usos da Internet	41
4. A importância da História da Ciência para o Ensino de Ciências	45
4.1. A monotonia do Ensino de Física: Uma ciência mecanizada	45
4.2. Possibilidades e contribuições da História da Ciência para a Educação Científica: Um caminho para a humanização do Ensino de Ciências	47
4.3. Alguns obstáculos a serem superados	52
5. Uma abordagem histórica da lei da indução eletromagnética de Michael Faraday	55
5.1. Um pouco sobre Michael Faraday	55
5.2. Ponto de partida: O experimento de Ørsted	58

5.3.	Um breve relato de suas primeiras contribuições a um novo campo da ciência	62
5.4.	Alguns de seus experimentos de 1831: A lei de Faraday para a Indução Eletromagnética	69
5.4.1.	Seu primeiro contato com a indução de correntes elétricas	70
5.4.2.	O desenvolvimento de suas pesquisas: Um período próspero	76
5.4.3.	O enunciado de sua lei para a Indução Eletromagnética	94
5.5.	Um novo conceito: O campo e as linhas de força magnética de Michael Faraday	99
5.5.1.	Sobre seu conceito de campo	99
5.5.2.	Sobre sua ideia de linhas de força magnética	103
5.6.	Algumas das contribuições de Heinrich Lenz e Franz Ernst Neumann ao Eletromagnetismo	111
6.	Uma análise da lei da indução eletromagnética de Michael Faraday em sites da web e vídeos do YouTube	116
6.1.	O contexto da pesquisa	116
6.1.1.	O ambiente	116
6.1.2.	Os critérios de seleção	117
6.1.3.	Os sites e vídeos selecionados	118
6.2.	As passagens analisadas: Os equívocos presentes na apresentação do conteúdo <i>Lei de Faraday</i>	125
6.2.1.	Análises e discussões: SITE A	125
6.2.2.	Análises e discussões: SITE B	128
6.2.3.	Análises e discussões: SITE C	132
6.2.4.	Análises e discussões: SITE D	133
6.2.5.	Um olhar geral sobre as análises e discussões dos SITES E, F e G	135
6.2.5.1.	Uma análise geral	135
6.2.5.2.	As passagens analisadas: SITE E	136
6.2.5.3.	As passagens analisadas: SITE F	137
6.2.5.4.	As passagens analisadas: SITE G	137
6.2.6.	Análises e discussões: VÍDEO A	139
6.2.7.	Análises e discussões: VÍDEO B	143
6.2.8.	Análises e discussões: VÍDEO C	145

6.2.9. Análises e discussões: VÍDEO D	147
6.2.10. Um olhar geral sobre as análises e discussões dos VÍDEOS E, F e G.	149
6.2.10.1. Uma análise geral	149
6.2.10.2. As passagens analisadas: VÍDEO E	150
6.2.10.3. As passagens analisadas: VÍDEO F	151
6.2.10.4. As passagens analisadas: VÍDEO G	151
6.3. As convergências dos equívocos encontrados: Uma visão panorâmica	153
6.4. Conclusões	154
7. Considerações finais	156
Referências	159
Anexos	166
<i>Anexo A:</i> Os principais trabalhos e obras de Michael Faraday no campo do Eletromagnetismo.....	166
<i>Anexo B:</i> Uma série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade: os tópicos abordados por Michael Faraday	168
<i>Anexo C:</i> Os textos e as falas (transcrições) completas dos sites e vídeos selecionados e investigados	171

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, passamos a vivenciar grandes e importantes avanços tecnológicos. Avanços esses que nos possibilitam carregar computadores cada vez menores, mais leves e potentes em nossos bolsos, computadores que antes chegavam a ocupar até mesmo o espaço de toda uma sala. Esse intenso desenvolvimento tecnológico acabou impactando diretamente a sociedade que, por sua vez, também passou (e ainda está passando) por intensas transformações, dentre elas, no modo de viver, pensar e agir das pessoas.

Conseqüentemente, essas transformações acabam atingindo e influenciando o âmbito escolar, uma vez que a própria maneira de pensar e de compreender dos alunos também tenha se modificado com relação à geração de algumas décadas atrás, pois assim como afirma Moran (2005, n.p.), “[...] a educação será cada vez mais complexa, porque a sociedade vai tornando-se em todos os campos mais complexa, exigente e necessitada de aprendizagem contínua”. No entanto, a escola em si parece não estar acompanhando tais transformações sociais em uma mesma proporção, insistindo ainda em metodologias e práticas do século passado, e que já se demonstram antiquadas e obsoletas.

Com a tecnologia cada vez mais difundida e presente na vida das pessoas, sobretudo a tecnologia digital da informação e comunicação (TDIC), bem como a própria Internet, acaba constituindo, para o meio educacional, uma possível e importante ferramenta metodológica quando utilizada de maneira adequada (apesar de ainda ser pouca utilizada com esse intuito), auxiliando para que o processo de educar consiga acompanhar e superar os desafios emergentes das constantes transformações tecnológicas e sociais. De acordo com Pereira *et al.* (2012, p. 2):

A acelerada evolução das tecnologias, a exemplo da Internet, tem proporcionado um rápido e fácil acesso à informação. [...] os recursos da Internet aplicados no ambiente educativo podem contribuir qualitativamente no desenvolvimento de novas atitudes educacionais.

Contudo, com a imersão da Internet cada vez mais intensa na sociedade, juntamente da possibilidade de sua utilização para uma melhora no processo de ensino e aprendizagem, surgem algumas reflexões e preocupações com relação à credibilidade dos conteúdos e informações que são apresentadas em tal ambiente, uma vez que o

acesso à informação tenha se tornado algo tão fácil e prático. Barreto (2010, p. 85) nos atenta para isso, e salienta que “[...] através da Internet são publicados e distribuídos textos que escapam à avaliação e ao controle de qualidade, controle dos conselhos editoriais”.

De início, podemos adiantar que, apesar da potencialidade que as tecnologias - em especial a Internet - possuem em benefício da Educação, uma potencialidade em proporcionar ambientes e momentos mais motivadores, prazerosos, envolventes e realmente próximos dos estudantes, o mau uso das mesmas para os fins educacionais ainda acaba podendo, e muito, suas possíveis contribuições. Um exemplo disso é a atual disseminação de informações equivocadas e distorcidas com relação à realidade, muitas vezes realizada por pessoas leigas que nem sequer possuem consciência do quão distorcido pode estar o conteúdo que está sendo publicado ou compartilhado, mas que, por fim, acaba contribuindo para que muitos conteúdos sejam transmitidos de maneira errônea aos leitores. Sobre isso, Sales e Almeida (2007, p. 73) apontam que:

Com o maior acesso às fontes de informação viabilizadas pela Internet, e principalmente, devido ao fato dessas fontes geralmente não serem submetidas a uma avaliação prévia, acarretando em disponibilização de informações irrelevantes, impertinentes, imprecisas e desatualizadas, faz-se indispensável a realização de um estudo referente aos critérios de avaliação de fontes de informação disponíveis na Internet.

Diante dessa preocupação, e tendo também como motivação a importância e o profundo interesse pela História e Filosofia da Ciência, tal como o prazer e a satisfação de poder compreender, compartilhar e aproximar o leitor de maneira mais fidedigna possível a episódios históricos que desempenharam um papel fundamental ao desenvolvimento científico e tecnológico, e assim levá-lo a compreender as drásticas transformações didáticas que ocorrem ao longo do tempo e o quão distante a ciência passou a ser ensinada com relação às suas raízes (uma lástima), a presente pesquisa buscou investigar e compreender esse cenário no contexto da física, especificamente com relação ao conteúdo da lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday (lei de Faraday). Para isso, partimos do seguinte questionamento: Quais os equívocos históricos e conceituais existentes na apresentação do conteúdo *lei de Faraday* em sites da web e vídeos do YouTube?

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo principal investigar como o conteúdo da *lei de Faraday* é apresentado em sites da web e vídeos do YouTube, em

especial, quando direcionado aos alunos do Ensino Médio. Pretendeu-se identificar, analisar e compreender quais são os equívocos e distorções encontrados em relação à parte histórica e aos conceitos apresentados, tendo, primeiramente como base, uma análise histórica sobre o assunto, para que então fôssemos capazes de aproximar, de forma mais fidedigna possível, o leitor a história do conteúdo em questão, e assim, alertá-lo e discutir sobre os equívocos e discrepâncias existentes no ambiente virtual.

Apresentaremos no próximo capítulo um pouco dos procedimentos metodológicos da pesquisa, onde foram discutidas as etapas e os passos da pesquisa até seu momento final.

No terceiro capítulo, realizamos uma revisão de literatura com relação à influência das tecnologias e da Internet sobre o meio educacional, especialmente quanto aos impactos e possibilidades que o uso adequado das TDICs pode proporcionar ao âmbito escolar, possibilitando que este ambiente seja capaz de acompanhar, em uma mesma proporção, as constantes transformações sociais.

Para o quarto capítulo, também realizamos uma revisão de literatura, porém quanto à importância da História da Ciência para o Ensino de Ciências, ressaltando algumas das contribuições e possibilidades que ela pode proporcionar quando trabalhada de maneira consciente, tanto em prol do interesse e motivação do aluno, quanto para o próprio processo de compreensão dos conteúdos.

No quinto capítulo, apresentamos a pesquisa bibliográfica histórica-conceitual sobre a lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, que teve como foco alguns de seus principais experimentos de 1831, sua lei da Indução Eletromagnética e também a sua teoria das *linhas de força magnética*, junto ao contexto em que ela foi construída.

No sexto capítulo, fizemos a pesquisa bibliográfica sobre a *lei de Faraday* em sites da web e vídeos do YouTube, um momento de reflexão e análise que teve como intuito identificar e compreender os equívocos e distorções presentes nos conteúdos apresentados pelos meios analisados.

Por fim, no último capítulo, fizemos as discussões finais da pesquisa, abrangendo a conclusão, o *link* das ideias e resultados com o problema inicial de pesquisa, ou seja, com o desenvolvimento da pesquisa histórica sobre a lei de Faraday, bem como a análise de sua abordagem em sites e vídeos, além de uma discussão geral sobre equívocos detectados, explicitando-os novamente, realizou-se uma reflexão e um alerta quanto à credibilidade dos conteúdos apresentados na Internet.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, buscamos apresentar e discutir a metodologia empregada para a realização da presente pesquisa, mostrando quais foram as etapas e os passos constituintes do processo.

Tendo em vista que seria realizada uma investigação reflexiva e crítica sobre um determinado assunto e, em determinadas fontes, levantamos que os procedimentos metodológicos adotados para a presente pesquisa qualitativa, e de caráter exploratório, uma vez que não se preocupou com a “[...] representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão” (SILVEIRA; CÓRDOWA, 2009, p. 31), buscando “[...] proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito” (SILVEIRA; CÓRDOWA 2009, p. 35), foi, então, o da pesquisa bibliográfica, uma vez que tal método tenha se alinhado de maneira adequada e satisfatória no cumprimento do objetivo da pesquisa, tão mesmo quanto à trajetória que viria a ser percorrida para alcançá-lo, pois assim com levanta Lima e Mioto (2007, p. 37):

[...] trabalhar com a pesquisa bibliográfica significa realizar um movimento incansável de apreensão dos objetivos, de observância das etapas, de leitura, de questionamentos e de interlocução crítica com o material bibliográfico, e que isso exige vigilância epistemológica.

Assim, percebemos na pesquisa bibliográfica um procedimento complexo, um procedimento que vai além de uma revisão de literatura - apesar de tais processos ainda serem associados de maneira equivocada um ao outro -, constituído de diversas etapas bem traçadas, etapas estas que foram necessárias e muito importantes para a realização desta pesquisa, tanto na análise histórica-conceitual da lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, que foi pautada principalmente em fontes primárias, quanto para o momento da pesquisa e análise desse “mesmo” conteúdo em sites da web e vídeos do YouTube.

De acordo com Salvador (1981), a pesquisa bibliográfica se constitui de quatro fases principais, que são a *Elaboração do Projeto de Pesquisa*, a *Investigação das Soluções*, a *Análise Explicativa das Soluções* e a *Síntese Integradora*.

De um modo geral, a primeira fase é caracterizada como sendo aquele momento inicial em que o pesquisador define o seu problema de pesquisa e objetivos, traçando

um projeto e um caminho que o possibilite seguir no estudo. Já a segunda fase, é o momento que consiste basicamente na coleta do material bibliográfico, das informações e conteúdo, ou seja, é o momento de um intensivo processo de leitura que possibilitará conhecer e selecionar os materiais que serão analisados, refletidos e interpretados com uma maior profundidade, e que assim, possibilitarão o desenvolvimento de soluções para o questionamento da pesquisa.

A terceira fase é o momento em que é construída uma análise minuciosa do material e conteúdo selecionado como relevante, também previamente analisados, ou seja, é a fase em que haverá o desenvolvimento e apresentação das reflexões, interpretações e discussões sobre o tema pesquisado, é um momento crítico onde são expostas as interpretações e justificativas do pesquisador.

Por fim, a quarta fase é o momento final da pesquisa, onde é realizada a organização e síntese das ideias, interpretações e conclusões emergentes das análises, ou seja, trata-se do produto final da pesquisa, possibilitando o pesquisador retornar ao problema inicial, com respostas e soluções emergentes de suas conclusões (SALVADOR, 1981).

Dentro das fases supracitadas, em especial a da *Investigação das soluções*, teremos os processos de leitura dos materiais bibliográficos assim como também descritos por Salvador (1981), definidos como: *Leitura de reconhecimento do material bibliográfico*, *Leitura exploratória*, *Leitura seletiva*, *Leitura reflexiva ou crítica* e por último, a *Leitura interpretativa*. Tais processos são fundamentais para o processo como um todo, uma vez que constituem a prática predominante em uma pesquisa bibliográfica.

Apesar de Salvador (1981) apresentar tais processos de leitura como uma prática e técnica especialmente para o momento do levantamento do material bibliográfico, das informações e conteúdos mais relevantes, ou seja, como uma técnica para a fase da *Investigação de soluções*, é possível notarmos a forte conexão desses processos com as etapas posteriores, bem como suas consequências, uma vez que temos na pesquisa bibliográfica um processo contínuo e muito bem entrelaçado entre todas as suas etapas constituintes, sendo a leitura, assim como levanta Lima e Miotto (2007), a sua principal atividade e técnica utilizada para o processo.

Com isso, devido a leitura ter sido a prática predominante em nossa pesquisa em todos os seus momentos, e termos nos alinhado de maneira tão coerente com os processos descritos e definidos por Salvador (1981), optamos por organizar e apresentar

nossa trajetória de acordo com tais processos de leitura, o que nos possibilitou adentrar diretamente nos passos percorridos, além de alcançarmos nossos objetivos traçados, pois assim mesmo como ressalta Salvador (1981, p. 73), a fase da *Investigação das soluções* traduz-se a uma das fases:

[...] decisivas da realização de um estudo científico [em especial da pesquisa bibliográfica]. Trata-se da coleta da documentação. Os resultados da pesquisa dependem da quantidade e, sobretudo, da qualidade dos dados coletados. É tarefa estafante, quase braçal, que exige muita paciência e persistência, como também certos conhecimentos e certas técnicas.

Portanto, além dos processos de leitura utilizados nessa fase, ressaltamos também sobre as fases posteriores a esta (*Investigação das soluções*), que foram a *Análise explicativa de soluções* e a *Síntese Integradora*.

É importante lembrar que, com exceção da *Leitura de reconhecimento do material bibliográfico*, todos os demais processos leitura, tal como as fases posteriores, ocorreram em momentos distintos, pois foi necessário primeiro realizar a pesquisa histórica-conceitual para que então fosse realizada a pesquisa em sites da web e vídeos do YouTube. Dessa forma, dividimos os procedimentos metodológicos em três momentos gerais: o *Reconhecimento inicial e familiarização com o ambiente da pesquisa*, a *Pesquisa histórica-conceitual* e a *Pesquisa em sites da web e vídeos do YouTube*. Para uma melhor visualização inicial de todo o processo metodológico, elaboramos e apresentamos um quadro sintetizador de toda nossa trajetória percorrida, em ordem cronológica, como mostra a seguir:

Quadro 1 – Síntese dos procedimentos metodológicos

Momentos Gerais	Fases da Pesquisa-Salvador (1981)	Processos de Leitura - Salvador (1981)	Síntese das práticas realizadas
	<i>Elaboração do Projeto de Pesquisa</i>		Ponto de partida em que foram definidos os objetivos e a metodologia de pesquisa.
1º Momento: <i>Reconhecimento inicial e familiarização com o ambiente da pesquisa</i>	<i>Investigação das Soluções</i>	1º Processo: <i>Leitura de reconhecimento do material bibliográfica</i>	Momento em que ocorreu uma pesquisa rápida sobre algumas bibliografias, a fim de haver uma familiarização com o tema.

<p>2º Momento: <i>Pesquisa histórica-conceitual</i></p>	<p><i>Investigação das Soluções</i></p>	<p>2º Processo: <i>Leitura exploratória</i></p>	<p>Momento em que foi realizada a pesquisa histórica-conceitual sobre a lei de Faraday, constituída pelo levantamento da bibliografia e dos conteúdos, bem como sua compreensão, análise e discussão.</p>
		<p>3º Processo: <i>Leitura seletiva</i></p>	
		<p>4º Processo: <i>Leitura reflexiva (ou crítica)</i></p>	
		<p>5º Processo: <i>Leitura interpretativa</i></p>	
	<p><i>Análise explicativa</i></p>		
<p>3º Momento: <i>Pesquisa em Sites da Web e Vídeos do YouTube</i></p>	<p><i>Investigação das Soluções</i></p>	<p>2º Processo: <i>Leitura exploratória</i></p>	<p>Momento em que ocorreu a pesquisa sobre a lei de Faraday nos sites e vídeos selecionados. Assim como na pesquisa histórica, este 3º momento também foi constituído do levantamento e seleção da bibliografia, bem como do desenvolvimento das análises e discussões sobre o conteúdo investigado. Por fim, foram construídas nossas conclusões e uma síntese geral da pesquisa, a fim de amarrarmos as ideias com o questionamento inicial.</p>
		<p>3º Processo: <i>Leitura seletiva</i></p>	
		<p>4º Processo: <i>Leitura reflexiva (ou crítica)</i></p>	
		<p>5º Processo: <i>Leitura interpretativa</i></p>	
	<p><i>Análise explicativa</i></p>		
	<p><i>Síntese Integradora</i></p>		

Fonte: Autoria própria

A seguir, discutiremos de forma mais detalhada sobre os processos de leitura que compuseram cada um dos dois últimos momentos gerais, uma vez que o primeiro momento já se constituiu do processo de *Leitura de reconhecimento do material bibliográfico*.

2.1 **1º momento: reconhecimento e familiarização do ambiente da pesquisa**

2.1.1 **Etapa 1: leitura de reconhecimento do material bibliográfico**

Nessa primeira etapa da pesquisa, realizamos um reconhecimento com relação aos materiais bibliográficos relacionados ao tema, buscando detectar e reunir materiais para uma exploração e seleção daqueles que seriam focados para uma análise mais aprofundada, reflexiva e crítica, pois, assim como levanta Salvador (1981, p. 96), tal processo se constitui de uma “[...] leitura rápida, *por alto*, um primeiro contato com o livro ou revista”, uma vez que a “[...] leitura de reconhecimento visa certificar-se da existência ou não das informações de que se está à procura” (SALVADOR, 1981, p. 97).

Desse modo, tendo em vista o estudo histórico-conceitual da lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, assim como a análise desse conteúdo em sites da web e vídeos do YouTube, iniciamos tal processo reunindo primeiramente as fontes bibliográficas que poderiam nos possibilitar a realização de uma abordagem histórica concisa, segura e realmente fiel ao episódio histórico em questão. Para isso, buscamos reunir as próprias obras de Faraday com relação ao tema, e também fontes secundárias confiáveis.

Posteriormente, foi o momento do reconhecimento do material contido em sites web e vídeos do YouTube, sendo realizada uma breve pesquisa de identificação com relação aos mesmos. Nesse momento, a busca foi realizada pelo termo *lei de Faraday*, tanto para os sites quanto para os vídeos, no entanto, como se tratava apenas de uma fase de reconhecimento de possíveis materiais bibliográficos, nenhum site ou vídeo fora selecionado e definido para análise. Esse processo só viria a ocorrer, após o desenvolvimento e conclusão da análise histórica-conceitual.

2.2 2º momento: uma pesquisa histórica-conceitual

Apresentamos nesta seção, as próximas fases que assim constituíram os procedimentos metodológicos de pesquisa histórica-conceitual da lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday.

2.2.1 Etapa 2: leitura exploratória

Após a etapa do reconhecimento e certificação da existência do material bibliográfico, foi o momento de uma breve exploração dos conteúdos da primeira filtragem dessas fontes, pois como aponta Salvador (1981, p.97), “[...] uma referência

pode tratar de um assunto de nosso interesse, mas omitir o aspecto que nos preocupa. Pode fornecer dados, mas não os dados de que precisamos”.

Assim, essa etapa se constitui, no geral, de uma breve leitura realizada principalmente nas folhas de rostos, nos índices e na bibliografia das obras, além de um estudo à introdução e do prefácio (SALVADOR, 1981), possibilitando identificar elementos que demonstram e destacam os materiais bibliográficos de possível potencial para o nosso objetivo e que seriam atribuídos ao processo de leitura seletiva (segunda filtragem), etapa essa que selecionaria e definiria os materiais que, de fato, interessavam, para uma leitura mais aprofundada, reflexiva e crítica. Com isso, é possível notar uma proximidade entre esse processo com o da primeira fase, não descartando a possibilidade de que em alguns casos essas fases ocorram de maneira simultânea, ou seja, que no momento do reconhecimento do material bibliográfico o pesquisador já realize sua primeira filtragem.

Em resumo ao nosso processo de leitura exploratória (primeira filtragem), reunimos as principais obras de Faraday em relação ao Eletromagnetismo do período entre 1820 a 1855 - em seu idioma original, o inglês – incluindo, basicamente, o seu diário de laboratório, seus artigos que antecederam o seu desenvolvimento de corrente elétrica em 1831, como também as obras que retratam tal evento e seu período posterior, constituído principalmente dos artigos de sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade. Além disso, uma visão geral contendo essas principais obras de Faraday no Eletromagnetismo, assim como os tópicos tratados por ele em sua série, foram organizados e apresentados nas *tabelas 2 e 3*, do Anexo A e B, com o intuito de auxiliar na próxima fase.

Com relação às fontes secundárias dessa primeira filtragem, elas se constituíram basicamente de livros de estudiosos dos trabalhos de Faraday – também no idioma inglês -, a maioria do século XIX e XX, e também de artigos e dissertações contemporâneas com relação ao tema (nos idiomas inglês e português).

2.2.2 Etapa 3: leitura seletiva

Nesta terceira etapa, a partir do material até então pré-selecionado, foi realizada uma leitura mais atenta e completa, a fim de encontrarmos as obras e conteúdos que de fato seriam focados para a análise, possibilitando assim apontar a real relevância de cada obra, de acordo com o objetivo traçado. Assim, podemos entender essa etapa como

uma segunda filtragem do material bibliográfico, uma filtragem que nos ajuda a sermos mais específicos com relação ao nosso objetivo, pois de acordo com Salvador (1981, p. 98):

A leitura seletiva pressupõe que se tenham presentes os propósitos do trabalho, pois não há seleção sem critérios de seleção. É possível que se volte mais vezes ao mesmo material, em cada ocasião com propósitos específicos distintos. São os propósitos distintos que determinam a importância e a significância dos materiais. Na leitura seletiva, é necessário ter presente o propósito específico, evitando deter-se em itens que não contribuem para a finalidade proposta.

Dessa forma, tal processo de leitura nos ajuda a trazer análises, discussões e reflexões mais profundas e detalhadas sobre o tema investigado. Em nosso caso, dentre os materiais reunidos pela primeira filtragem, algumas obras foram classificadas com uma relevância menor que outras, acarretando que essas fossem então desconsideradas para a realização da análise histórica da lei de Faraday, até mesmo por alguns períodos já terem sido pré-definidos de maneira fundamental para a realização da análise em questão, períodos entre 1820 a 1832 e o de 1845 a 1855.

As obras desconsideradas nesta fase não foram muitas, constituindo-se basicamente de alguns artigos da série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, especialmente dentre aqueles publicados entre 1834 a 1845, com devidas exceções, incluindo algumas dissertações e artigos que demonstraram não possuírem uma especificidade tão necessária para a nossa pesquisa.

2.2.3 Etapa 4: leitura reflexiva ou crítica

A quarta etapa foi o momento de uma leitura mais profunda e reflexiva em relação aos conteúdos. Uma fase de organização e reflexão das ideias trazidas pelos autores das obras analisadas, com o intuito de levantarmos quais informações e dados possuíam uma maior relevância, tendo essas uma maior atenção.

Esta etapa pode ser entendida como aquela em que ocorre um repetitivo processo de leitura das fontes para a sua compreensão, bem como anotações e reflexões por parte do pesquisador durante as leituras.

De acordo com Salvador (1981, p. 99), nesta etapa:

[...] há de se penetrar no texto até identificar-se com o pensamento e as intenções do autor. Para isto, é imprescindível ler com simpatia e respeito, tratando de compreender antes de refutar. Compreender um texto equivale a entender o que o autor quis dizer: sempre tendo em vista as intenções e os propósitos do autor. Como num diálogo, devemos escutar com atenção, analisando cuidadosamente as razões que aduz, a fim de poder discutir inteligentemente com ele e poder retificar ou ratificar nossos próprios argumentos e conclusões.

Além desse processo nos possibilitar uma grande proximidade com o autor pesquisado, com suas ideias e reflexões, ele nos permite compreender o contexto do tema ou período em questão, uma proximidade necessária e fundamental para podermos seguir ao próximo e último processo de leitura, a leitura interpretativa.

Ainda nessa fase, realizamos uma incansável leitura de algumas das obras de Faraday, alguns trechos de seu diário e de fontes secundárias selecionadas, em busca de compreender não só como ocorreu o primeiro contato de Faraday com a indução de corrente elétrica, em 1831, mas também o contexto e o cenário em que esse processo se desenvolveu, assim como diversos outros eventos e momentos que antecederam e sucederam tal período, e que tiveram também, grande influência e impacto no tema em questão, principalmente na lei de Faraday, lei que se revelou estar em uma esfera muito mais complexa e distinta do que normalmente é apresentada.

O presente processo de leitura nos conduziu a trechos e passagens cruciais para a compreensão do tema e do período analisado, como alguns relatos de Faraday, contidos em seu diário de laboratório dos últimos meses de 1831, e seus primeiros dois artigos da série Pesquisas Experimentais em Eletricidade.

2.2.4 Etapa 5: leitura interpretativa

No quinto e último processo de leitura de nossa pesquisa histórica-conceitual, temos o momento no qual realizamos e desenvolvemos nossa interpretação do material analisado, ou seja, após termos compreendido de maneira significativa e detalhada os conteúdos dos materiais pesquisados, passamos a interpretar, explicar e também justificar nossos raciocínios e discussões com relação a eles, associando os conteúdos analisados com o nosso problema de pesquisa, pois assim como descreve Salvador (1981, p. 105), essa etapa trata-se de “[...] relacionar o que o autor afirma com os problemas para os quais se está procurando uma solução. O estudo das ideias de uma

obra é feita em função dos propósitos de seu autor, mas o aproveitamento de tais ideias depende dos propósitos do pesquisador”.

Em suma, é nessa etapa que, a partir de nossas reflexões da fase anterior, buscamos associar as ideias e transferir as situações trazidas pelos autores pesquisados com as nossas, levando sempre em consideração nossos propósitos e objetivos (SALVADOR, 1981), ou seja, é a partir do que foi analisado, refletido e compreendido, juntamente ao nosso objetivo, que fecharemos os processos de leitura, construindo e desenvolvendo nossas conclusões, possibilitando posteriormente retornar em nossa questão-problema, com as respostas e soluções emergentes de nossas considerações finais. Esta fase, definida como a *Síntese Integradora*, é geralmente concluída apenas ao final de toda a pesquisa.

Portanto, foi nesta etapa que construímos nossas conclusões e considerações com relação à pesquisa histórica-conceitual realizada com relação aos trabalhos de Faraday no campo do Eletromagnetismo, de 1820 a 1831, ao seu real processo de indução de corrente elétrica, em 1831, incluindo seus experimentos, momentos, dificuldades, reflexões e teorias com relação ao assunto, assim como sua própria lei para a Indução Eletromagnética, elaborada neste mesmo ano. E também com relação à sua teoria de *campo e linhas de força magnética*, teoria esta que se mostrou ser a base de seus estudos e crenças, bem como a base de sua lei, já que ela foi elaborada em tal contexto.

Terminado o processo de *leitura interpretativa* da análise histórica-conceitual, finalizamos assim a fase de *Investigação das soluções*, abordada por Salvador em 1981. Finalizamos também a fase da *Análise explicativa das soluções* desse segundo momento, uma vez que, com a realização da *leitura reflexiva e interpretativa* dos materiais investigados, já tenha sido possível também discorrermos na sequência sobre nossas discussões, reflexões, interpretações e justificativas com relação ao conteúdo analisado, junto ao nosso objetivo, nos possibilitando possuir assim, uma clara visão sobre o real episódio histórico em questão, e construir as conclusões e sínteses (não se trata ainda da fase *Síntese integradora*, pois era necessária ainda a realização o terceiro momento da pesquisa para que tal fase então fosse finalizada) necessárias para o próximo momento da pesquisa, que seria então a investigação sobre a lei de Faraday em sites da web e vídeos do YouTube.

Portanto, com um desenvolvimento adequado dos processos de leitura que constituem a fase de *Investigação de Soluções*, e a nosso ver, o eixo principal da

pesquisa bibliográfica, fomos capazes de focar e nos aprofundarmos em nossas análises, discussões e interpretações, já desenvolvendo a fase da *Análise explicativa das soluções* e atacando justamente os pontos que eram necessários para construirmos um *feedback* adequado e bem estruturado ao nosso problema de pesquisa, que constitui a etapa da *Síntese Integradora*, que foi finalizado após a realização de nossos estudos em sites da web e vídeos do YouTube.

2.3 3º momento: uma pesquisa em sites da web e vídeos do YouTube

Iniciando o terceiro momento de nossos estudos, tivemos a pesquisa sobre a lei de Faraday em sites da web e vídeos do YouTube, a fim de detectarmos, analisarmos e compreendermos os equívocos presentes em tais meios, conforme definido em nosso problema de pesquisa.

2.3.1 Etapa 2: leitura exploratória

Após a primeira etapa de leitura da pesquisa em sites e vídeos, que ocorreu junto a pesquisa histórica-conceitual, iniciamos a etapa da leitura exploratória, que se constituiu em uma breve leitura tanto dos títulos dos textos quanto dos vídeos pesquisados, todos através da busca pelo termo chave *lei de Faraday*. É importante salientar que, para os sites, a ferramenta de busca utilizada foi o site do Google, e para os vídeos, o site do YouTube.

Desse modo, tendo atribuído o primeiro critério para a seleção do material bibliográfico online, que foi a definição do termo *lei de Faraday* para ambos os meios pesquisados, podendo ser essa entendida como a primeira filtragem, obtivemos uma lista de possíveis sites e vídeos que então seriam encaminhados para a etapa da *leitura seletiva*, onde seriam aplicados aos demais critérios estabelecidos para a seleção das fontes que constituem o foco da pesquisa.

Portanto, os primeiros sites da lista gerada pela ferramenta de busca do Google foram selecionados para a próxima fase de leitura, assim como os primeiros vídeos (na ordem dos mais visualizados para os menos visualizados) apresentados pela lista do YouTube, e que possuíssem em seu título o próprio termo buscador *lei de Faraday*.

2.3.2 Etapa 3: leitura seletiva

Após a etapa da leitura exploratória, outros critérios foram aplicados nos materiais pré-selecionados, sendo necessária agora a realização de uma leitura completa dos textos apresentados pelos sites e das falas, no caso dos vídeos. Além disso, os demais critérios foram: selecionarmos apenas os conteúdos voltados para o Ensino Médio, ou seja, um conteúdo elaborado na ausência do cálculo diferencial e integral, linguagem matemática normalmente trabalhada apenas no Ensino Superior, bem como os conteúdos que trouxessem não apenas aplicações, exemplos ou resoluções de exercícios de maneira isolada, mas que também abordassem a lei de Faraday em si, junto à apresentação e explicação de seu enunciado.

Assim, para a aplicação dos critérios acima, entendidos como a segunda filtragem de nosso material bibliográfico online, foi necessária uma leitura mais completa das informações e dados apresentados, uma leitura que nos possibilitou selecionar as fontes voltadas para uma análise aprofundada, o que nos permitiria o desenvolvimento de soluções para o nosso questionamento inicial. Então, os 7 primeiros sites e vídeos que atenderam tais critérios foram selecionados.

2.3.3 Etapa 4: leitura reflexiva ou crítica

Com as fontes bibliográficas selecionadas e definidas, esta quarta etapa foi o momento de realizar uma leitura mais atenta e detalhada do conteúdo apresentado, permitindo selecionar os trechos mais relevantes para a nossa análise, considerando o objetivo em questão.

Dessa forma, com o desenvolvimento da leitura reflexiva, buscamos compreender como que a *lei de Faraday* é abordada e apresentada ao leitor pelos sites e vídeos selecionados, o que nos possibilitou detectar os trechos e passagens constituídos de equívocos e distorções com relação a tal conteúdo, e que, conseqüentemente, os atribuiríamos a próxima etapa, ou seja, ao processo de leitura interpretativa.

Em suma, foram selecionadas as passagens nas quais a “lei de Faraday” foi enunciada, passagens que continham a descrição de algum outro evento ou momento desse episódio histórico, e também as que apresentaram associações equivocadas à lei. A partir disso, podemos citar associação a uma expressão matemática que não condiz

com a lei enunciada pelo cientista britânico, ou mesmo, sua “complementação” por meio da lei de Lenz.

2.3.4 Etapa 5: leitura interpretativa

Por fim, no último processo de leitura, buscamos interpretar e construir nossos raciocínios, argumentos e nossas ideias em relação aos conteúdos apresentados nos trechos analisados. Quanto aos equívocos presentes, buscamos construir as discussões que mostrariam o porquê de tais passagens serem consideradas como equívocos. Para isso, utilizamos como base a análise histórica-conceitual realizada anteriormente, e que nos possibilitou a compreensão dos reais fatos históricos que compõem os eventos e momentos trabalhados nos sites e vídeos, indicando as distorções e os aspectos em que se demonstraram divergentes.

Esse último processo de leitura concluiu a fase de *Investigações das soluções*. Com ele fomos capazes de preparar o terreno para a *Análise explicativa das soluções* - que pode ser entendido como uma continuação da leitura interpretativa, ou seja, seu desenvolvimento e apresentação -, onde foi realizada uma análise minuciosa e da forma mais clara possível com relação aos equívocos e distorções detectadas no conteúdo, sobretudo, quanto ao enunciado da lei de Faraday.

Com o término da etapa *Análise explicativa das soluções* da pesquisa dos sites e vídeos, foi possível desenvolvermos e finalizarmos a *Síntese Integradora* da pesquisa em geral, ou seja, o produto final, e que por sua vez, constituiria o conjunto de soluções de nosso problema inicial. Com o desenvolvimento da etapa *Síntese Integradora*, buscamos organizar e sintetizar os resultados e conclusões de nossa pesquisa, incluindo os equívocos encontrados e suas justificativas. Para isso, foi elaborado um quadro sintetizador (*secção 6.3*) onde foram apresentados todos os equívocos presentes nos trechos analisados, juntamente aos sites/vídeos e as justificativas aplicadas para caracterizar tais passagens como equívocos e distorções.

Uma visão panorâmica de toda a pesquisa, assim como o retorno de modo explícito ao nosso questionamento inicial, com as devidas soluções, análises e conclusões foi desenvolvida e apresentada em nossa tabela sintetizadora e nas considerações finais, dando como encerrado o conjunto de processos que constituiu e possibilitou a construção deste trabalho.

3. A INFLUÊNCIA DA INTERNET E DAS TECNOLOGIAS NO MEIO EDUCACIONAL

3.1 Uma transformação social

Ao desviarmos nosso olhar para o passado, em um caminho onde a história e as marcas de uma época distinta nos possibilitam percorrer, nos deparamos diretamente com um estado de modificação, com as transformações que este planeta e as pessoas que nele habitam sofreram ao longo do tempo.

O estudo da história nos possibilita compreender que a transformação é um processo contínuo, e que, por mais que muitas vezes nos esquecemos, nesse exato momento também estamos vivenciando e constituindo novas histórias, nos mais diversos aspectos.

Nesse contexto, ao analisarmos o estado de modificação na vida do ser humano, especificamente nas últimas décadas, percebemos, e de forma evidente, os traços e as consequências de tais transformações, sobretudo no âmbito tecnológico, que demonstra ter ocorrido de forma exponencial. Para observar esse fato, não é necessário nos afastarmos muito do presente, pois, ao comparamos os computadores dos anos 90 com os atuais, ou até mesmo os dispositivos de armazenamento de dados (*figura 1*), percebemos o intenso avanço tecnológico nesse intervalo de tempo, pois assim como também levantam Silveira e Bazzo (2005, n.p.), “[...] foi a partir da segunda metade do século XX que a humanidade mais acumulou conhecimento e mais acelerou o processo de transformações sociais”.

É possível notarmos que, com o grande avanço científico do último século, a tecnologia passou a se desenvolver de maneira intensiva, principalmente na área da informação e comunicação, que por sua vez, com o advento e propagação da Internet, passou a atingir patamares inesperados, se considerados ainda há algum tempo atrás. Essas transformações, ou evoluções tecnológicas, trouxeram impactos diretos à sociedade, modificando não somente seu ambiente físico, mas também, o modo de viver das pessoas.

Figura 1 – À esquerda, dispositivo de armazenamento de dados utilizado na década de 90 (8,89cm x 8,89cm), sua capacidade de armazenamento é de 1,44MB. À direita, dispositivo de armazenamento utilizado nos dias atuais (3,2cm x 2,4cm), neste caso, sua capacidade é de 1TB (1000000MB).



Fonte: compilação do autor¹.

Percebemos então que o avanço tecnológico vem acarretando diretamente uma transformação social, contribuindo para o surgimento de uma nova sociedade, com novos costumes, práticas e rotinas, uma sociedade com uma nova cultura que por sua vez “[...] modela as formas de pensar, agir, comunicar-se com os outros, trabalhar e aprender” (KENSKI, 2015, p. 133).

De acordo com Silveira e Bazzo (2005, n.p.), passamos a viver num mundo onde “[...] a tecnologia representa o modo de vida da sociedade atual, onde a cibernética, a automação, a engenharia genética, a computação eletrônica são alguns dos ícones da sociedade tecnológica que nos envolvem diariamente”. Apesar de tal citação ter sido redigida há quase 15 anos, ela ainda é adequada para descrever os dias atuais, uma atualidade em que os computadores, *smartphones*, *smarts TVs*, *tablets* e, sobretudo, a Internet, constituem uma parte praticamente fundamental na vida e rotina da maioria das pessoas, sendo difícil imaginar a constituição da atual sociedade com a ausência da Internet.

Em síntese, temos que as intensivas transformações no campo tecnológico, em especial a tecnologia digital da informação e comunicação (TDIC), acarretaram diretamente em drásticas modificações nas vidas das pessoas, contribuindo para o surgimento de uma nova geração, concebida no seio da era digital, uma geração que passou a constituir uma sociedade com pensamentos, práticas, gostos, desejos, escolhas e aptidões diferentes daquela de 30 anos atrás.

¹ Imagens retiradas da Internet. Disponível em: <<https://adrenaline.uol.com.br/forum/threads/disquete-conexao-discada-e-mais-como-era-jogar-no-pc-bem-antes-do-steam.609502/>> e <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2016/09/cartao-sd-com-1-tb-da-sandisk-e-ideal-para-4k-5k-e-realidade-virtual.html>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

Além disso, a própria forma de aprender e buscar as informações também sofreu transformações, pois, se antes era necessário um exaustivo processo para a realização de uma pesquisa, deslocando-se até as bibliotecas, hoje em dia, com apenas alguns toques nas telas dos *smartphones* ou *tablets* a pessoa já é capaz de possuir uma vasta quantidade de informações na palma da mão.

Dessa forma, e assim como levantam alguns autores, Kenski (2015), Moran (2004), Barreto (2010), Gewehr (2016), Hernandez (2017), percebemos uma transformação social que traz junto de si uma forte e inevitável influência no ambiente escolar, ocasionada principalmente pelo próprio fato da maneira de pensar, agir e aprender das crianças e adolescentes não serem da mesma forma, levando em consideração que o próprio processo de pesquisar também tenha sofrido modificações, tornando-se mais prático, cômodo e ágil com o avanço da Internet e os dispositivos portáteis. Pereira, Souza e Peixinho (2012, n.p.), nos atentam apontando que “[...] a acelerada evolução das tecnologias, a exemplo da Internet, tem proporcionado um rápido e fácil acesso a informação, como também, um acúmulo diversificado dessas informações”.

Portanto, nas últimas décadas percebemos uma intensa transformação social nos mais diversos aspectos, e que acarretou - e vem acarretando - em impactos diretos no contexto educacional, mostrando a necessidade de uma transformação, ou melhor, de uma adaptação diante dessa nova sociedade emergente e moldada a partir da evolução tecnológica. Partindo desse cenário, apresentaremos na próxima secção alguns dos impactos da tecnologia na educação, assim como, algumas das contribuições e possibilidades que ela pode proporcionar quando utilizada de maneira adequada e coerente no ambiente escolar.

3.2 Alguns impactos, contribuições e possibilidades do desenvolvimento tecnológico da informação e comunicação para a educação

Sobre essa transformação social que implica diretamente na necessidade de uma transformação também no âmbito escolar, uma vez que a sociedade passou por modificações na forma de aprender e pensar, Moran (2004, p. 348) afirma que “[...] educar é um processo cada vez mais complexo, porque a sociedade também evolui rapidamente, exige mais competências, torna-se mais complexa também”.

No entanto, apesar dessa necessidade de mudança e adaptação da escola ser evidente, o que parece é que o ambiente escolar, em sua maioria, ainda não tenha respondido às tais transformações da mesma forma, empregando e insistindo ainda em práticas e metodologias do século passado, práticas que já se demonstram ineficazes para a atual geração. Em relação a isso, na ilustração a seguir é possível analisar a invariabilidade do ambiente escolar ao longo das décadas.

Figura 2 – À esquerda, a Escola Normal Caetano de Campos, em São Paulo, datada de 1901, e à direita, a Escola Municipal Lindolfo Collor da cidade de Maceió, época atual.



Fonte: Compilação do autor².

A dificuldade de uma mudança no âmbito escolar concomitante às transformações tecnológicas e sociais, vem corroborando para a intensificação de diversas problemáticas existentes hoje na sala de aula, dentre elas, o grande desinteresse e desmotivação dos alunos pelos saberes escolares, fator esse que se demonstra cada vez mais preocupante. A tecnologia, em especial, a tecnologia digital da informação e comunicação (TDIC), que possibilitam o acesso à Internet e dão aos alunos uma grande quantidade de informações e conteúdos, passou a fazer parte na vida das pessoas, sobretudo, das crianças e adolescentes, que demonstram uma autêntica e nativa afinidade com as novas tecnologias.

Dessa forma, privá-los dessa realidade no ambiente escolar é o mesmo que submetê-las a um ambiente que não pertence a elas, distanciando-as de suas maneiras de entender e compreender o mundo, assim como levanta Sibilía (2012, apud PAVANELLI-ZUBLER; JESUS, 2016), as próprias práticas do âmbito escolar se encontram distantes daqueles presentes fora da escola.

² Imagens retiradas da Internet. Disponível em: <<https://historiadaeducacaobrasileira.wordpress.com/modelos-de-organizacao-escolar/>> e <<http://www.maceio.al.gov.br/2016/05/prefeito-ressalta-acoes-de-reestruturacao-na-educacao/>>. Acesso em: 3 jul. 2019.

Notamos que, apesar da evolução tecnológica ter trazido impactos extremamente benéficos à sociedade em vários aspectos, a ausência de sua inserção, de forma adequada, no âmbito educacional vem contribuindo para o surgimento de um ambiente cada vez mais desafiador aos educadores, considerando que eles se veem obrigados a competirem com as tecnologias, fazendo o uso de práticas muitas vezes obsoletas e ineficazes tanto para instigar e estimular o interesse dos alunos quanto para o desenvolvimento de seus processos de ensino, tornando o ensino entediante para boa parte das crianças e adolescentes.

Sobre isso, Pavanelli-Zubler e Jesus (2016, p. 448) apontam que “[...] a propagação da tecnologia digital de informação e comunicação (TDIC) vem ocasionando mudanças significativas nas relações sociais e se revela um cenário desafiador para a educação”. Tendo em vista que algumas práticas e metodologias empregadas na escola certamente contribuem para esse cenário desafiador, pois se mostram monótonas, estagnadas e que possuem como bases o livro didático e o quadro negro. Isso acaba contribuindo para um detrimento ainda maior com relação à motivação e participação dos alunos nas aulas, fazendo da educação, na maioria das vezes, um processo estático e arbitrário, onde o aluno passa a ser um sujeito passivo, ou seja, aquele que apenas recebe a informação, correndo o risco de não tê-la compreendido.

Diante desse cenário, Costa, Duqueviz e Pedroza (2015), Pavanelli-Zubler e Jesus (2016), Gewehr (2016), Pereira, Souza e Peixinho (2012), Barreto (2010), Hernandez (2017), Caças, Karaoglan e Çavas (2004), Ratheeswari (2018), Suryani (2010), Moran (2004; 2005) e Noor-Ul-Amin (2013), entende-se a necessidade e a importância da inserção e o uso, de forma planejada e coerente das TDICs e Internet no ambiente educacional, como uma forma de aproximação da escola com a sociedade moderna. É preciso que haja um acompanhamento, e numa mesma proporção, por parte da escola, quanto as constantes transformações sociais, pois assim como trata Hernandez (2017, p. 343, tradução nossa):

O uso das TIC na educação tem se tornado cada vez mais um elemento essencial do ambiente educacional. Acompanhado pelas ferramentas tecnológicas, o uso das TIC na educação é tornar-se uma realidade cada vez mais presente na sociedade, conseqüentemente, a expansão para abraçar estudantes, professores e instituições de ensino resultará na otimização do processo de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, as TDICs são uma forma de diminuir o distanciamento existente hoje entre a realidade do aluno e da sala de aula, complementando o processo de ensino e aprendizagem de várias formas, contribuindo para o surgimento de práticas mais motivadoras, prazerosas e envolventes, onde o aluno consiga, de fato, fazer parte de seu processo de construção do conhecimento.

É importante salientar que levantamos as TDICs como sendo apenas um dos caminhos os quais podem vir a contribuir para um melhor cenário educacional, pois quando tratamos de educação e aprendizagem, existem vários condicionantes de extrema relevância que constituem tal processo, como por exemplo, a questão da própria afetividade, defendida fortemente por alguns autores, como Neil (1980), e também apontado por Sahlberg (In: LIÇÕES DA FINLÂNDIA, 2015), em suas próprias palavras: “[...] we have learned through our history that if you are hungry, if you are afraid, if you live without love and caring, you won’t learn” [Nós tem aprendido através de nossa história que se você tem fome, se você tem medo, se você vive sem amor e cuidado, você não aprenderá].

Assim, nos delimitamos unicamente à discussão sobre a inserção e uso das TDICs na educação, levantando algumas das possibilidades, práticas e contribuições que seu uso pode proporcionar ao atual cenário educacional, assim como algumas das dificuldades ainda existentes nesse contexto.

Para Noor-Al-Amin (2013), o uso das TDICs (ou ICT- Information and communication technology) no ambiente educacional pode contribuir de várias maneiras em prol de uma melhor qualidade de ensino e aprendizagem, tais como:

[...] aumentando a motivação e o envolvimento do aluno, facilitando a aquisição de habilidades básicas e aprimorando a formação de professores. As TICs também são ferramentas transformacionais que, quando usadas adequadamente, podem promover a mudança para um ambiente centrado no aluno. As ICT, especialmente computadores e as tecnologias da Internet, permitem novas maneiras de ensinar e aprender do que simplesmente permitir que professores e alunos façam o que fizeram antes de uma maneira melhor. As TICs têm um impacto não só sobre no que os alunos devem aprender, mas também desempenham um papel importante na forma como os alunos devem aprender (NOOR-AL-AMIN, 2013, p. 6, tradução nossa).

É possível notarmos que dentre das possibilidades e potencialidades que o uso adequado das TDICs e da Internet pode acarretar em busca de mudanças positivas para a educação, estão o surgimento e desenvolvimento de práticas, devidamente orientadas e guiadas pelo professor, que utilizem, além dos livros didáticos e listas de exercícios,

tal recurso, criando ambientes mais motivadores, prazerosos e, sobretudo, centrados nos alunos, possibilitando que eles sejam estimulados a se tornarem agentes ativos no processo de aprendizagem.

Um exemplo de prática que utiliza as TDICs está no uso dos laboratórios de informática, pois essa prática possibilita que os alunos tenham acesso à Internet, e assim, a uma vasta biblioteca dos mais diversos tipos de mídias para os seus momentos de pesquisas e realização de trabalhos, além de outras inúmeras atividades que propiciar tanto o professor quanto o aluno e, de certa maneira, torna as atividades mais prazerosas e espontâneas, pois assim como levanta Barreto (2010), devido à praticidade e o conforto que a Internet propicia aos momentos de pesquisas e leitura, a mesma acaba se tornando mais atrativa para boa parte dos alunos. Além disso, ainda sobre a Internet, tecnologia essa que se demonstra certamente ser o coração das TDICs, Pereira, Souza e Peixinho (2012, n.p.) afirma que os seus recursos, quando:

[...] aplicados no ambiente educativo podem contribuir qualitativamente no desenvolvimento de novas atitudes educacionais, auxiliando professores e alunos a construir uma postura crítica diante da realidade. O seu uso pode propiciar um processo de construção do conhecimento, que depende dos sujeitos envolvidos num estudo de constante interatividade.

Além do uso do laboratório de informática, outra atividade que traz benefícios para o âmbito escolar é a utilização de jogos educacionais e simuladores virtuais, programas esses que possuem a potencialidade de facilitar e ajudar o aluno em seu processo de compreensão de determinado conteúdo ou situação, bem como também aponta Noor-Al-Amin (2013, p. 6, tradução nossa), afirmando que a “[...] TIC pode também tornar mais fácil a compressão de processos complexos através das simulações que, novamente, contribui para um ambiente autêntico de aprendizagem”.

Levando em consideração o grande número de sites que já disponibilizam jogos educacionais e simuladores virtuais ao público, e de forma gratuita, por exemplo, o site *PhET Interactive Simulations* (figura 3), da Universidade de Colorado, um site que fornece uma vasta quantidade de simuladores virtuais para a área de ciência, tal possibilidade pode vir a constituir uma prática com a potencialidade de criar momentos verdadeiramente motivadores, espontâneos e compreensivos aos alunos.

Figura 3 – À esquerda, a Interface do site *PhET Interactive Simulations*, e à direita, um exemplo de um dos simuladores da área da Biologia.



Fonte: Compilação do autor³.

Além disso, a própria criação de multimídias por parte dos alunos também pode ser uma boa possibilidade para a utilização das TDICs, multimídias como textos, desenhos, esquemas representativos, apresentações de trabalhos, jogos educacionais, tirinhas e histórias em quadrinhos, vídeos, áudios, dentre outros. Percebemos a importância e contribuição dessa prática quando levado em consideração o real valor da estimulação para a imaginação e criação das crianças e adolescentes, no qual constitui certamente um fator fundamental para que o aluno se desenvolva de maneira ativa e prazerosa em seu processo de aprendizagem, e que o conteúdo tenha assim algum significado a ele.

Com isso, de acordo com Valquaresma e Coimbra (2013, p. 131), a criatividade constitui-se “[...] uma das funções basilares do funcionamento humano, sendo que dela dependerá a ampliação do leque de experiências e conhecimento a que o sujeito psicológico humano tem acesso durante o seu processo de «fazer mundo»”.

Ainda, devemos ressaltar que além de tais importâncias das TDICs já comentadas acima, como para a própria aproximação do ambiente escolar com as transformações tecnológicas e sociais, elas podem também propiciar momentos oportunos para crianças e adolescentes que não possuem acesso a elas, assim como apontam Costa, Duqueviz e Pedroza (2015, p. 607), ao defenderem a utilização das TDICs no ambiente educacional, levantando que:

[...] podem e devem ser utilizada em contexto escolar como instrumentos mediadores da aprendizagem de jovens que já as utilizam fora da escola e,

³ Imagens retiradas da Internet. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/new>. Acesso em: 19 jun. 2019.

principalmente, para inserir digitalmente os jovens que ainda se encontram sem acesso às tecnologias digitais na sociedade contemporânea.

Isso nos faz refletir que, apesar das novas tecnologias estarem tão bem difundidas dentro da sociedade, a atual e intensa desigualdade socioeconômica em muitas nações, ainda leva boa parte das pessoas a não terem acesso às tecnologias da mesma forma. Sendo talvez a escola um lugar em que algumas crianças e adolescentes possam encontrar a oportunidade de tal uso, e assim, usufruir das contribuições que as tecnologias proporcionam.

Por fim, vale ressaltar a notória importância da utilização das TDICs na educação, e de certa maneira, até uma inevitável tendência futura, como também levanta Noor-Al-Amin (2013, p. 5, tradução nossa), afirmando que é “[...] difícil e talvez até impossível imaginar futuros ambientes de aprendizagem que não sejam apoiados, de uma maneira ou de outra, pela Tecnologia da Informação e Comunicação”. Ainda assim, existem alguns obstáculos e dificuldades a serem superadas para uma inserção adequada e proveitosa, como a própria deficiência na formação e preparação dos professores para com o uso e domínio adequado das TDICs na educação. Sobre isso, Hernandez (2017, p. 345, tradução nossa) aponta que:

O processo de ensino-aprendizagem em sala de aula, utilizando as TICs, requer um conjunto de habilidades a serem desenvolvidas pelo professor com vistas a internalizar uma metodologia para aproveitar ao máximo as ferramentas tecnológicas, nas quais a formação de professores será considerada uma das primeiras opções anteriores para enfrentar novos desafios educacionais.

Além disso, a falta de infraestrutura adequada com relação às TDICs nos ambientes escolares, combinada à própria acomodação e resistência por parte de muitos professores em relação às mudanças de suas práticas metodológicas, também constituem alguns sérios obstáculos ainda a serem superados para que ocorra uma utilização efetiva das TDICs em prol de mudanças positivas e significativas no atual cenário educacional (SOUZA-NETO; LUNARDI-MENDES, 2017).

Portanto, podemos entender o uso das TDICs não apenas como uma forma de aproximação da escola com a sociedade, mas também como uma adaptação necessária com as próprias transformações sociais, possibilitando o desenvolvimento de um dos caminhos que pode vir de encontro aos vários obstáculos e dificuldades presentes hoje no âmbito escolar, um caminho com a potencialidade de contribuir e complementar o

atual ensino em práticas mais motivadoras, interessantes e eficazes nos mais diversos aspectos, sobretudo, para o processo de aprendizagem do aluno. No entanto, como já dito, trata-se de um caminho ainda com algumas barreiras e dificuldades a serem superadas, por exemplo, a própria preparação e formação dos professores para que ocorra um uso de adequado e proveitoso das TDICs na educação, pois muitas das vezes, o mesmo pode constituir um caminho trabalhoso, sendo assim, necessário preparo, planejamento e dedicação.

3.3 Uma potencialidade podada: sobre um dos maus usos da internet

Como foi possível notar na secção anterior, as tecnologias e a Internet passaram a ter uma grande importância e influência não apenas sobre a sociedade em geral, mas também no âmbito educacional, uma vez que a própria maneira de realizar pesquisa tenha mudado com a utilização das novas tecnologias, tornando tal processo muito mais prático, rápido e cômodo.

Além do mais, Barreto (2010, p. 85) nos salienta com relação à própria preferência da Internet na hora de buscar a informação, levantando que “[...] a velocidade e comodidade proporcionadas por ela [Internet] tornam as atividades de leitura e escrita mais atrativas e menos penosas, como geralmente consideram os alunos”. Contudo, apesar dessa importância e inevitável influência da Internet na rotina das pessoas, ainda há muitos que fazem mau uso dela, muitas vezes feito até de maneira involuntária e inconsciente, mas que acabam delimitando possíveis possibilidades e contribuições que tal recurso pode proporcionar ao processo de ensino e aprendizagem, seja dentro ou fora ambiente escolar.

Dentre os maus usos da Internet, temos a questão da qualidade e a credibilidade dos conteúdos que são compartilhados, assim como levanta Sales e Almeida (2007, p. 73):

[...] apesar da grande quantidade, a localização de uma fonte de informação específica e eficiente na *Internet* pode ser uma difícil tarefa para aqueles que não levam em consideração critérios de qualidade e aspectos relacionados ao custo de busca e obtenção da informação.

Notamos que a qualidade dos conteúdos apresentados passou a ser totalmente prejudicada e afetada pela publicação e disseminação materiais totalmente distorcidos e

distantes da realidade, conhecidas como *fake news*, propositais ou não, mas que de uma forma ou de outra acabam levando o leitor a uma visão equivocada e errônea sobre determinado fato, acarretando assim, numa desinformação.

Essa preocupação em relação à qualidade e à veracidade das notícias, conteúdos e informações, seja em um ambiente virtual ou físico, devido ao fato das notícias falsas não serem um problema exclusivamente da Internet e dos dias atuais, é discutida e refletida por alguns autores como Eco (2015), Brites, Amaral e Catarino (2018), Sales e Almeida (2007), Tandoc e Ling (2017), Bakir e McStay (2017), Carvalho e Mateus (2018) e Vosoughi, Roy e Aral (2018). Sobre esse assunto, Carvalho e Mateus (2018, p. 2) apontam que:

A necessidade de informação, bem como a urgência em noticiar um fato em primeira mão, tem levado as mídias, especialmente as digitais, para o que podemos chamar de *Crise Informacional*, termo cunhado ainda na virada do milênio, conforme descrição de Castro e Ribeiro (1997), e que pode ser entendido como as mudanças adotadas de acordo com as novas criações e ideias que proporcionaram um novo paradigma científico, resultando em questionamentos sobre a verdade e a perda de controle do que é produzido. [...] com alto índice de informação disponíveis no meio digital, encontra-se o problema causado pela alta produção de notícias falsas, mais conhecidas pelo termo *Fake News*, e, conseqüentemente, o aumento das desinformações nos meios digitais.

Dentre os muitos fatores que contribuem para essa crescente e preocupante disseminação de informações falsas e equivocadas na Internet, percebemos a questão da própria agilidade e praticidade com que as tecnologias passaram a proporcionar a quem deseja apresentar um determinado conteúdo, e que levado em combinação com a atual pressa social para expor um determinado fato, bem como a falta de controle e processo de qualidade sobre os mesmos, acabam intensificando a apresentação de conteúdos distorcidos no ambiente virtual, acarretando assim, em uma *Crise Informacional* que, conforme mencionada anteriormente, é uma crise pelo fato de estar cada vez mais difícil poder confiar nas informações e conteúdos apresentados pelas mídias, principalmente, as digitais.

Vale novamente salientar que esse estado de desinformação não é algo exclusivo apenas dos últimos anos, uma vez que as próprias *fake news* já existem há algum tempo, bem como o próprio termo *fake news*. No entanto, foi com o rápido avanço tecnológico das últimas décadas e com o desenvolvimento das mídias digitais que esse fato passou a se intensificar amplamente (TANDOC; LING, 2017), uma vez que os próprios meios de comunicação e divulgação também tenham crescido de maneira tão intensa, em

especial, as redes sociais, um ambiente que constitui um palco excelente para a disseminação de conteúdos distorcidos e equivocados.

Com relação aos prejuízos e detrimientos que a disseminação de conteúdos falsos e equivocados pode acarretar tanto para o leitor quanto à própria sociedade em geral, seja devido às *fake news* ou a um ato inconsciente, quando a pessoa compartilha determinada informação sem realmente checar sua legitimidade, crendo assim, que a mesma seja verdadeira, estão alguns pontos para o qual Bakir e Mcstay (2017, p. 6, tradução nossa) nos atenta, e que talvez sejam os principais e os mais preocupantes dentro desse cenário:

A situação das fake news é socialmente e democraticamente problemática em três fontes: (1) sua produção de cidadãos erroneamente informados, que (2) provavelmente permanecerão erroneamente informados nas câmeras de eco e (3) fiquem emocionalmente antagonizados ou indignados, dado a natureza afetiva e provocativa de muitas fake News.

Assim, entre as consequências levantadas acima, temos então a formação de uma sociedade mal informada, corrompida e influenciada pelos conteúdos falsos e distorcidos, conteúdos esses que acabam passando pela maioria das pessoas como sendo legítimos e próximos da realidade, uma vez que parte da sociedade não tenha sequer orientação e instrução para agir frente a essa situação, contribuindo para que aqueles que elaboram e publicam as *fake news* tenham êxito em seus objetivos, e assim, consigam influenciar boa parte da sociedade.

Em suma, percebemos que as tecnologias têm o potencial de oferecer muitas possibilidades e contribuições ao contexto educacional, proporcionando muitos caminhos positivos quanto o próprio estímulo e motivação nos momentos de estudos, devido mesmo à existência de diversos tipos de mídias para a realização de uma pesquisa. Porém há um sério problema a ser enfrentando nas próximas décadas, o da qualidade e credibilidade dos conteúdos que são apresentados na Internet. Esse fator acaba trazendo preocupantes consequências ao leitor que está buscando construir seu conhecimento através de referenciais teóricos publicados em tal ambiente, uma vez que o mesmo terá uma visão distorcida e equivocada do que está procurando aprender, ficando vulnerável a ser regulado pelas ideias dos conteúdos erroneamente apresentados.

Diante desse cenário, notamos um potencial da Internet desperdiçado pelo uso inadequado da própria sociedade, muitas das vezes devido à própria falta de instrução e

orientação da maioria em buscar e possuir o condicionamento necessário para verificar a legitimidade do conteúdo que está pesquisando ou compartilhando, contribuindo ao detrimento da potencialidade que a Internet possui em poder transmitir informação de qualidade e de maneira eficaz, rápida e prática a todo mundo, uma vez que possibilita às pessoas terem uma vasta biblioteca do conhecimento na palma de suas mãos.

4. A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

4.1 A monotonia do ensino de física: uma ciência mecanizada

O ensino de Física é certamente um campo da ciência com uma grande capacidade e potencialidade de instigar momentos prazerosos, motivadores e atrativos ao aluno, momentos em que o estudante tenha a possibilidade para atuar como um agente ativo em seu processo de aprendizagem.

Tal potencialidade se deve à própria proximidade que área do ensino de Física possui com o cotidiano das pessoas, pois assim mesmo como levanta Pereira (2008, p. 26), a física é “[...] um dos ramos de conhecimento da Ciência que mais consegue motivar seu estudo quando bem abordado, pois tem alta relação com o mundo tecnológico em que vivemos”. Contudo, o emprego de metodologias já totalmente obsoletas e antiquadas para com a atual sociedade, acaba esterilizando e podendo quase que por completo as possibilidades que o ensino de Física pode vir a propiciar e desenvolver em prol de momentos mais significativos aos alunos, conduzindo o ensino a um estado no qual podemos considerar como sendo basicamente de mecanização.

Ao voltarmos nossos olhares para as práticas que compõem o atual cenário do ensino de Física, nos deparamos com metodologias ultrapassadas e ineficazes, e que em sua maioria, são ainda embasadas principalmente, e de forma fidedigna, na utilização dos livros didáticos, que funcionam como único eixo orientador para o desenvolvimento das práticas dentro da sala de aula. Tais práticas acabam direcionando as aulas para um cenário extremamente monótono e estático, onde a ação do aluno passa então a ser mecanizada, sem um exercício efetivo de reflexão e compreensão do conteúdo trabalhado, uma vez que os alunos costumam memorizar incansavelmente inúmeras definições teóricas e “fórmulas” matemáticas para resolverem as listas de exercícios apresentadas pelos livros didáticos, com situações ideais distantes da realidade dos alunos.

Tal cenário é apresentado pelas próprias Diretrizes Curriculares da Educação Básica de Física do Paraná (2008, p. 63), quando apontam que a ênfase dos livros didáticos:

[...] recai nos aspectos quantitativos em prejuízo dos conceitos privilegiando a resolução de “problemas de física” que se traduzem em aplicações de

fórmulas matemáticas e contribuem para consolidar uma metodologia de ensino centrada na resolução de exercícios matemáticos.

Assim, percebemos que com uma metodologia pautada apenas em livros didáticos, a potencialidade do Ensino de Física, tal como a de criar e estimular ambientes mais reflexivos, envolventes e prazerosos, acaba caindo em detrimento, além da própria natureza da ciência, que também passa a ser totalmente desconsiderada e esquecida nesse cenário.

No entanto, é possível notar que essa realidade não é uma particularidade apenas dos dias atuais, mas sim de um problema que já persiste há tempos no âmbito escolar, pois assim como traz Almeida (1992, p. 21), autor que apresenta e descreve tal situação já na década de 90, nos livros didáticos:

[...] os resultados obtidos pela comunidade científica são apresentados ao estudante na forma de definições formais, enunciados de lei e princípios e cálculos de exercícios pensados para condições ideais. Muitas vezes, no prefácio ou no primeiro capítulo, a física é apresentada como ciência da natureza, mas no restante do livro, na metalinguagem na qual ele é escrito, transparece uma ciência estática, consensual e, desarticulada da sociedade que produz.

Logo, notamos um cenário do ensino de Física que conduz o processo de “ensino e aprendizagem” a um momento extremamente mecânico e monótono, e certamente entediante para boa parte dos alunos, uma vez que são forçados a aceitar e reproduzir o que está sendo imposto e sem a oportunidade para que de fato reflitam sobre os conteúdos. Além disso, o próprio distanciamento em que os conteúdos de física são trabalhados e apresentados aos alunos, corrobora para um cenário ainda mais desestimulante e entediante, uma vez que tais conteúdos passam a não ter significado algum a eles.

Nesse ensino de Física mecanizado, encontramos um ensino que leva os alunos apenas aceitarem e reproduzirem os conteúdos de maneira repetitiva, em sua maioria pelos livros didáticos, e que por sua vez, também acabam por estar de fora dos reais conceitos e valores da física. Os alunos passam a ser submetidos a uma aprendizagem totalmente mecânica, caracterizada pela “[...] incorporação de um conhecimento novo de forma arbitrária, ou seja, o aluno precisa aprender sem entender do que se trata ou compreender o significado do porque” (BRAATHEN, 2012, p. 65).

Diferentemente do processo de aprendizagem significativa, no qual o aluno se faz presente em seu processo de compreensão das informações, sendo capaz de refletir e

construir o seu conhecimento de maneira livre e espontânea, contribuindo para que a aprendizagem seja significativa, ou seja, que o conteúdo tenha um real valor e significado ao aluno (MOREIRA, 2012).

Dessa maneira, é possível notarmos nesse atual cenário um ensino que conduz a uma aprendizagem enrijecida por práticas e metodologias que limitam quase que por completo o processo de ensino e aprendizagem, comprometendo-o tanto para o desenvolvimento mais estimulante e prazeroso quanto para um ensino mais reflexivo e compreensivo. Esse tipo de ensino, na maioria das vezes, é voltado apenas aos concursos de vestibulares, e se demonstra distante dos verdadeiros valores da ciência e da realidade dos alunos.

Diante desse contexto no qual se encontra o Ensino de Física, e possivelmente, outras áreas da ciência, na próxima seção será apresentado e discutido um pouco sobre como que o uso adequado da História da Ciência dentro do Ensino Científico pode vir a propiciar caminhos em potenciais para gerar e desenvolver práticas mais motivadoras, reflexivas e centradas no aluno. Práticas que visam momentos em que as reflexões, discussões em grupos e, sobretudo, os conhecimentos prévios dos alunos, sejam valorizados, estimulando ambientes de ensino e aprendizagem mais prazerosos e espontâneos, uma vez que o aluno passa interagir de maneira verdadeira em seu próprio processo de compreensão.

Além disso, adiantamos que com o uso adequado de abordagens históricas é possível também resgatarmos os reais valores da ciência, tal como a sua natureza, tratando-a de fato como um feito e construção humana e não como a portadora de uma verdade absoluta e inquestionável, algo divino ou eterno, visão essa que é fruto de uma ciência deturpada ao longo do tempo, construída em cima de uma linha linear e fictícia tanto no espaço quanto no tempo.

4.2 Possibilidades e contribuições da história da ciência para a educação científica: um caminho para a humanização do ensino de ciências

Partindo do exemplo do atual cenário do ensino de Física, caracterizado em sua maioria, por um ensino extremamente mecânico e estático, a História da Ciência surge com o potencial de ir ao encontro deste presente e preocupante cenário, contribuindo para o surgimento de práticas mais reflexivas e envolventes, não só ao ensino de Física, mas a qualquer área da Ciência que se encontre nesse mesmo estado de um ensino

mecanizado, seja para o Ensino Básico ou ao Ensino Superior. Por esse motivo, abrangemos nossas discussões ao Ensino de Ciências no geral.

Há tempos, alguns autores já levantam e enfatizam quanto a importância da inserção e uso adequado da História da Ciência sobre o Ensino de Ciências, tais como Martins (1988, 1993, 2001, 2006), Martins (2007), Barros e Carvalho (1998), Carvalho (1992, 2008), Matthews (1995) e Neves (1998), sendo apontado e discutido com relação às potencialidades e contribuições que um ensino de Ciências contextualizado historicamente pode vir a acarretar para a Educação Científica, tanto no quesito de motivação e estimulação do estudante, quanto para o desenvolvimento de alunos mais reflexivos, críticos e envolvidos em seus próprios processos de aprendizagem, assim como para o resgate e a valorização da natureza do desenvolvimento e construção da ciência.

Dessa forma, a História da Ciência é capaz de auxiliar o próprio aluno na compreensão dos conteúdos, uma vez que ele passa a compreender como realmente a ciência é construída, mostrando-a como de fato a um processo humano, e não como algo místico ou perfeito, visão essa plenamente deturpada, uma vez que:

[...] a ciência muda ao longo do tempo, às vezes de um modo radical, sendo na verdade um conhecimento provisório, construído por seres humanos falíveis e que, por seu esforço comum (social), tendem a aperfeiçoar esse conhecimento, sem nunca possuir a garantia de poder chegar a algo definitivo (MARTINS, 2006, p. 23).

No entanto, como já salientado, trata-se de um uso adequado da História da Ciência, ou seja, de um uso consciente, com preparo, comprometimento e seriedade, pois, caso contrário, o seu mau uso pode acarretar em mais distorções e mistificações, e assim, podendo causar mais danos do que sua própria ausência.

De início, devemos frisar que não se trata de substituir o atual Ensino de Ciências apenas por História da Ciência, mas sim de incrementá-lo, pois assim como nos infere Martins (2006, p. 21), “[...] a história das ciências não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas”. Trata-se de utilizá-la com o intuito tornar as aulas de ciências mais reflexivas, compreensíveis, envolventes e motivadoras, aumentando o leque de possibilidades para dentro da sala de aula, contribuindo para que o ensino vá além da memorização de curtas definições teóricas e “fórmulas” matemáticas, exercícios completamente mecânicos, onde o aluno pouco aprende, reproduzindo apenas o que lhe está sendo apresentado.

Dentre as várias formas das quais a História da Ciência pode contribuir para a Educação Científica, Matthews (1995, p. 165) nos aponta e reforça para algumas delas, levantando que ela, assim como a filosofia e a sociologia da ciência, possa vir a:

[...] 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.

Iniciando a discussão com a primeira contribuição que Matthews (1995) nos levanta, temos então a humanização da ciência, um processo que se demonstra ser cada vez mais fundamental e necessário diante do atual cenário do ensino de Ciências, tendo como exemplo, o ensino de Física, um cenário no qual a ciência é apresentada de forma totalmente arbitrária e distante da realidade dos alunos, contribuindo assim, para a falta de significância e interesse.

Digamos “humanizar” no sentido de levar as aulas de ciências à natureza científica, que é caracterizada por um processo que contém muito mais dúvidas e erros do que certezas e acertos. Um processo construído por uma sociedade de seres humanos falíveis que, por sua vez, é moldada pelos mais diversos aspectos, tais como os culturais, políticos, sociais, tecnológicos e econômicos, possibilitando assim, que o aluno realmente questione, reflita e compreenda que a ciência é constituída por um processo coletivo, árduo e geralmente incerto, pois como traz Martins (2006, p. 22):

[...] o estudo adequado de alguns episódios históricos também permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento [...] a ciência não brota pronta, na cabeça de “grandes gênios”. Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental.

Dessa forma, humanizar a ciência também significa retirar o aluno desse estado mecânico e monótono no qual se encontra o atual ensino de Ciências. Além disso, significa proporcionar ao aluno a possibilidade de compreender o real desenvolvimento científico, propiciando momentos e práticas que de fato valorizem as discussões e reflexões, e conseqüentemente, contribua ao mesmo se tornar um sujeito mais reflexivo, crítico e realmente presente em seu processo de aprendizagem.

Notamos ainda que o emprego adequado de uma abordagem histórica junto do conteúdo, contextualizando-o em diversos aspectos de um determinado local e época, podem também “[...] auxiliar no próprio aprendizado dos conteúdos científicos” (MARTINS, 2006, p. 24), uma vez que os alunos passam a compreender não só os contextos no quais os conteúdos foram construídos e desenvolvidos, mas também as próprias dificuldades, angústias e dúvidas que os cientistas possuíam. Sobre isso, Carvalho (1992, p. 13) afirma que é “[...] por meio da História das Ciências que vamos conhecer quais foram as questões, as perguntas, as dificuldades, os obstáculos epistemológicos que os cientistas tiveram de superar ao construírem os conhecimentos que queremos ensinar em sala de aula”, possibilitando assim, que os conteúdos ganhem corpo e passem a ter sentido aos estudantes, e que não sejam apenas teorias perdidas, flutuando no espaço e tempo.

A História da Ciência tem ainda a capacidade de contribuir até mesmo aos próprios professores, uma vez que pode aprimorar a formação “[...] 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), oportunizando que compreendam melhor não só os conteúdos, mas também, e de forma até mais significativa, as próprias dificuldades e dúvidas que os alunos venham apresentar ao longo do processo de compreensão de um assunto novo (MARTINS, 1988; CARVALHO, 1992).

Como é possível notar, a História da Ciência quando bem articulada junto dos conteúdos, possui a capacidade e o potencial de levar reais momentos científicos a Educação Científica, ou seja, momentos nos quais as discussões, questionamentos, dúvidas e reflexões estejam inteiramente presentes e, sobretudo, de maneira espontânea e não arbitrária, concebendo ao aluno o direito de se tornar um sujeito crítico, onde possa desenvolver e apresentar seus raciocínios, concordando ou discordando com um determinado conteúdo, pensamento ou teoria científica. Caso contrário, “[...] alijar a ciência de seu processo histórico, de suas contingências e de suas representações, é condená-la a um destino que se assemelha mais a religião, ligando paradigmas a dogmas, e sociedades científicas a seitas” (NEVES, 1998, p. 75), ou seja, privar a Educação Científica de sua própria história acaba sendo o equivalente que tapar os olhos dos alunos e pedir para que sigam um caminho mesmo sem eles terem compreendidos, e desse modo, não venha ter importância alguma a eles.

Além disso, com o uso da História da Ciência é possível também desenvolver atividades mais interessantes, motivadoras e dinâmicas, e que saiam assim da estagnação apenas dos livros didáticos e listas de exercícios. Dentre tais atividades estão as possibilidades de haver momentos de leitura e discussão de textos históricos quanto a um determinado episódio histórico, cientista ou conteúdo mediado pelo professor, e que possam ser conduzidos com discussões, indagações e correlações com a sociedade moderna, sendo possível, a apresentação e estudo até de obras originais dos cientistas. Também o emprego de filmes e documentários que retratem com uma maior fidedignidade possível um determinado episódio histórico, com a possibilidade da realização de discussões sobre eles. Além disso, permite a realização e reprodução de experimentos ou situações na mesma forma e condições em que os cientistas os realizaram, elencando algumas das dificuldades e dúvidas que possuíram nos processos, tanto técnica quanto filosófica, podendo tal prática ser de suma importância para o envolvimento dos alunos e na compreensão da realidade dos cientistas em suas respectivas épocas e contextos.

Além dessas possibilidades para uma aula de ciência, ainda é possível que o professor proponha aos alunos a constituírem grupos de debates, nos quais cada um possa ficar encarregado de pesquisar, estudar e defender uma teoria científica entre as diversas em torno de certo assunto, e em determinada época, por exemplo, o campo do Eletromagnetismo no início do século XIX (e ainda não definido desta maneira no período em questão), onde existiam diversas teorias para explicar o fenômeno que hoje conhecemos como Indução Eletromagnética, dentre delas, a explicação de Ørsted, de Biot e Savart, de Ampère e a de Faraday, todas com suas particularidades para explicar os mesmos fenômenos e experimentos.

Nessa prática, é possível salientar e discutir com os alunos quanto a importância e a possibilidade da existência de diversos caminhos, teorias e formas de pensar sobre um mesmo problema, pois, assim como nos atenta Feyerabend (1975, p. 10), “[...] qualquer ideia, embora antiga e absurda, é capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento. A ciência absorve toda a história do pensamento e a utiliza para o aprimoramento de cada teoria”. Ainda nessa mesma prática, e assim como nas demais já citadas, cabe também ao professor trabalhar e ajudar os alunos a compreenderem que a real natureza científica não é constituída apenas de um único caminho, tão menos de uma verdade absoluta, já que:

As teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro, elas podem chegar a ser tornar bem estruturadas e fundamentadas, mas jamais podem ser provadas. O processo científico é extremamente complexo, não é lógico e não segue nenhuma fórmula infalível (MARTINS, 2006, p. 23).

Por fim, levantando mais uma das possibilidades de prática que possa fazer uso da História da Ciência, tem-se a opção de organizar e criar com os alunos peças teatrais que foquem a representar um determinado episódio histórico da ciência, sendo essa, certamente uma atividade com um grande potencial de motivar e instigar o aluno em seu processo de aprendizagem, e que busca valorizar sua participação e envolvimento de maneira dinâmica, espontânea, quando realizada sob o consentimento de todos. Cenário esse certamente diferente da maioria das práticas do atual ensino de Ciências.

Desse modo, percebemos que é possível encontrarmos na História da Ciência um caminho de possibilidades, um caminho que além de contribuir para o surgimento de aulas mais dinâmicas e próximas dos alunos, também possui o potencial de humanizar o Ensino de Ciências, no sentido de torná-lo em momentos mais reflexivos, críticos, envolventes e próximos da real natureza científica, possibilitando sair desse estado de mecanização e falta de significância, onde os alunos são coagidos apenas a reproduzir os resultados científicos de maneira extremamente mecânica e repetitiva, sem que haja a possibilidade deles refletirem sobre os conteúdos, que por sua vez, também são apresentados de forma distorcida e mistificada por uma ciência no qual se apresenta como sendo a portadora da verdade absoluta.

4.3 Alguns obstáculos a serem superados

Apesar da importância do uso da História da Ciência para a Educação Científica, e que demonstra ser um elemento quase que fundamental perante o presente status do Ensino de Ciências, trata-se ainda de um caminho árduo até que o mesmo venha ocorrer de maneira realmente adequada e proveitosa como tem que ser. As dificuldades começam pelo próprio fato de tal ideia ainda não parecer tão relevante dentro do âmbito escolar, uma vez que este ambiente passou a focar mais os exames vestibulares, exames que não avaliam de fato uma aprendizagem significativa.

Além disso, Martins (2006) nos aponta para alguns outros obstáculos que o uso da História da Ciência ainda deve enfrentar para que haja um desenvolvimento pleno e consciente, começando pela própria formação dos professores. De início, percebemos que a falta de cursos e universidades que focam com seriedade e comprometimento a

importância da História da Ciência, não só para o Ensino Básico, mas também para a própria graduação, acarreta em uma grande carência de professores com uma formação apropriada para o desenvolvimento do ensino da História da Ciência, e que assim, não venham corroborar ainda mais para uma história distorcida e mistificada.

Tal fator acaba constituindo uma das dificuldades que essa área ainda deve superar, uma vez que venha sofrer tantas divergências e preconceitos, sobretudo, no âmbito do Ensino Superior. De acordo com Martins (2006, p. 27):

Seria excelente se existissem professores-pesquisadores de história das ciências, com ótima formação, em todas as universidades, ministrando disciplinas em todos os cursos de nível superior (não apenas as licenciaturas) propiciando, por efeito multiplicador, a difusão de uma visão adequada sobre a história das ciências.

No entanto, notamos ainda um cenário bem distante desse, um cenário que apesar de já apresentar algumas mudanças, onde quais alguns cursos e universidades já passaram a tratar a História da Ciência com uma maior atenção e seriedade, acreditamos que ainda será necessário algum tempo para que ela seja tratada com sua devida importância, até para que cresça o número de profissionais qualificados no ensino de História da Ciência.

O segundo ponto para qual Martins (2006) nos atenta é com relação à falta de materiais didáticos que tratam sobre a História da Ciência de forma adequada, pois mesmo que exista muitos materiais, a questão está na qualidade desses, uma vez que boa parte deles acaba por denegrir a natureza científica, apresentando episódios históricos totalmente distorcidos e mistificados, assim como trata Martins (2006, p. 28), aludindo que “[...] o problema não é a quantidade, é a qualidade. Assim como existem os professores improvisados de história da ciência, que não têm formação adequada, há os escritores improvisados de história da ciência”.

Assim, percebemos que se há formação inadequada de pessoas para o campo da História da Ciência, logo temos materiais e livros escritos por essas pessoas, e que poderão então constituir materiais inadequados como ferramentas de ensino, levando em consideração que “[...] somente uma pessoa com um conhecimento e treino adequado nas técnicas de trabalho de história da ciência deveria poder escrever sobre história da ciência” (MARTINS, 2001, p. 114).

Se pessoas sem uma qualificação condizente passam a produzir materiais no campo da História da Ciência, tais como livros, artigos ou revistas, logo passam a expor

suas visões equivocadas e distorcidas quanto à própria natureza científica, apresentando uma ciência totalmente mistificada, bem como em relação ao seu próprio desenvolvimento, visto que ela acaba sendo reduzida basicamente aos nomes dos “grandes gênios” e as datas de suas “gloriosas descobertas”, constituindo esse, mais um obstáculo a ser superado.

Sobre isso, Martins (2006, p. 28) comenta que tais materiais “[...] contribuem para reforçar e perpetuar mitos daninhos a respeito dos “grandes gênios”, sobre as descobertas repentinas que ocorrem por acaso, e outros erros graves a respeito da natureza da ciência”. Martins (2007, p. 115) também nos compartilha dessa mesma preocupação, apontando que:

[...] a HFC [História e Filosofia da Ciência] surge como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula.

Portanto, é possível notarmos a existência de diversos obstáculos que ainda precisam ser superados para que o uso da História da Ciência seja então um momento realmente proveitoso e que contribua para a Educação Científica.

Este cenário ainda é preocupante, mas que deve passar por grandes mudanças conforme a formação dos profissionais do Ensino de Ciências também for ganhando mais atenção e estímulo para a História da Ciência, possibilitando que os profissionais saiam como uma formação adequada, pois, o uso da História da Ciência não se trata de um caminho tão simples. Muitas vezes, ele pode ser uma tarefa trabalhosa e cansativa, que demanda preparação, planejamento e, sobretudo, comprometimento e dedicação.

5. UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DA LEI DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE MICHAEL FARADAY

5.1 Um pouco sobre Michael Faraday

Michael Faraday, cientista britânico, nasceu em 22 de setembro de 1791, em Newington Butts, no condado de Surrey, região aos arredores de Londres⁴. Seu pai, James Faraday, trabalhava como ferreiro, e sua mãe, Margaret Faraday, era filha de agricultor. Faraday foi o terceiro filho do casal, sendo seus irmãos Elizabeth e Robert. Cinco anos após seu nascimento, a família se mudou para Londres, onde moraram em alguns locais como, Jacob's Well Mews, Charles Street e Manchester Square.

Em 1810, após se mudarem para Weymouth Street, em Portland Place (outra região de Londres), seu pai, que já vinha debilitado, acabou falecendo. Já sua mãe, faleceu em 1838.

Figura 4 – Retrato de Michael Faraday.



Michael Faraday
M. Faraday

Fonte: JONES, 1870, n.p.

⁴ As principais referências biográficas utilizadas foram as obras: THOMPSON, S. P. *Michael Faraday: His life and work*. The Macmillan Company: New York. 1898 e ENCYCLOPEDIA GREAT BOOKS OF THE WESTERN WORLD. Encyclopaedia Britannica: Chicago. v. 45 (Lavoisier, Fourier & Faraday), 1952.

Devido à complicada situação financeira da família na época, Faraday acabou recebendo uma educação comum, apenas um pouco mais do que o básico para conseguir ler, escrever, e também alguma aritmética, assim como ele mesmo a descreveu: “Minha educação, foi do tipo mais comum, consistindo de pouco mais que os rudimentos de leitura, escrita e aritmética em uma escola comum. Minhas horas fora da escola eram passadas em casa e nas ruas” (FARADAY in: ENCYCLOPEDIA GREAT BOOKS OF THE WESTERN WORLD, 1952, p. 255, tradução nossa).

No entanto, em 1804, Faraday começou a trabalhar como mensageiro na livraria do Sr. G. Riebau, onde passou a ter um contato direto com o mundo dos livros e do conhecimento, além de sempre ter sido incentivado e encorajado pelo Sr. G. Riebau. Posteriormente, iniciou suas atividades como encadernador.

Figura 5 – Ilustração da livraria do Sr. G. Riebau.



Fonte: THOMPSON, 1898, p. 3.

Além dessa importante proximidade com os livros, no qual possibilitou o jovem aprendiz melhorar sua formação e intensificar sua curiosidade e gosto pela ciência, Faraday também passou a ter contato com diversos clientes, dentre eles o Sr. Dance, que o ajudou, no ano de 1812, assistir a uma série de quatro palestras de Humphry Davy - nomeado químico da época -, na Royal Institution, assim como declarou Faraday:

Durante minha aprendizagem tive a sorte, por meio da generosidade do Sr. Dance, que era um cliente da loja de meu mestre e também membro da Royal Institution, de assistir quatro das últimas palestras do Sr. H. Davy (FARADAY in: THOMPSON, 1898, p. 8, tradução nossa).

Após assistir às tais palestras, Faraday decidiu pedir (motivado pelo o Sr. Dance) emprego a Davy em qualquer função que estivesse relacionada à ciência, enviando-lhe juntamente as anotações das palestras, que tinha realizado de maneira atenta e detalhada, como prova de sua seriedade e interesse. A resposta foi positiva e, no ano seguinte, em março de 1813, com a saída de um funcionário e a vaga aberta para assistente de laboratório, Faraday tornou-se assistente de Davy.

Em outubro do mesmo ano, Faraday e Davy iniciaram uma série de viagens por universidades e laboratórios de diversos países, como França, Itália e Suíça, fato este que foi de grande importância para o desenvolvimento de Faraday na ciência.

Em 1816, enquanto ainda trabalhava como assistente de Davy, Faraday iniciou algumas pesquisas por conta própria, como a análise da cal cáustica, constituindo essa sua primeira contribuição de maneira independente, e que foi publicado no *The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts*.

Após cinco anos, em 1821, agora já realizando diversas pesquisas independentes, Faraday foi promovido e passou de assistente para superintendente do laboratório. Nesse mesmo ano casou-se com Sarah Barnad. Em 1823 foi eleito membro da *Royal Society*, e dois anos depois, tornou-se diretor do laboratório.

Ao longo de sua carreira, além dos importantes estudos e feitos na área da Química, o cientista britânico também deixou um grande legado na Física, em especial, na área do Eletromagnetismo. Em 1821, após a divulgação do experimento de Ørsted, Faraday (assim como muitos outros) tomou interesse pelo fenômeno da agulha imantada, que consiste na interferência da agulha de uma bússola por meio de um fio com corrente elétrica, e desde já iniciou seus estudos de forma independente na área, deixando uma série de feitos e contribuições (que serão apresentados de maneira mais detalhada no *capítulo 5.3*) que revolucionaram a ciência.

Dentre elas, está seu desenvolvimento da Indução Eletromagnética em 1831, que foi publicado em seu primeiro artigo de sua série *Experimental Researches in Electricity* [Pesquisas Experimentais em Eletricidade], uma sequência de trabalho que contou com mais de 30 artigos (levando em consideração os artigos que não levaram a numeração da sequência, mas que continuaram a obedecer à ordem dos parágrafos) e mais de 20

anos de dedicação. Além dos artigos terem sido publicados separadamente na *Philosophical Transactions of the Royal Society*, toda a série também foi compilada em três volumes, no quais foram publicados nos anos de 1844, 1847 e 1855.

Faraday se aposentou no ano de 1858 de seu trabalho na Royal Institution, com 38 anos de carreira na instituição e diversos graus honorários e homenagens científicas de toda parte do mundo. Já com alguns problemas de saúde, como falha de memória, o pesquisador inglês mudou-se para Hampton Court Green, onde permaneceu os seus últimos anos, falecendo no dia 25 de agosto de 1867.

5.2 Ponto de partida: o experimento de Ørsted

Durante o século XVIII, a ideia de uma possível interação entre o magnetismo e a eletricidade já era discutida e investigada por alguns cientistas, pois alguns fatos já se demonstravam como possíveis indícios de tal interação, por exemplo, a interferência de raios sobre as agulhas das bússolas (MARTINS, 1986). No entanto, a ausência de resultados empíricos mais consistentes levou alguns cientistas a deixarem de acreditar que essa interação pudesse ocorrer, e a concluir que não existia relação alguma entre o magnetismo e a eletricidade.

A exemplo disso, podemos citar Benjamin Franklin, onde após diversos experimentos com relação à imantação de agulhas por meio da eletricidade, que nessa época tratava-se ainda da eletricidade gerada pela garrada de Leyden, e posteriormente nominada de eletricidade comum ou de tensão, juntamente da falta de clareza em alguns pontos, e resultados contraditórios de alguns colegas, concluiu que:

Em relação ao magnetismo, que parece ser produzido pela eletricidade, minha opinião real é que esses dois poderes da natureza não possuem afinidade mútua, e que a aparente produção do magnetismo [pelas descargas elétricas] é puramente acidental (FRANKLIN in: MARTINS, 1986, p. 93).

No entanto, mesmo sem nenhuma prova convincente sobre essa relação, status este que perdurou até o início do século XIX, muitos cientistas ainda buscavam indícios e acreditavam que os fenômenos magnéticos e elétricos estivessem conectados de alguma maneira, muitos deles até mesmo guiados e motivados por princípios filosóficos, como Hans Christian Ørsted (1777-1851), professor e cientista dinamarquês, e que era adepto à corrente filosófica *Naturphilosophie*.

Este movimento surgiu na Alemanha ao final do século XVIII, e tinha como princípio geral, que todas as coisas do universo estariam relacionadas de alguma maneira, ou seja, os fenômenos possuiriam um causador comum, onde para alguns, esse causador seria determinadas forças fundamentais (forças naturais), como a força de atração e repulsão, e que quando conflitadas, originavam os diversos fenômenos já conhecidos, como os fenômenos químicos, térmicos, elétricos, magnéticos, entre outros (GARDELLI, 2014). Essa influência filosófica é descrita pelo próprio Ørsted em um artigo sobre eletricidade-térmica, escrito em 1827 para a Enciclopédia de Edinburgh, e publicado na edição de 1830:

O Eletromagnetismo foi descoberto no ano de 1820, pelo professor Hans Christian Ørsted da Universidade de Copenhague. Ao longo de sua carreira literária como professor, ele aderiu à opinião de que os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos poderes que os elétricos. Ele não foi conduzido a isso, pelas razões comumente alegadas para esta opinião, mas por um princípio filosófico, o de que todos os fenômenos são produzidos pelo mesmo poder original (ØRSTED, 1830, p. 575, tradução nossa).

É possível notar que Ørsted possuía dentro de si uma crença muito forte, a de que existia um causador comum para todos os fenômenos, o chamando de “poder original”, implicando assim, que todo o universo estivesse conectado, inclusive os fenômenos magnéticos e os elétricos.

Desse modo, mesmo que Ørsted tenha tido influência de trabalhos e experimentos de outros cientistas sobre o assunto (e é provável que tenha tido, uma vez que outros cientistas também compartilhavam da mesma crença), ele também possuía uma filosofia, uma motivação interna que o guiava a continuar investigando e buscando fatos convincentes sobre uma possível interação eletromagnética, assim como relatou Faraday:

O Sr. Oersted, professor de Filosofia Natural e secretário da Royal Society de Copenhague, tem, por muitos anos, estado envolvido em investigações com relação à identidade de forças químicas, elétricas e magnética; e desde 1807 se propôs a verificar “se a eletricidade mais latente tinha alguma ação sobre o imã”. Naquela época, nenhuma prova experimental das opiniões peculiares que ele cogitava eram conhecidas; mas sua constante persistência na busca de sua ideia, tanto por raciocínio e experimento, foi bem recompensada no inverno de 1819, pela descoberta de um fato que nenhuma pessoa além dele tinha a menor suspeita [...] (FARADAY, 1821, p. 195, tradução nossa).

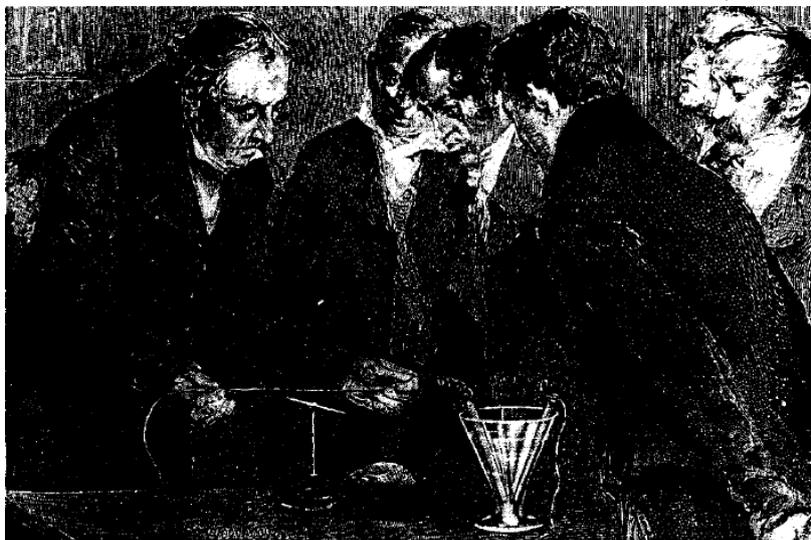
Isso nos mostra que a descoberta de Ørsted não foi apenas um fato casual, ao contrário de como muitos autores a descreve de forma equivocada, como a descrição de

Hansteen de 1857 (apresentada e comentada por Martins (1986) em *Ørsted e a Descoberta do Eletromagnetismo*), mas sim, fruto de todo um período de trabalho e dedicação.

Após algumas décadas de busca por resultados mais satisfatórios que indicassem uma possível relação entre o magnetismo e a eletricidade, por parte daqueles que acreditavam em tal relação, no inverno entre os anos de 1819 e 1820, ao ministrar uma conferência no qual tinha como objetivo falar sobre a analogia entre o magnetismo e a eletricidade, Ørsted conseguiu tal façanha. Para muitos, essa relação do magnetismo com a eletricidade seria impossível de ser encontrada, uma vez que consideravam os mesmos como sendo de naturezas distintas. Ao preparar a conferência, o professor dinamarquês tinha pensando na realização e demonstração dos efeitos luminosos e caloríficos a partir da eletricidade em um fio condutor, e até mesmo conjecturado a ideia de algum efeito magnético por meio dela, imaginando que poderia ser possível irradiar o fenômeno magnético assim como os demais.

Foi quando, ao passar corrente elétrica (o qual para Ørsted trava-se de um conflito elétrico) em um fio condutor que foi posicionado paralelamente a agulha de uma bússola (no qual ficava em uma caixa de vidro para evitar interferências externas), uma interferência foi observada, fazendo com que a agulha imantada sofresse uma leve deflexão (ao contrário de como a maioria dos livros e autores apresenta, descrevendo que Ørsted teria logo de imediato observado uma deflexão de 90°), no entanto, ainda não tão clara e definida (ØRSTED, 1830).

Figura 6 – Ilustração de Ørsted realizando seu experimento da agulha imantada (uma representação romântica de Hans Kraemer, Weltall e Menschheit - 1902-5).



Fonte: SNELDERS, 1990, p. 229.

Apesar de Ørsted ter tido sua ideia inicial mostrando como tal interação poderia vir a se constituir, é possível notarmos que, após os diversos resultados observados, sua concepção acabou mudando ao longo dos anos. Em sua interpretação apresentada em 21 de julho de 1820, ele tratou o fenômeno como um transbordamento de *conflito elétrico*, algo material, que empurraria os polos da agulha por não serem permeáveis, ou seja, seria uma interação física.

Já no artigo publicado no ano seguinte, em 1821, Ørsted descreveu o fenômeno em termos de *atração e repulsão* dos polos magnéticos com a eletricidade positiva e negativa, indicando agora uma ação à distância. E em 1830, em seu artigo sobre a termoeletricidade (publicado na enciclopédia de Edimburgo), Ørsted falou em circulação magnética, dando a entender no surgimento de um fenômeno de fato magnético ao redor do fio, e não mais um fenômeno elétrico, o transbordamento da matéria elétrica, como tratado em 1820 (ASSIS; CHAIB, 2011).

Em um primeiro momento, o experimento realizado por Ørsted não impressionou muito o público, assim como ele mesmo descreveu, pois “[...] como o efeito era muito fraco, e deveria parecer muito irregular, antes da descoberta de sua lei, a experiência não impressionou fortemente o público” (ØRSTED, 1830, p. 575, tradução nossa). No entanto, após alguns meses, ao refazer o experimento inúmeras vezes, e alterando também diversas variáveis de maneira mais cuidadosa, tal como o poder elétrico, o resultado foi impactante, e para aqueles que acreditavam⁵, este viria ser a prova da existência da interação eletromagnética.

Após esse experimento, realizado em sua conferência, Ørsted demorou algum tempo para a sua divulgação, uma vez que era necessário ainda desenvolver uma teoria que explicasse o fenômeno descoberto, fato esse que se tornou um tanto complicado para ele, uma vez que os efeitos gerados pela corrente elétrica sobre a agulha imantada se demonstraram inesperados, como por exemplo, a quebra de simetria do fenômeno que contradizia a lei de Newton, sendo distintos dos efeitos pertencentes as suas ideias preliminares (MARTINS, 1986; SNELDERS, 1990).

Ørsted divulgou sua descoberta e interpretação do fenômeno no dia 21 de julho de 1820, por meio de um panfleto de quatro páginas escrito em Latin, intitulado

⁵ Não podemos generalizar e assumir que de fato era uma interação eletromagnética, pois se trata apenas de uma teoria e não da verdade absoluta. Para alguns, como Ampère, a teoria eletromagnética era de total absurda, ele possuía sua própria crença e interpretação para o fenômeno, e que também era muito plausível.

Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam (Experimentos sobre o efeito de conflitos elétricos sobre a agulha imantada). A versão em inglês foi publicada logo depois no *The Annals of Philosophy*, intitulado *Experiments on the Effect of a Current of Electricity on the Magnetic Needle* (Experimentos sobre o efeito de uma corrente elétrica sobre a agulha imantada). Além do inglês, o trabalho também foi traduzido para diversos outros idiomas, como dinamarquês, holandês, francês, alemão e italiano (SNELDERS, 1990).

Logo após a divulgação de Ørsted sobre o seu trabalho, uma grande corrida científica se iniciou na tentativa de encontrarem uma explicação para o novo fenômeno então observado, já que muitos ainda não concordavam com a teoria apresentada por Ørsted. Cientistas de toda parte iniciaram seus próprios estudos no caso, alguns de maneira mais intensa que outros.

Portanto, em suma, podemos dizer que a observação do fenômeno da agulha imantada marcou o início do que viria a ser uma importante revolução científica, nos termos de Kuhn (1998), uma quebra do paradigma até então aceito, o paradigma de que os fenômenos magnéticos e elétricos se caracterizavam por naturezas distintas. Além disso, marcou também o início da trajetória de Michael Faraday em um novo campo da ciência que, posteriormente, se definiria como Eletromagnetismo⁶.

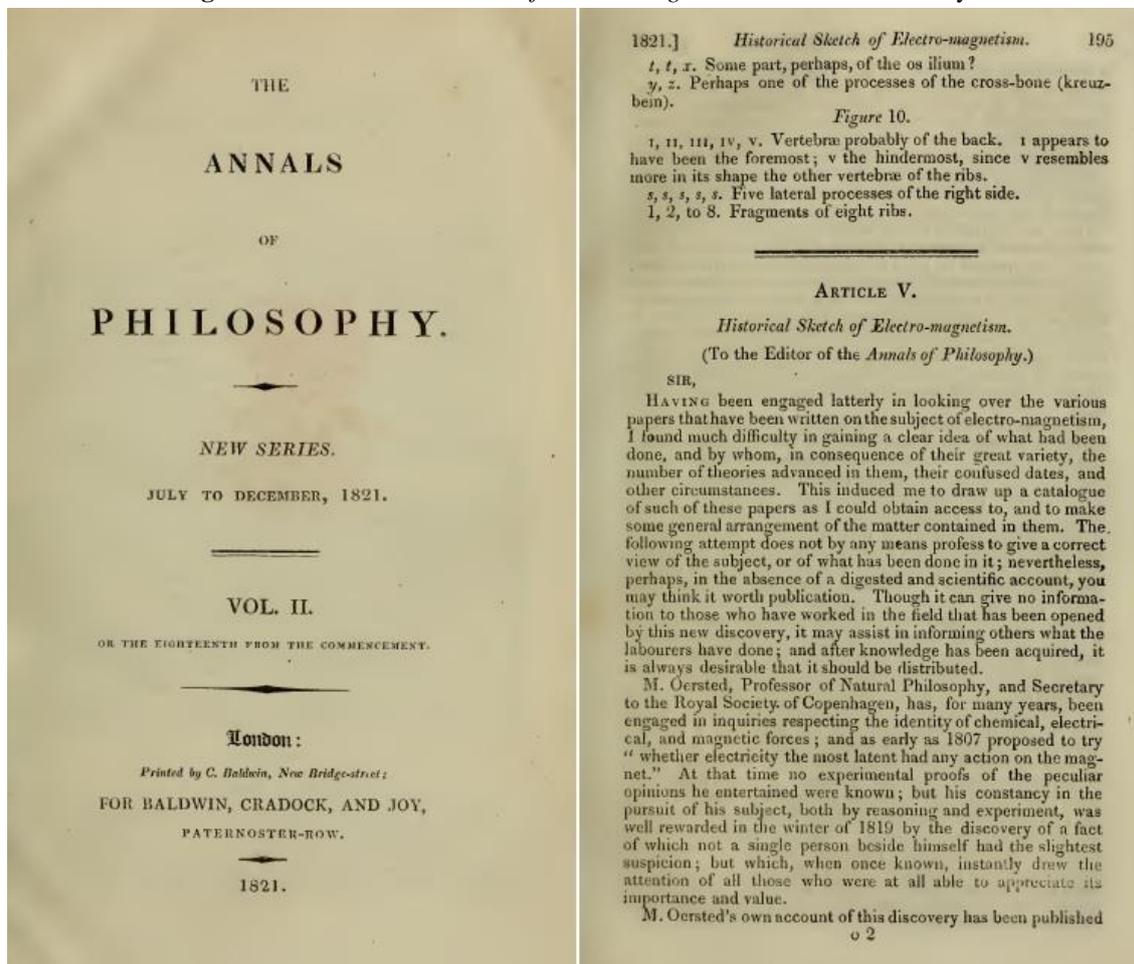
5.3 Um breve relato de suas primeiras contribuições a um novo campo da ciência

Nesta seção, descrevemos de maneira breve as primeiras contribuições de Michael Faraday ao Eletromagnetismo, antes mesmo de seu sucesso no desenvolvimento de correntes elétricas a partir da eletricidade voltaica e do magnetismo comum, evento esse que viria ocorrer, respectivamente, em agosto e setembro de 1831. Até no ano de 1820, Faraday ainda não havia realizado pesquisas relacionadas ao campo da eletricidade, no entanto, após a divulgação do experimento de Ørsted, essa história mudou, e no dia 21 de março de 1821 ficou registrado em seu diário o seu primeiro envolvimento em tal área (MARTINS, 1949). Ao que tudo indica, sua primeira contribuição no campo do Eletromagnetismo se deu por meio de um artigo publicado

⁶ Devido a nem todos os cientistas terem sido adeptos a teoria eletromagnética, tomamos o devido cuidado ao utilizarmos o termo *Eletromagnetismo* ao longo do trabalho, no entanto, sua utilização ainda se torna inevitável para se referir a tal área, até mesmo pelo o fato da teoria em vigor hoje ser a eletromagnética.

em três partes, anonimamente, intitulado *Historical Sketch of Electro-magnetism*⁷ [Esboço histórico do Eletromagnetismo], publicado no periódico *The Annals of Philosophy*, conforme mostra a figura abaixo.

Figura 7 – O *Historical Sketch of Electro-magnetism* de Michael Faraday.



Fonte: Compilação do autor⁸.

Nesse seu primeiro trabalho, Faraday realizou um “esboço histórico”, ou seja, um resumo com relação às principais interpretações e teorias desenvolvidas até o momento sobre o fenômeno da agulha imantada, e a possível⁹ relação entre o magnetismo e a eletricidade, inclusive sobre a teoria de Ørsted, na qual a primeira parte do artigo está focada.

⁷ O mesmo já se encontra traduzido para o português em Gardelli (2014).

⁸ Imagens retiradas do 2º volume da revista *The Annals of Philosophy*, publicado em 1821.

⁹ Utilizamos apenas o termo possível, pois alguns cientistas não acreditavam em tal relação, como Ampère, um dos cientistas no qual mais se motivou com o assunto, e que desenvolveu sua teoria toda baseada em uma interação puramente eletrodinâmica.

A oportunidade de escrever essa sua primeira obra na área veio através do convite de seu amigo Richard Philips, na época diretor do periódico *The Annals Philosophical* (THOMPSON, 1898). As duas primeiras partes do artigo foram publicadas nos meses de setembro e outubro do ano de 1821, no segundo volume do periódico *The Annals of Philosophy* (p. 195-200/274-90). Já a terceira parte foi publicada em fevereiro do ano seguinte, no terceiro volume do mesmo periódico (p. 107-117). Apesar do anonimato do trabalho, umas das maneiras que se pode confirmar a autoria de Faraday é por meio do conteúdo de uma carta de Richard Philips, datada de 4 de setembro de 1821 (GARDELLI, 2014).

No mesmo ano, ainda como assistente de Davy, o cientista britânico iniciou suas próprias pesquisas e experimentos relacionados ao Eletromagnetismo, apresentando algumas de suas primeiras contribuições de forma autêntica, conforme foram apresentadas em seu artigo *On some new electro-magnetical motions and on the theory of magnetism* [Sobre alguns novos movimentos eletromagnéticos e sobre a teoria do magnetismo], datado de 11 de setembro de 1821, e publicado em outubro, no 12º volume (Nº. XXIII) do periódico *The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts* (p. 74-96). Posteriormente, o artigo foi traduzido para o idioma francês, publicado no *The Annales de Chimie et de Physique* (p. 337-70), junto de alguns comentários escritos por Ampère.

Nesse trabalho, Faraday apresentou e descreveu um importante feito, que foi o desenvolvimento das rotações eletromagnéticas, com suas interpretações e conclusões sobre tal fato, apresentando seus engenhosos recursos e aparatos nos quais conseguiu realizar as rotações, tanto de um fio condutor em torno de um ímã quanto de um ímã em torno do fio. De acordo com seu cunhado, George Barnard, que estava no laboratório no momento da primeira observação de Faraday acerca das rotações eletromagnéticas: “[...] tudo o que ele [Faraday] exclamou foi, ‘Você vê, você vê, você vê, George?’, enquanto o fio começou a girar [...]” (THOMPSON, 1898, p. 89; MARTINS, 1949, p. 41, tradução nossa).

Figura 8 – Esboço do experimento que possibilitou Faraday observar as rotações eletromagnéticas (presente em seu diário).

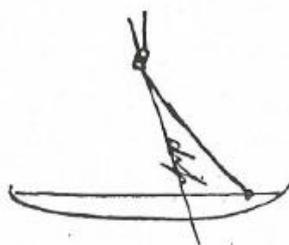


FIG. 6

Fonte: FARADAY In: MARTINS, 1949, p. 41.

Dentre algumas das conclusões desse trabalho, Faraday levantou que os polos magnéticos não estavam exatamente nas extremidades do imã (ou agulha imantada), mas sim a uma determinada distância, e também, que o movimento do fio em torno do imã, e vice-versa, não era resultado de uma atuação de forças atrativas ou repulsivas, mas de uma força de caráter perpendicular aos mesmos, proporcionando assim, o movimento circular observado (FARADAY, 1821). Além disso, ao final do artigo, Faraday (1821, p. 96, tradução nossa) também apontou que:

Assim como o fio conectado [a uma bateria] é direcionado por um imã, há todos os motivos para acreditar que ele agirá da mesma maneira com a Terra, e tomar uma direção perpendicular ao meridiano magnético. Ele também deveria agir com o polo magnético da Terra, como com o polo de um imã, e se esforçar para circular em torno dele.

Presumindo assim, a existência de uma possível interação entre a corrente elétrica e o magnetismo terrestre, interação essa que tenderia a ocorrer de maneira semelhante daquela que tinha sido observada ao aproximar um fio com corrente elétrica a um imã natural, ou seja, a tendência de um movimento circular.

Em busca de fatos experimentais convincentes para essa ideia, o britânico realizou uma série de experimentos entre os dias 21 e 25 de dezembro de 1821 (MARTINS, 1949), e, com isso, apresentou importantes observações e diversos resultados positivos. Na primeira parte dos experimentos, Faraday detectou o movimento que um fio condutor retilíneo sofria quando posicionado perpendicularmente ao meridiano magnético terrestre, estando conectado às placas do calorimotor de Hare. Essas primeiras observações levaram Faraday a concluir que “[...] esses movimentos são evidentemente o resultado de uma força rotativa emanando do

polo da Terra e atuando no fio” (FARADAY in: MARTINS, 1949, p. 38, tradução nossa).

Mas foi somente na manhã do dia 25 que Faraday conseguiu desenvolver o movimento contínuo de um fio percorrido por corrente elétrica a partir do magnetismo terrestre (MARTINS, 1949), sendo talvez esse o maior feito dessa sua sequência de experimentos. O experimento foi descrito por ele da seguinte forma:

Rotação de um fio pelo magnetismo terrestre. Em uma grande bacia de vidro coloquei mercúrio e um pouco diluído em ácido nítrico. Tomei cerca de 6 polegadas de fio com 1/56 polegadas de espessura, amalgamei ele, formando um gancho no topo, que por sua vez foi suspenso a partir de outro gancho fixado no tubo do aparato, coloquei um pouco de cortiça [tecido vegetal] na extremidade inferior, o fio passando através dele, e então o apoiei sobre o mercúrio de forma que o fio formou um ângulo maior que a inclinação da agulha. Conectando o mercúrio com um polo [da bateria] e o fio com o outro, ele continuou a rodar e continuou rodando enquanto a conexão era mantida. Mudando a conexão, a direção do movimento também mudou (FARADAY in: MARTINS, 1949, p. 40-41, tradução nossa).

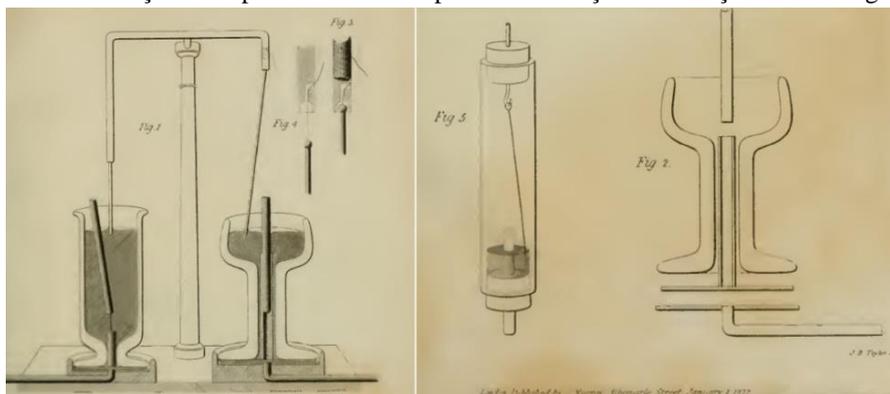
Suas observações e discussões nesses quatro dias de experimentos, principalmente em relação à rotação eletromagnética a partir do magnetismo terrestre, foram apresentadas e descritas em seu artigo intitulado *Note on new electro-magnetical motions* [Nota sobre novos movimentos eletromagnéticos], publicado no ano seguinte, no 12º volume (Nº. XXIV) do periódico *The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts* (p. 416-21). De maneira geral, Faraday (1822, p. 418-419, tradução nossa) acabou concluindo que:

A tendência, portanto, do fio girar em círculo ao redor do polo da Terra, é evidente, e a direção do movimento é precisamente a mesma como apontada nos experimentos anteriores [...] A direção do movimento foi, como esperado, a mesma que aquela dada pelo polo de um ímã apontando para o sul.

Ainda no mesmo volume (Nº. XXIV) do periódico *The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts*, o pesquisador inglês teve mais um artigo publicado, em 1821, sobre o assunto. Agora, esse trabalho intitulado *Description of an electro-magnetical apparatus for the exhibition of rotary motion* [Descrição de um aparato eletromagnético para a exibição do movimento rotativo] (p. 283-5), Faraday descreveu e comentou sobre um aparelho, construído pelo artesão Sr. Newman (DIAS, 2004), para a realização e observação das rotações eletromagnéticas, ou, em suas palavras, “[...] *of the motions of the wire and the pole round each other*” [dos movimentos de um fio e de um

polo magnético em volta um do outro] (FARADAY, 1821, p. 283, tradução nossa). De acordo com Faraday, não se tratava de um aparelho muito grande, mas sim delicado e sensível, assim como ele mesmo o descreveu: “Este aparato pode ser muito reduzido no tamanho, e feito muito mais delicado e sensível” (FARADAY, 1821, p. 187, tradução nossa).

Figura 9 – Ilustrações do aparato construído para a observação das rotações eletromagnéticas.



Fonte: Compilação do autor¹⁰.

Após essas suas primeiras contribuições, Faraday publicou, em 1823, um *Historical statement respecting electro-magnetic rotation* [Declaração histórica a respeito da rotação eletromagnética], no 15º volume (Nº XXX) do *The Quarterly Journal of Science, Literature and the Arts* (p. 288-92). Nesse artigo, Faraday teve como intuito sanar alguns mal-entendidos com o Dr. Wollaston, pois Faraday havia sido acusado de se apropriar de suas teorias, mostrando que seus trabalhos anteriores sobre as rotações eletromagnéticas eram originais e embasados em ideias próprias, sobretudo, seus aparatos para a observação de tais rotações, assim como ele mesmo apontou, escrevendo que: “[...] tem sido dito que eu peguei minhas ideias do Dr. Wollaston. Isto eu nego; e encaminho a seguinte declaração, oferecendo algumas provas sobre este ponto” (FARADAY, 1823, p. 290, tradução nossa).

Em suma, Faraday discorreu e apresentou, de maneira cuidadosa, até mesmo com relação às datas dos acontecimentos, diversos fatores que indicavam a legitimidade de seus trabalhos, dentre eles, a sua própria ignorância quanto às opiniões do Dr. Wollaston no período em questão, fato esse que, de acordo com Faraday, pode ser detectado na própria leitura da primeira parte de seu artigo *Historical Sketch of Electro-*

¹⁰ Imagens retiradas do *Plate VII* referente aos trabalhos de Faraday, contido no 12º volume da revista *The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts*.

magnetism, em especial nas linhas 18 e 19 do parágrafo que conecta as páginas 198 e 199, com a figura 4 (FARADAY, 1823).

Após essas primeiras contribuições de Faraday no Eletromagnetismo, seu envolvimento nessa área se demonstrou um tanto esporádico até 1831, conforme indica o seu próprio diário (MARTINS, 1949), tornando a escrever e publicar sobre o assunto apenas em 1825, com uma breve nota intitulada *Electro-magnetic Current* [Corrente eletromagnética], presente no 19º volume (Nº XXXVIII) *The Quartely Journal of Science, Literature and the Arts* (p. 338), onde descreveu sua busca e crença por uma possível interferência na corrente elétrica em presença de um ímã natural, uma vez que o caso ao contrário acontecia, assim como ele descreveu:

Assim como a corrente de eletricidade, produzida por uma bateria voltaica, quando passada através de um condutor metálico, afeta poderosamente um ímã, tendendo fazer os polos a passarem ao redor do fio, e dessa maneira, movendo massas consideráveis de matéria, era suposto que uma reação seria exercida sobre a corrente elétrica, capaz de produzir algum efeito visível, e a expectativa sendo, por várias razões, de que a aproximação de um poderoso polo magnético diminuísse a corrente de eletricidade, o seguinte experimento foi feito [...] (FARADAY, 1825, p. 338, tradução nossa).

Apesar dos resultados terem sido negativos, e nenhum efeito ter sido observado, Faraday achou relevante apresentar suas observações e conclusões desses experimentos, decidindo publicando-o (FARADAY, 1825). Ainda no mesmo ano, além dessa publicação, Faraday tomou conhecimento e interesse nos experimentos de Arago relacionados ao assunto, e também, realizou uma sequência de três experimentos no mês de novembro, agora já em busca de uma possível indução da corrente elétrica a partir da própria eletricidade, conforme foram descritos por Dias (2004, p. 38):

Experiência I: paralelo a um fio conectado aos polos de uma bateria, estava um segundo fio ligado a um galvanômetro (os dois estavam separados apenas por folhas finas de papel). Experiência II: os polos da bateria foram conectados a um solenoide e foi introduzido neste fio estreito com as extremidades ligadas a um galvanômetro. Experiência III: os polos da bateria foram conectados por um fio estreito, com um solenoide, e as extremidades deste foram ligadas ao galvanômetro.

No entanto, nenhum resultado foi obtido em tais experimentos. Após alguns anos afastados das pesquisas no campo do Eletromagnetismo (como indica seu diário), é possível notar que Faraday ainda não tinha desistido de sua busca pela indução de corrente elétrica, a partir da própria eletricidade ou do magnetismo, pois, relatos de

novos experimentos ficaram registrados em seu diário no dia 22 de abril de 1828, experimentos esses que tinham como objetivo a indução de corrente elétrica a partir de ímãs naturais. Posteriormente, sem nenhuma observação satisfatória, Faraday permaneceu afastado de tal área até o ano de 1831, quando então viria a encontrar o que há anos estava buscando: a indução de corrente elétrica (MARTINS, 1949; DIAS, 2004; THOMPSON, 1898).

5.4 Alguns de seus experimentos e realizações em 1831: a lei de Faraday para a indução eletromagnética

Nesta seção, apresentamos inicialmente os primeiros experimentos realizados por Faraday no ano de 1831, que o levaram a conseguir desenvolver a indução de corrente elétrica, em um primeiro momento a partir da eletricidade voltaica e, posteriormente, a partir do magnetismo comum, assim como é relatado em seu diário.

Na sequência, abordamos e discutimos um pouco mais sobre sua pesquisa realizada ao longo dos meses de setembro a novembro e que também foram de suma importância, junto às suas discussões e conclusões. Esses estudos indicam e mostram um aprofundamento por parte de Faraday no assunto, uma vez que passou a realizar experimentos mais refinados e detalhados, possibilitando que ele chegasse a uma sequência de resultados e observações positivas. Essa sua sequência de realizações, além de estar presente em seu diário, também foi apresentada (não de maneira idêntica) ao mundo em seu primeiro artigo da sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, lido em 24 de novembro de 1831, e publicado em 1 de janeiro de 1832 no periódico *Philosophical Transactions*.

Figura 10 – Ilustração de Michael Faraday em seu laboratório na Royal Institution.



Fonte: JONES, 1870, n.p.

Por fim, apresentamos a lei de Indução Eletromagnética, assim como escrita por Faraday na época, lei que foi enunciada ao final de seu primeiro artigo da série supracitada e que ainda permaneceu sendo citada por ele até em seus últimos trabalhos na área, indicando que ela tenha permanecido de forma íntegra e consistente desde sua elaboração, sem alterações ou possíveis arrependimentos por parte Faraday, uma vez que ele ainda a considerava fidedignamente após 20 anos de sua publicação.

5.4.1 O seu primeiro contato com a indução de corrente elétrica

Após suas últimas tentativas da indução de corrente elétrica, tanto por meio de outra corrente elétrica quanto por meio de ímãs naturais, realizadas em 1825 e 1828, Faraday retornou ao assunto apenas no ano de 1831, no entanto, dessa vez com resultados positivos. Foi no dia 29 de agosto de 1831, conforme indica seu diário de laboratório, que Faraday obteve sucesso em seus experimentos, e teve assim, o seu primeiro contato (ou que pelo menos ficou registrado) com indução de corrente elétrica, pois até então, nenhum indício de seu retorno a tal área tinha sido relatado (MARTINS, 1949; JONES, 1870; DIAS, 2004). Em seu diário, o relato desse dia em especial se iniciou da seguinte forma:

1. Expts. Sobre a produção de eletricidade a partir do magnetismo, etc. etc. 2. Foi feito um anel de ferro [doce], com cerca de 7/8 polegadas de espessura e 6 polegadas de diâmetro interno. Diversas bobinas de fio de cobre foram enroladas em uma metade do anel, as bobinas foram separadas por guita [um tipo de barbante] e chita [tecido de algodão] – existiam 3 extensões de fio, cada um com 24 pés de comprimento, e eles poderiam ser conectados em um comprimento ou serem usados separadamente. Cada um foi isolado um do outro. Chamarei este lado do anel de A. Sobre o outro lado, mas separado por um intervalo, foi enrolado fio em 2 pedaços juntos, totalizando aproximadamente um montante de 60 pés de comprimento, a direção sendo como das bobinas anteriores. Este lado se chama B. 3. Foi carregada uma bateria de 10 pares de placas, com 4 polegadas quadradas. Feito a bobina no lado B, suas extremidades foram conectadas a um fio de cobre passando a uma distância e logo acima de uma agulha magnética (3 pés do anel de ferro). Conectado então às extremidades de um dos pedaços do lado A com a bateria; imediatamente um efeito sensível sobre a agulha. Ela oscilou e retornou à sua posição original. Quebrando a conexão do lado A com a bateria, novamente um distúrbio foi percebido na agulha [...] (FARADAY in: MARTINS, 1932-36, p. 367, tradução nossa).

É possível notarmos que logo de início Faraday procurou descrever o experimento (*figura 11*) que o possibilitou realizar seu primeiro desenvolvimento da indução de corrente elétrica, experimento esse que se constituiu, conforme o presente

relato, de um anel de ferro doce (um tipo de ferro com alto índice de pureza) com seis polegadas (~ 15cm) de diâmetro, sendo separado em dois lados, nomeados de lado A e B, onde então cada qual foi enrolado com fio de cobre de tal maneira a formar hélices (bobinas), tendo o devido cuidado de inserir guita (um tipo de barbante) entre os fios das hélices para que não viessem encostar um no outro. O processo foi repetido três vezes no lado A, sobrepondo assim três hélices de 24 pés (~ 7,3m) de fio cada. Já no lado B foram sobrepostas duas hélices de aproximadamente 30 pés (~ 9,14m) de fio cada, totalizando quase 60 pés (~ 18,28m) de extensão quando conectadas umas nas outras.

Figura 11 – Esboço do experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica a partir da eletricidade voltaica (presente em seu diário), e foto do real anel utilizado no mesmo (guardado atualmente no *The Faraday Museum*, em Londres).



Fonte: Compilação do autor¹¹.

Desse modo, ao ligar o lado B em um tipo de galvanômetro, e uma das hélices do lado A em uma bateria de 10 placas, com 4 polegadas quadradas (~ 25cm²) cada, o cientista britânico pôde assim observar um fenômeno inédito, ou seja, a geração de eletricidade a partir da própria eletricidade (voltaica), uma vez que a agulha do galvanômetro acabou sofrendo uma deflexão, indicando a passagem de corrente elétrica no lado B. No entanto, a corrente induzida não se apresentou de maneira contínua, pois só era observada nos momentos em que era feita ou rompida a ligação do lado A com a bateria.

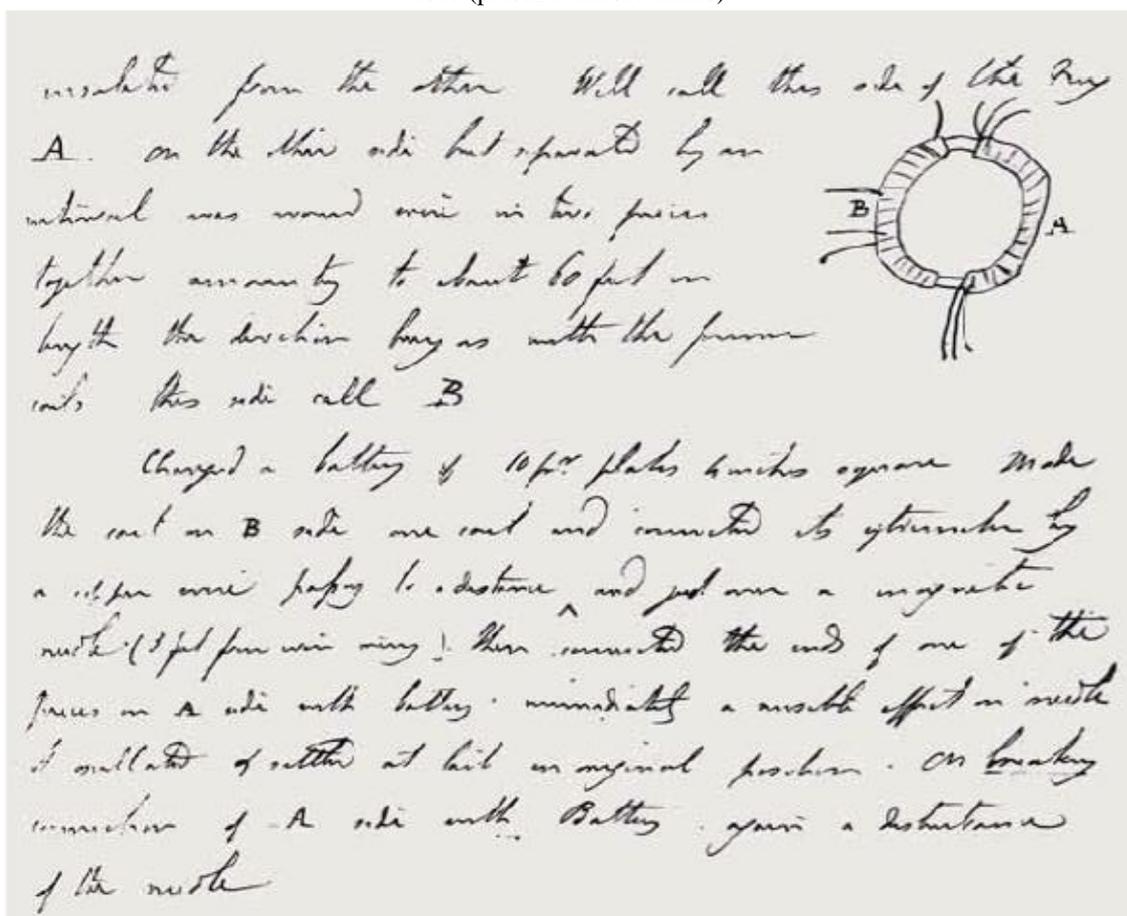
¹¹ Imagens retiradas do diário de Faraday (in: MARTINS, 1932-36, p. 367) e do site da *The Royal Institution*. Disponível em: <<https://www.rigb.org/our-history/iconic-objects/iconic-objects-list/faraday-ring>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Logo em seguida, ao juntar as extremidades dos enrolamentos do lado A, formando uma única hélice (de aproximadamente 72 pés), Faraday conseguiu detectar um efeito muito mais forte do que antes. Após algumas outras modificações do experimento, o pesquisador inglês descreveu suas observações da seguinte maneira:

Quando tudo estava pronto, no momento em que a bateria foi ligada com ambas as extremidades do fio no lado A, a agulha foi fortemente atraída, depois de poucas vibrações ela retornou ao seu estado de repouso em sua posição original; e então, quebrando a conexão com a bateria, a agulha foi fortemente repelida, e depois de poucas vibrações ela tornou a repousar na mesma posição como antes (FARADAY in: MARTINS, 1932-36, p. 367, tradução nossa).

Assim, quando mantida a conexão do lado A com a bateria, nenhum efeito era observado, fazendo a agulha retornar à sua posição original.

Figura 12 – Trecho do manuscrito de Faraday com relação à descrição do experimento do anel de ferro doce (presente em seu diário).



Fonte: MARTINS, 1932-36, p. 366.

É importante salientar que essa sua primeira realização da indução de corrente elétrica se deu a partir da eletricidade voltaica, e não do magnetismo comum¹, uma diferenciação que ainda existia na época, e que Faraday tomou o cuidado de respeitá-la no início de sua descoberta, enquanto suas pesquisas e experimentos ainda não permitiam a ele construir uma visão mais clara, com suas próprias interpretações e conclusões para tais fenômenos, fato esse que ocorreu logo em seguida, com o crescimento de seus estudos.

Apesar de Faraday ter tido esse cuidado quanto à diferenciação dos tipos de indução no início dessa nova etapa de suas pesquisas, cuidado esse que pode ser observado em seu primeiro artigo da série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, onde denominou de *indução eletro-voltaica* a indução de corrente a partir da eletricidade voltaica, e de *indução eletromagnética* a indução de corrente a partir do magnetismo comum (ímãs naturais), até mesmo com a “finalidade de evitar perífrase [ou seja, jogo de palavras, confusão]” (FARADAY, 1832, p. 130, tradução nossa), ao mesmo tempo ele também procurou expressar sua crença de que tais tipos indução deveriam ser de uma mesma natureza, indicando que esse fato poderia até mesmo ser um forte indício a favor da teoria de Ampère, uma vez que ela considerava os fenômenos eletromagnéticos como sendo fenômenos puramente eletrodinâmicos. Sobre isso Faraday escreveu que:

58. A similaridade da ação, quase equivalente à identidade, entre ímãs comuns e eletroímãs ou correntes eletro-voltaicas, está surpreendentemente de acordo com a teoria do Sr. Ampère e a confirma, além de fornecer razões poderosas para acreditar que a ação é a mesma em ambos os casos; mas, como uma distinção na linguagem ainda é necessária, proponho chamar a ação assim exercida pelos ímãs comuns de indução elétrico-magnética ou eletromagnética (26) (FARADAY, 1832, p. 138-9, tradução nossa).

É importante esclarecer que ao escrever esse seu primeiro artigo da série, Faraday já havia desenvolvido de maneira considerável suas pesquisas com relação à indução de corrente elétrica desde sua primeira observação, levando-o a concluir que “[...] mesmo neste inicial da investigação, existem circunstâncias que parecem indicar que, em futuras pesquisas, essa diferença [da indução] irá desaparecer como uma distinção filosófica” (FARADAY, 1832, p. 139, tradução nossa). Sendo uma dessas circunstâncias, a própria semelhança das eletricidades produzida em ambos os casos.

Mais tarde, assim como predito por Faraday, tal distinção de fato desapareceu de suas pesquisas, pois ele passou a atribuir a indução de corrente elétrica como

consequência das *curvas magnéticas* (ou *linhas de força magnéticas*), curvas que estavam presentes tanto em torno de um ímã natural quanto de um fio percorrido por corrente elétrica, assim como dito em seu segundo artigo da série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, também publicado em 1832:

232. Quando uma corrente elétrica é passada através de um fio, esse fio é circundado em toda parte por curvas magnéticas, diminuindo em intensidade de acordo com a distância do fio, e que na ideia pode ser comparado a anéis situados em planos perpendiculares ao fio, ou melhor, a corrente elétrica dentro deles. Essas curvas, embora diferentes em forma, são perfeitamente análogas a aquelas existentes entre dois polos magnéticos opostos [...] (FARADAY, 1832, p. 186-7, tradução nossa).

De início, podemos levantar que o britânico não abriu mão desta sua concepção das *curvas magnéticas*, e defendeu fortemente até em seus últimos trabalhos, como pode ser observado em seu 28º artigo da série, publicado em 1852:

3174. Trazendo neste artigo para um encerramento, eu não posso evitar novamente de expressar minha convicção da veracidade da representação, que a ideia de linhas de força oferece em relação à ação magnética. Todos os pontos que são experimentalmente estabelecidos com relação a essa ação, isto é, tudo o que não é hipotético, parece ser bem e verdadeiramente representados por ela (FARADAY, 1852, p. 55, tradução nossa).

No entanto, afim de não alongarmos a presente secção, trataremos sobre esse assunto, ou seja, as *curvas magnéticas* ou *linhas de forças magnéticas*, de maneira mais aprofundada e detalhada nas próximas secções.

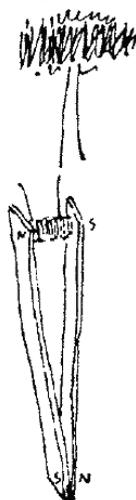
Retornando ao seu diário, ainda em seus relatos dos dias 29 e 30, além da descrição desse primeiro experimento, Faraday ainda descreveu mais alguns outros realizados na busca de conseguir desenvolver a indução de corrente elétrica a partir do magnetismo comum, no entanto, a ausência de resultados positivos, o levou a concluir inicialmente que, “[...] todos os efeitos [da indução] parecem devido apenas à corrente elétrica” (FARADAY in: MARTINS, 1932-36, p. 369, tradução nossa).

Apesar de Faraday não ter conseguido desenvolver a indução de corrente elétrica a partir do magnetismo nesses dois dias de experimentos, ele não desistiu de sua busca, e no mês de setembro, em específico, no dia 24, ao realizar novas pesquisas, Faraday conseguiu sua primeira (como tudo indica) indução de eletricidade a partir de ímãs naturais (MARTINS, 1949; THOMPSON, 1898). É possível observar que nesse dia o pesquisador inglês realizou diversas tentativas, assim como foram descritas em seu

diário, no entanto, foi apenas ao final dessa série de experimentos que a indução eletromagnética, literalmente, de fato ocorreu.

O experimento em questão, representado pela *figura 13*, se constituiu de duas barras magnéticas (um tanto achatadas) posicionadas em forma de V, com as polaridades invertidas em relação uma da outra, ficando as barras encostadas em uma das extremidades. Na extremidade em que as barras ficaram afastadas, foi inserido um cilindro de ferro circundado por uma hélice de cobre, que por sua vez foi conectado a um galvanômetro. Então, ao mover repetitivamente os polos N e S (os que ficaram afastados) para trás e para frente, de tal maneira a quebrar e fazer o contato diversas vezes com o cilindro, Faraday observou o surgimento da uma corrente da corrente elétrica ao longo da bobina, conforme foi indicado pela agulha do galvanômetro (FARADAY in: MARTINS, 1932-36).

Figura 13 – Esboço do experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica a partir do magnetismo comum (presente em seu diário).



Fonte: FARADAY In: MARTINS, 1932-36, p. 372.

Assim, como as demais induções já realizadas por Faraday até então, a mesma também se demonstrou momentânea, caracterizada por um pulso. Essa característica foi apontada por ele em seu relato do experimento, conforme segue abaixo:

33. O cilindro de ferro e hélice L. Todos os fios formaram uma única hélice, e esses conectados com a hélice indicadora, a uma distância, pelo fio de cobre: depois o ferro foi colocado entre os polos da barra magnética, como no experimento anterior e na figura [figura 13]. Toda vez que o contato magnético no N [norte] ou S [sul] era feito ou quebrado, existia movimento magnético na hélice indicadora, sendo o efeito, como nos anteriores, não permanente, mas um mero empurrão ou puxão momentâneo. Mas se a

comunicação elétrica (isto é, pelo fio de cobre) fosse quebrada, então essas disjunções e contatos não produziam efeito algum. Consequentemente, aqui distinta conversão de Magnetismo em Eletricidade (FARADAY in: MARTINS, 1932-36, p. 372, tradução nossa).

É interessante levantar que um dia antes, em uma carta a seu amigo Richard Philips, datada de 23 de setembro de 1831, Faraday escreveu sobre o seu retorno nas pesquisas de Eletromagnetismo, contando que estava com uma nova ideia com relação do por que os metais se demonstravam magnéticos quando estavam em movimento (DIAS, 2004), fato esse que talvez reforce a ideia de que Faraday não tinha ainda conseguido realizar a indução eletromagnética até o momento, mas que não tinha deixado de pensar sobre o assunto. Além disso, seu único relato no diário entre os dias 31 de agosto e dia 24 de setembro, ocorreu somente no dia 12, aonde veio a tratar sobre a construção de algumas bobinas.

Após estes primeiros sucessos em suas pesquisas, os quais marcaram seu primeiro contato com a indução de corrente elétrica, Faraday se empenhou de maneira intensiva nos meses de outubro e novembro, onde realizou diversos outros importantes experimentos que o possibilitaram também observações e realizações inéditas, como por exemplo, a produção de corrente elétrica contínua a partir do magnetismo comum.

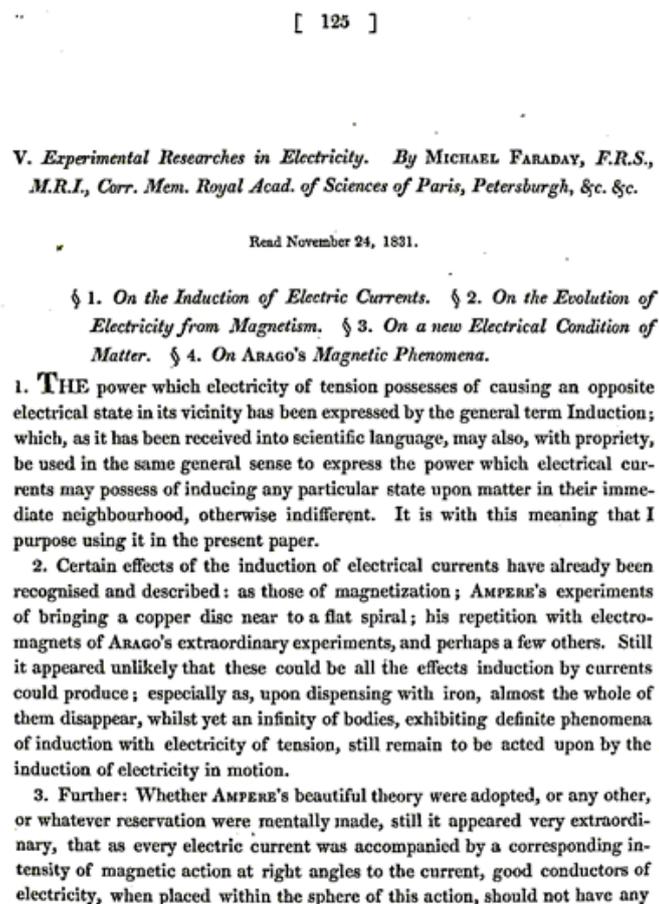
Além de esse episódio ter ficado registrado em seu diário, o mesmo também foi apresentando no primeiro artigo de sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, no entanto, não da mesma maneira, assim como trouxe Faraday ao seu início: “5. Proponho-me descrever esses resultados, não como foram obtidos, mas de maneira a dar a visão mais concisa do conjunto” (FARADAY, 1832, p. 126, tradução nossa), ou seja, Faraday não procurou seguir de forma fidedigna a ordem dos acontecimentos conforme aconteceram, mas de reorganizar e apresentar suas realizações e reflexões de tal forma a deixá-las mais clara possível. A elaboração e apresentação de sua lei para a Indução Eletromagnética fez parte do mesmo, e foi apresentada quase ao final do artigo.

5.4.2 O desenvolvimento de suas pesquisas: um período próspero

Após a apresentação desse primeiro contato de Faraday com a indução de corrente elétrica, e que teve como base as anotações de seu diário, procuramos trazer na presente seção alguns de seus principais experimentos, observações e conclusões

desenvolvidas ao longo dos meses de setembro a novembro, seguindo, nesse momento, a ordem de suas descrições e discussões conforme apresentadas em seu primeiro artigo da série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, que demonstra, sobretudo, o desenvolvimento e o crescimento de suas pesquisas. O artigo em questão foi dividido em quatro tópicos, conforme pode ser observado em sua primeira página:

Figura 14 – Primeiro artigo de Faraday de sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, publicado em 1 de janeiro de 1832.



Fonte: Compilação do autor¹².

É importante levantar que nesse primeiro trabalho, assim como em todos os demais números da série, Faraday manteve a metodologia de enumeração dos parágrafos conforme fazia em seu diário, prática que o possibilitava e facilitava a tarefa de se referir às ideias já descritas. Ao início do artigo, o cientista britânico apresentou as considerações quanto ao seu desenvolvimento da indução de corrente elétrica, onde

¹² Imagem retirada do número 122 da revista *Philosophical Transactions*, publicada em 1832.

revelou sua crença nos resultados obtidos, mesmo sem ter conseguido observá-los durante os anos de buscas:

4. Essas considerações, com suas consequências, a esperança de obter eletricidade a partir do magnetismo comum, estimulou-me em vários momentos a investigar experimentalmente o efeito indutivo de correntes elétricas. Cheguei recentemente a resultados positivos; e não apenas tive minhas esperanças realizadas, mas obtive uma chave que me pareceu possibilitar uma explicação completa dos fenômenos de Arago, e também descobrir um novo estado, que pode, provavelmente, ter grande influência em alguns dos mais importantes efeitos das correntes elétricas (FARADAY, 1832, p. 126, tradução nossa).

No momento seguinte do trabalho, no primeiro tópico *On the Induction of Electric Currents* [Sobre a Indução de Correntes Elétricas], Faraday apresentou, em geral, alguns experimentos que conseguiu realizar a indução eletro-voltaica. Dentre eles, um experimento que o possibilitou induzir corrente elétrica apenas pela simples movimentação de um dos circuitos, assim como descrito:

18. [...] Diversos pés de fio de cobre foram esticados em grandes formas em zig-zague, representando a letra W, sobre uma superfície de uma placa larga; um segundo fio foi esticado de forma precisamente similar sobre uma segunda placa, tal que, quando trazido perto do primeiro [fio], os fios devessem tocar-se em toda parte, exceto que foi interposta uma folha de papelão. Um desses fios foi conectado com o galvanômetro e o outro com uma bateria voltaica. O primeiro fio foi então movido em direção ao segundo e, enquanto se aproximava, a agulha era desviada. Sendo então removido [afastado], a agulha era defletida na direção oposta (FARADAY, 1832, p. 128-9, tradução nossa).

Com este relato, nota-se que Faraday já tinha conseguido realizar a indução de corrente elétrica por meio de outras maneiras além daquela de seu primeiro experimento (do anel de ferro doce) descrito em seu diário (e que foi citado no segundo tópico de seu artigo), ainda de forma momentânea, pois nesse caso, quando o movimento era cessado, a agulha do galvanômetro também retornava a sua posição inicial.

Além disso, desde já Faraday também se preocupou em apresentar as conclusões com relação à direção da corrente induzida¹³ levantando que, para esse experimento em especial, a corrente elétrica induzida era de direção contrária à indutora quando os circuitos se aproximavam, e de mesma direção quando então os mesmos se afastavam (FARADAY, 1832). Essa preocupação com relação à direção das correntes se faz

¹³ A concepção de direção utilizado na época é distinta da atual, pois a ideia que eles tinham de *direção*, hoje é tratada como *sentido*. Desse modo, utilizamos ao longo trabalho a palavra *direção* com a mesma concepção da época.

presente em todo seu trabalho, e também foco de seu segundo artigo da série, sobretudo, em sua lei da Indução Eletromagnética, como veremos mais adiante.

Nesse primeiro momento, foi possível observarmos que o pesquisador inglês decidiu não tratar da indução de corrente elétrica a partir do magnetismo comum, apresentando experimentos e discussões somente com relação à indução de corrente elétrica a partir da eletricidade voltaica - tanto por meio da ligação ou rompimento do primeiro circuito com a bateria, quanto a partir dos seus simples movimentos -, e também, da eletricidade de tensão (ou comum), aquela gerada pela garrafa de Leyden (descarga de cargas elétricas estáticas), o que o levou de início a concluir que, apesar de existirem diferenças entre os efeitos de indução produzidos por tais tipos de eletricidade, ainda sim se demonstravam um tanto análogos (FARADAY, 1832). Ao final, após as observações proporcionadas pelos experimentos então apresentados, Faraday (1832, p. 130, tradução nossa) concluiu que:

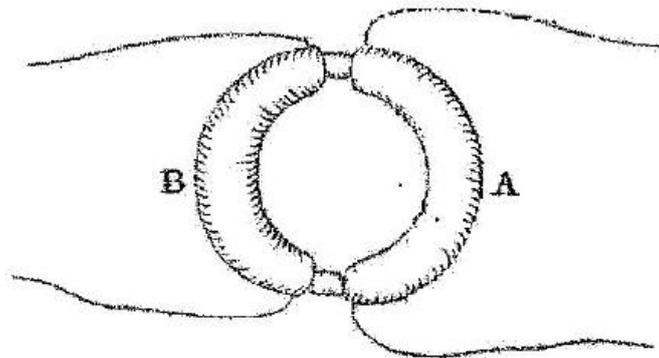
26. [...] O resultado é a produção de outras correntes, (mas que são apenas momentâneas), paralelas, ou tendendo ao paralelismo, com a corrente indutora. Pela referência aos polos da agulha formada na hélice indicadora (13, 14) e às deflexões da agulha do galvanômetro (11), foi encontrado em todos os casos [de indução] que a corrente induzida, produzida pela primeira ação da corrente indutora, era em direção contrária a essa última, mas que a corrente produzida pela cessação da corrente indutora era na mesma direção [da corrente indutora] (19).

Por fim, Faraday ainda definiu nesse seu último parágrafo a *indução eletro-voltaica* como sendo então a indução a partir da eletricidade voltaica, pois, como já mencionado, inicialmente ele procurou tomar o cuidado com relação aos tipos de induções observadas, caracterizando-as principalmente por suas fontes. É interessante levantar também que talvez Faraday tenha iniciado seu artigo apresentando apenas a indução eletro-voltaica, devido esta ter sido a primeira indução observada por ele, tentando assim, seguir alguma ordem quanto às suas observações, por mais que não tenham sido de maneira idêntica conforme ocorreram.

Após essa primeira parte, Faraday iniciou o segundo tópico *On the evolution of Electricity from Magnetism* [Sobre a evolução da Eletricidade a partir do magnetismo], apresentando agora o seu experimento do anel de ferro doce, o qual o possibilitou, assim como indica seu diário, a primeira observação da indução de corrente elétrica. Este foi descrito de maneira semelhante ao de seu diário, no entanto, de maneira mais minuciosa, pois é provável que Faraday tenha repetido outras vezes o experimento, e

com um esboço mais definido (*figura 15*), apresentando agora efeitos que não tinham sido descritos anteriormente, por exemplo, a geração de uma faísca: “32. Usando carvão nas pontas da hélice B, uma minúscula *faísca* pode ser observada quando foi completado o contato da bateria com A” (FARADAY, 1832, p. 132, tradução nossa).

Figura 15 – Ilustração do experimento do anel de ferro doce (presente em seu artigo).



Fonte: FARADAY, 2011, p. 159.

Tal descrição demonstrou mais clareza por parte do cientista britânico em relação os efeitos observados, realizando agora discussões quanto à direção da corrente induzida:

30. [...] A deflexão [da agulha] ao quebrar o contato da bateria era sempre o reverso daquela produzida quando feito o contato. A deflexão, ao fazer o contato da bateria, sempre indicava uma corrente induzida na direção oposta do que a [corrente] da bateria; mas ao quebrar o contato, a deflexão indicava uma corrente na mesma direção do que a [corrente] da bateria (FARADAY, 1832, p. 132, tradução nossa).

De início, Faraday apontou que tais resultados, constituídos do comportamento da corrente induzida, eram comuns a todos os experimentos até então descritos (aqueles que tinham utilização da eletricidade voltaica), e também, similares aos que utilizavam ímãs comuns, apresentados posteriormente.

Na sequência, foi apresentado brevemente mais alguns experimentos de indução eletro-voltaica, e então, ao final foi relatado o experimento no qual Faraday conseguiu desenvolver a indução eletromagnética: o experimento das barras em V. Assim como o experimento do anel de ferro doce, Faraday também trouxe um esboço mais definido do experimento de barras em V, representado na *figura 16*, bem como uma análise sobre a direção da corrente induzida.

Figura 16 – Ilustração do experimento das barras em V (presente em seu artigo).



Fonte: FARADAY, 2011, p. 162.

Assim como os demais, o efeito da indução era momentâneo, ocorrendo apenas nos momentos em que era feito ou rompido o contato dos ímãs com o cilindro de ferro. Quanto à direção da corrente induzida, Faraday concluiu que esta possuía direção oposta à corrente que era necessária para formar um ímã (ou eletroímã) (FARADAY, 1832), ou seja, no momento da indução era observado um comportamento de oposição em relação ao seu indutor.

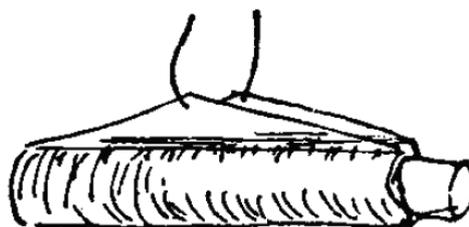
É importante levantar que logo em seguida, Faraday apontou, como nota de rodapé, à dificuldade que muitos tinham de lembrar a direção relativa de uma corrente elétrica e um ímã, sugerindo assim um método, que de acordo com ele, era muito simples e efetivo para se recordar da direção da corrente. Segue abaixo tal método:

[...] Deixe o experimentador pensar que ele está olhando para baixo sobre uma agulha [bússola] de inclinação, ou sobre o polo da Terra e, então, deixe-o pensar sobre a direção do movimento dos ponteiros de um relógio, ou do movimento para frente de um parafuso; correntes nesta direção ao redor de uma agulha a fazer iam em um ímã como a agulha de inclinação, ou elas próprias constituiriam um eletroímã de qualidades similares; ou se trazidas perto de um ímã tenderiam a fazê-lo tomar esta direção; ou seriam elas próprias movidas para aquela posição por um ímã colocado desta maneira; ou na teoria do Sr. Ampère [as correntes] são consideradas como movendo-se nessa direção [sentido] no ímã. Sendo lembrado destes dois pontos da posição da agulha de inclinação e do movimento dos ponteiros do relógio, qualquer outra relação da corrente e do ímã pode ser deduzida a partir deles (FARADAY, 1832, p. 134, tradução nossa).

Outro experimento que foi descrito por Faraday na sequência desse seu trabalho, e que também merece ser aqui abordado, é o experimento referente ao movimento de um ímã no interior de uma hélice (bobina), e que ao longo dos anos foi o que mais ganhou atenção e fama, principalmente entre os livros didáticos, muitas vezes apresentado até de maneira equivocada, uma vez que é associado à sua descoberta da indução eletromagnética. Esse experimento foi realizado por Faraday apenas no dia 17 de outubro de 1831 (MARTINS, 1949; DIAS, 2004), ou seja, quase 20 dias após de sua primeira observação da indução eletromagnética.

De acordo com a descrição em seu diário, o experimento representado na Figura 17 foi composto da sobreposição de 8 hélices de cobre em um cilindro oco de papel com $6\frac{1}{2}$ polegadas ($\sim 22,86\text{cm}$) de comprimento, onde as hélices foram conectadas umas às outras, totalizando um comprimento de 220 pés ($\sim 67\text{m}$) de fio que, por sua vez, foi conectado a um galvanômetro. O diâmetro interno do cilindro de papel era de $\frac{13}{16}$ polegadas ($\sim 2,06\text{cm}$), já o externo era de $1\frac{1}{2}$ polegadas ($\sim 3,81\text{cm}$) (FARADAY, 1831 in: MARTINS, 1932-1936).

Figura 17 – Esboço do experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica a partir do movimento de um ímã no interior de uma hélice (presente em seu diário).



Fonte: FARADAY In: MARTINS, 1932-36, p. 376.

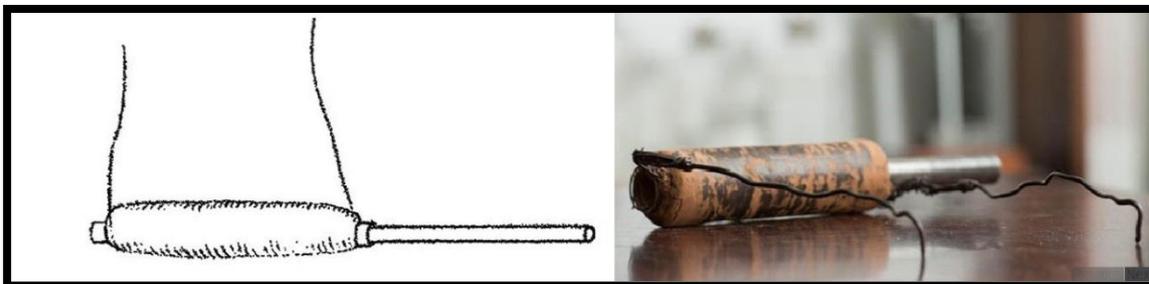
Feito esse arranjo, ao inserir no conjunto de hélices uma das extremidades de um ímã cilíndrico com $\frac{3}{4}$ polegadas de diâmetro, e depois empurrá-lo por inteiro rapidamente, Faraday observou que “[...] a agulha do galvanômetro moveu-se – então [quando] puxado [o ímã] para fora, novamente a agulha moveu-se, mas em direção oposta [da primeira]” (FARADAY in: MARTINS, 1932-36, p. 376, tradução nossa), concluindo que o efeito, ou a “onda de eletricidade”, era observado toda vez que o ímã fosse inserido e retirado de dentro do conjunto de hélices. Com esse feito, o cientista britânico tinha acabado de desenvolver o mecanismo do gerador e motor elétrico.

Já em seu relato contido no artigo, Faraday fez um *link* direto com o experimento das barras em V (é possível que Faraday tenha refeito os experimentos nessa mesma ordem, em busca de aprimorar suas observações e organizar as ideias), trazendo logo na sequência que o cilindro de ferro doce utilizado no mesmo, fora então removido do conjunto de hélices (mesmo conjunto de hélices que descrito em seu diário, ou seja, 8 hélices sobrepostas contendo ao todo 220 pés de fio), e em seu lugar fora colocado:

39. [...] um ímã cilíndrico com diâmetro de três quartos de polegada e oito polegadas e meia de comprimento. Uma extremidade desse ímã foi introduzida no eixo da hélice (Figura 18), e então, a agulha do galvanômetro estando imóvel, o ímã foi subitamente empurrado para dentro [da hélice]; imediatamente, a agulha foi defletida na mesma direção, como se o ímã tivesse sido formado por qualquer um dos dois processos anteriores (34, 36). Sendo deixado dentro [da hélice], a agulha retornava a sua posição inicial, e então, o ímã sendo retirado, a agulha era defletida na direção oposta. Esses efeitos não eram grandes, mas, introduzindo e retirando o ímã, de modo que o impulso de cada vez deveria ser adicionado àqueles previamente transmitidos para a agulha, podia-se fazer a agulha vibrar através de um arco de 180° ou mais (FARADAY, 1832, p. 134, tradução nossa).

Portanto, com esse experimento Faraday demonstrou estar ciente quanto às condições do movimento para a indução de corrente elétrica, observando que quanto mais rápido fosse, maior seria a deflexão na agulha do galvanômetro. Além disso, discutiu também com relação à direção da corrente induzida, concluindo que quando inserido o ímã no conjunto de hélices a direção era uma, já se fosse empurrado completamente (de tal forma que passasse da metade em diante), ou retirado, a corrente teria uma direção oposta.

Figura 18 - Ilustração do famoso experimento realizado por Faraday em 17 de outubro (presente em seu artigo), e foto real da hélice e do ímã cilíndrico utilizado (guardado atualmente no *The Faraday Museum*, em Londres).



Fonte: Compilação do autor¹⁴.

Após apresentação dos experimentos comentados acima, o pesquisador inglês já comenta sobre a existência de uma lei, elaborada por ele, para descrever o comportamento da indução eletromagnética que estava então sendo apresentado, escrevendo que: “42. Esses efeitos são simples consequências da lei a ser descrita a diante (114)” (FARADAY, 1832, p. 135, tradução nossa).

¹⁴ Imagens retiradas do primeiro artigo de Faraday de sua série Pesquisas Experimentais em Eletricidade (2011, p. 164) e do site da *The Royal Institution*. Disponível em: <<https://www.rigb.org/our-history/ionic-objects/ionic-objects-list/faraday-generator>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Com a descrição de mais alguns experimentos e observações com relação à indução de corrente elétrica a partir do magnetismo comum, Faraday concluiu que a similaridade entre os efeitos gerados pela eletricidade voltaica e os ímãs comuns (ou eletroímãs) era extremamente grande, quase que equivalentes. No entanto, como ainda era necessária uma distinção na linguagem, propôs “[...] chamar a ação assim exercida pelos ímãs comuns de indução *elétrica-magneto* ou *eletromagnética* (26.)” (FARADAY, 1832, p. 139, tradução nossa).

Levantou ainda que a única diferença que chamava a atenção entre tais efeitos estava na rapidez em que ocorria a indução eletro-voltaica, uma vez que na indução eletromagnética era necessário um tempo para sua percepção, mas que existiam indícios para crer que essa diferença entre os tipos de indução viria a desaparecer com o tempo.

No próximo tópico, *On a new Electrical Condition of Matter* [Sobre uma nova condição elétrica da matéria], Faraday abordou uma questão importante e que deve ser aqui levantada. Uma questão muito mais filosófica do que experimental, uma vez que ele mesmo apontou não ter fatos experimentais que a comprovassem. A ideia apresentada por ele nessa parte do trabalho se constitui, em suma, sobre um estado (ou condição) que a matéria de determinados condutores assume, em um primeiro momento, quando está sujeita à indução de corrente elétrica, seja eletro-voltaica ou eletromagnética.

De acordo com o cientista britânico, “[...] essa condição elétrica da matéria não tem sido até agora reconhecida, mas ela provavelmente exerce uma influência muito importante em muitos, se não na maioria dos fenômenos produzidos por correntes de eletricidade” (FARADAY, 1832, p. 139, tradução nossa). Ele a denominou de *estado eletrotônico*.

Faraday acredita que essa condição da matéria “[...] parece ser um estado de tensão, e pode ser considerado como *equivalente* a uma corrente eletricidade [...]” (FARADAY, 1832, p. 142, tradução nossa), crendo, de início, ser um estado exclusivo apenas dos momentos em que a força indutiva está atuando sobre o condutor, caso contrário, tal estado acaba desaparecendo. Posteriormente, Faraday reconhece o surgimento de tal estado simplesmente também a partir da corrente elétrica da bateria voltaica, e não mais apenas um estado exclusivo da indução eletromagnética.

Em alguns momentos, Faraday comenta também sobre uma determinada resistência que o estado eletrotônico teria contra a própria corrente indutora original, ou seja, algum tipo de reação da corrente induzida em busca de produzir certo equilíbrio,

retardando assim a corrente original. Contudo, ao mesmo tempo alega não ter conseguido verificar se esse, de fato, seria o caso (FARADAY, 1832). É curioso notar que essa ideia de Faraday nos remete diretamente à mesma concepção da lei de Lenz que ainda seria apresentada: a ideia de que a corrente induzida tende a se opor à sua indutora, de tal maneira a surgir em um sentido contrário da mesma.

Ao final, Faraday foi além e levantou que o estado eletrotônico estaria relacionado com as partículas que compõem um fio ou qualquer substância condutora percorrida por corrente elétrica, concluindo que:

76. A razão dada com relação aos metais também se entende aos fluidos e todos os condutores, e nos conduz à conclusão de que, quando correntes elétricas são passadas através deles, eles também assumem o estado eletrotônico. Se esse for o caso, sua influência na decomposição voltaica e na transferência dos elementos aos polos, dificilmente pode ser duvidada. No estado eletrotônico, as partículas homogêneas da matéria parecem ter assumido um regular, mas forçado, arranjo elétrico na direção da corrente, que por sua vez produz, se a matéria for indecomponível, uma corrente de retorno; mas em matéria decomponível [condutores], esse estado forçado pode ser suficiente para fazer uma partícula elementar deixar sua [partícula] companheira, com que está uma condição forçada, e se associar com a partícula vizinha similar [...] (FARADAY, 1832, p. 144, tradução nossa).

Com essa conclusão, é possível percebermos a complexidade e o aprofundamento das ideias de Faraday com relação a esse estado peculiar da matéria, nos conduzindo a uma linha de raciocínio muito parecida com o da atual teoria de condutividade elétrica em sólidos, elaborada apenas muito tempo após a morte de Faraday. A ideia então descrita por Faraday, de que a matéria decomponível (condutores), quando constituída desse estado eletrotônico, tenderia fazer uma partícula elementar deixar sua partícula companheira, e se associar com uma partícula vizinha similar, possui certa semelhança (em exercício de raciocínio) quanto à ideia dos elétrons livres de um átomo, elétrons que, de acordo com a atual teoria, estão presentes nos condutores e são os responsáveis pela constituição da corrente elétrica, uma vez que eles possuem a capacidade de “pular” de orbitais (os saltos quânticos) e se associar aos orbitais de átomos vizinhos.

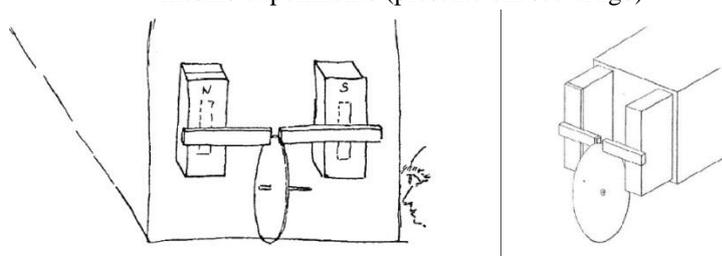
Diante disso, notamos a preocupação de Faraday não só com relação às observações experimentais, mas também quanto a discussões mais filosóficas, na tentativa de buscar explicações e teorias quanto à natureza dos fenômenos, procurando entender os *porquês* dos fenômenos.

Por fim, apresentamos o experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica de maneira contínua a partir do magnetismo comum. O experimento foi descrito por ele no quarto tópico do artigo em questão, *Explication of Arago's Magnetic Phenomena* [Explicação dos fenômenos magnéticos de Arago]. Nesse tópico, Faraday procurou apresentar suas interpretações e explicações com relação ao fenômeno observado por Arago anos atrás, fenômeno esse que já havia lhe chamado à atenção, e que se constituía basicamente da rotação de uma placa de cobre de maneira paralela e próximo de uma agulha imantada (ou imã), acarretando assim, numa tendência da agulha seguir o mesmo movimento da placa (FARADAY, 1832).

Os experimentos realizados por Arago, e que o levaram a observar tal fenômeno, motivaram Faraday na busca de obter uma nova forma de indução eletromagnética, assim como ele mesmo declarou: “83. Ao obter eletricidade a partir de imãs pelos métodos já descritos (36, 46), tinha a esperança de tornar a experiência do Sr. Arago como sendo uma nova fonte de eletricidade [...]” (FARADAY, 1832, p. 147, tradução nossa). Assim, o fenômeno observado por Arago contribuiu para o primeiro sucesso de Faraday na obtenção de corrente elétrica de forma contínua a partir do magnetismo comum, no início ainda com algumas dificuldades de mantê-la totalmente estável, conforme descrito em seu diário no dia 28 de outubro de 1831 (MARTINS, 1949).

Para a realização e o desenvolvimento desse episódio, o cientista britânico, inicialmente, aproximou os polos de um imã composto (imã descrito no parágrafo 44 de seu trabalho) de grande poder magnético, com a inserção horizontal de duas barras de ferro entre eles, ambas com uma polegada (~ 2,54cm) de largura e meia polegada (~ 1,2cm) de espessura, tais barras foram ainda apoiadas por barbante para evitar que escorregassem, conforme mostra a *figura 19* (FARADAY, 1832).

Figura 19 – Na esquerda, esboço do experimento que possibilitou Faraday induzir corrente elétrica de maneira contínua a partir do magnetismo comum (presente em seu diário), e na direita, uma ilustração do mesmo experimento (presente em seu artigo).

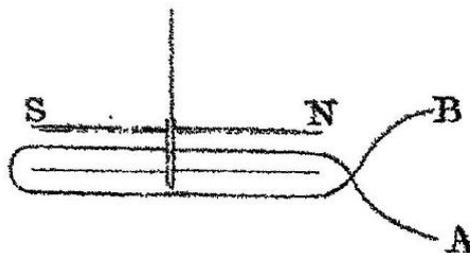


Fonte: Compilação do autor¹⁵.

¹⁵ Imagens retiradas do diário de Faraday (in: MARTINS, 1932-36, p. 381) e também de seu primeiro artigo da série Pesquisas Experimentais em Eletricidade, publicado originalmente em 1832 (2011, p. 181).

Foi então construído um disco de cobre com 12 polegadas (~ 30,48cm) de diâmetro e aproximadamente 1/5 polegadas (~ 0,5cm) de espessura, fixado por um eixo de latão, de tal maneira que permitisse uma rotação fluida do disco. Os condutores (ou coletores) foram feitos de cobre e chumbo. O galvanômetro “[...] foi feito rudemente, mas ainda suficientemente delicado em suas indicações” (FARADAY, 1832, p.148), sendo composto de duas agulhas magnetizadas que atravessavam uma haste seca de grama, ficando assim paralelos uma à outra, mas em direções opostas, como segue na *figura 20*. As letras N e S indicam os polos magnéticos da agulha superior, e todo o conjunto foi mantido dentro de um recipiente de vidro, a uma distância segura do imã para evitar possíveis interferências externas.

Figura 20 – Ilustração do galvanômetro utilizado por Faraday no experimento do disco (presente em seu artigo).



Fonte: FARADAY, 2011, p. 182.

Depois de feito esses preparativos, Faraday posicionou o disco entre os polos do imã de tal maneira que a borda ficasse aproximadamente a metade da largura das barras, conforme representado na *figura 19*. Por último, o pesquisador inglês conectou um dos fios do galvanômetro no eixo do disco, enrolando frouxamente umas três vezes, e o outro fio conectou a um coletor, que por sua vez foi posicionado na borda do disco.

Montado todo esse sistema, Faraday percebeu que quando em repouso, nenhum efeito era observado, mas quando movimentado o disco, a agulha do galvanômetro era influenciada fortemente, podendo ser defletida 90° ou mais, dependendo da velocidade de rotação do disco (FARADAY, 1832). Faraday havia então conseguido desenvolver a indução eletromagnética contínua, apesar das dificuldades desse primeiro momento, pois:

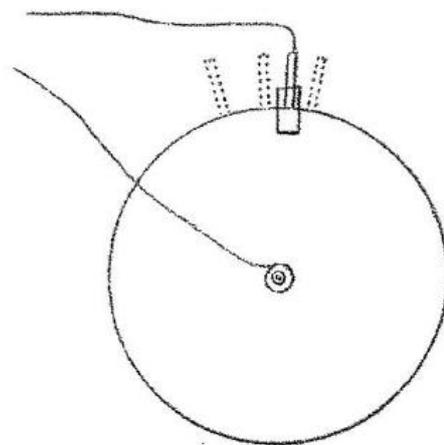
89. Foi difícil, sob tais circunstâncias, fazer o contato entre o condutor e a borda do disco giratório [de maneira] uniformemente bom e extensivo; foi difícil também nos primeiros experimentos obter uma velocidade regular de

rotação: ambos os casos tendiam a reter [manter] a agulha num estado contínuo de vibração (FARADAY, 1832, p. 149, tradução nossa).

No entanto, o pesquisador inglês acrescentou posteriormente que em outras realizações mais cuidadosas do experimento, foi possível manter uma deflexão constante do galvanômetro em 45° , ou seja, a corrente contínua induzida estava agora estável. Com relação à direção da corrente produzida, foi observado que quando o movimento do disco era invertido, a agulha do galvanômetro tendia defletir ao lado oposto com uma mesma intensidade, indicando assim, a produção de uma corrente elétrica inversa da primeira (FARADAY, 1832).

Depois dessa primeira observação, Faraday buscou refazer o experimento alterando alguns fatores, como por exemplo, deslocando o coletor da borda ora para a esquerda, ora para direita (*figura 21*). Nesse caso, foi observado que tal fator não influenciava o desenvolvimento da corrente, nem quanto sua direção em relação ao primeiro desenvolvimento (FARADAY, 1832).

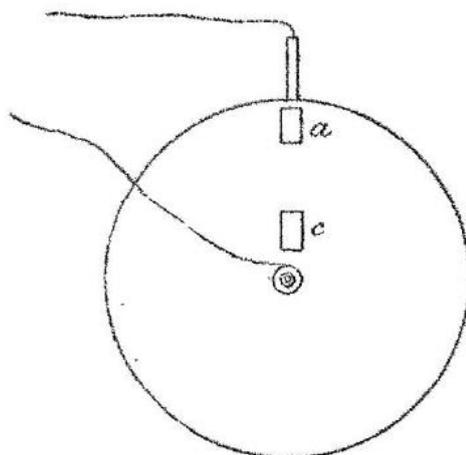
Figura 21 – Ilustração da alteração feita no experimento do disco com relação à posição do coletor.



Fonte: FARADAY, 2011, p. 183.

Além disto, Faraday procurou também levantar o disco de tal maneira que os polos magnéticos ficassem totalmente escondidos, conforme indica a *figura 22*. Nas duas posições, nenhuma alteração do efeito indutivo foi percebida, sendo este ainda produzido na mesma intensidade do que os anteriores (FARADAY, 1832).

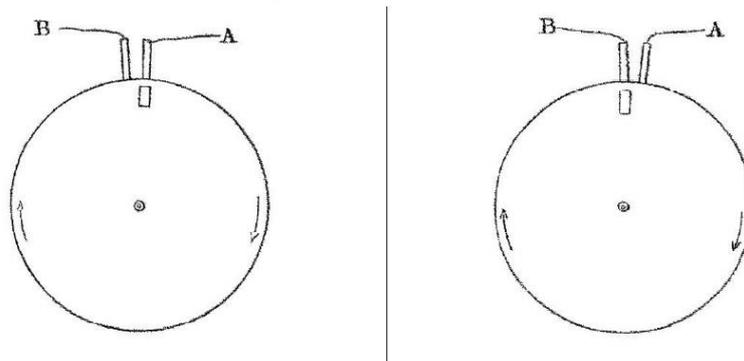
Figura 22 - Ilustração da alteração feita no experimento do disco com relação à altura dos polos magnéticos.



Fonte: FARADAY, 2011, p. 184.

Outra modificação realizada foi conectar os dois fios do galvanômetro em coletores, ambos posicionados na borda do disco. Em um primeiro momento, o coletor direito (A) foi posicionado entre os polos magnéticos e, em seguida, o coletor esquerdo (B) foi então posicionado entre os polos (*figura 23*). Em ambos os casos, a corrente elétrica ainda era produzida (em um aspecto um tanto mais complicado) quando colocado o disco em movimento (FARADAY, 1832).

Figura 23 – Ilustrações das alterações feitas no experimento do disco com relação à posição dos polos magnéticos e dos coletores.



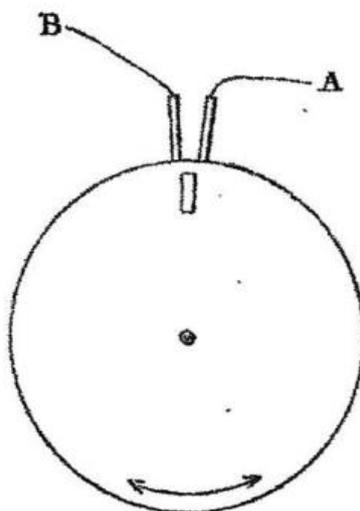
Fonte: Compilação do autor¹⁶.

Além dessas modificações que ainda resultavam na produção de corrente elétrica, todas de maneira similar, houve algumas alterações que não demonstraram efeito indutivo algum, quando, por exemplo, os polos magnéticos foram posicionados entre os coletores de maneira equidistante (*figura 24*), sem importar para qual direção o

¹⁶ Imagens retiradas de seu primeiro artigo da série Pesquisas Experimentais em Eletricidade, publicado originalmente em 1832 (2011, p. 185).

disco fosse movimentado. Assim, nesse caso, nenhuma corrente elétrica pôde ser observada (FARADAY, 1832).

Figura 24 – Ilustração da alteração feita no experimento do disco com relação à posição dos polos magnéticos e dos coletores.



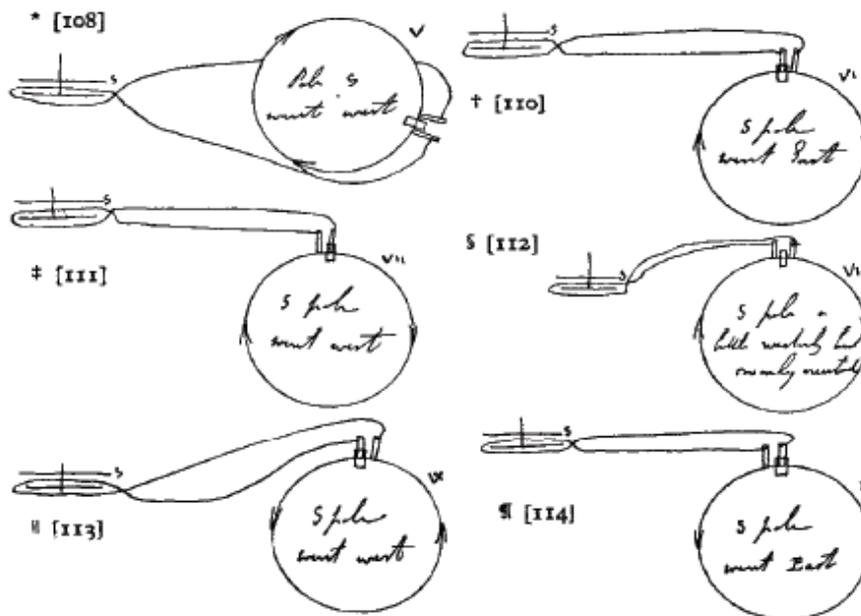
Fonte: FARADAY, 2011, p. 186.

Desse modo, com esse experimento, temos o primeiro momento, ao qual se tem registro, em que Faraday conseguiu desenvolver a indução de corrente elétrica de maneira contínua e estável a partir do magnetismo comum, um importante passo e que também já indicou um grande aprofundamento por parte de Faraday em suas pesquisas na época, apenas dois meses após sua primeira indução de corrente.

Além desse seu sucesso na indução de corrente elétrica de forma contínua, Faraday também buscava entender como ocorriam as relações entre eletricidade e magnetismo, procurando sempre diversas abordagens para seus experimentos, uma diversidade que o possibilitava analisar os fenômenos de inúmeras perspectivas, como é possível notar nesse seu próprio experimento do disco.

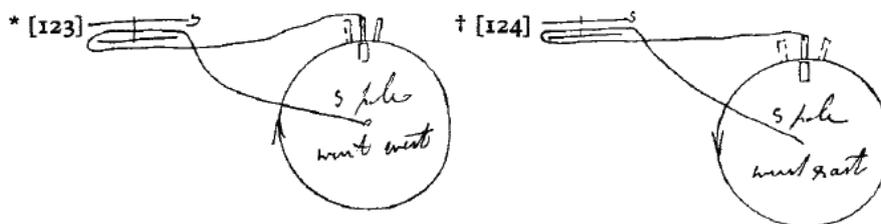
Como já dito, esse experimento também ficou descrito em seu diário de laboratório, no entanto, em uma sequência distinta da que foi apresentada no artigo, fato esse que pode ser percebido por meio de seus primeiros esboços do diário, uma vez que tenham sido enumerados, provavelmente, na ordem nos quais foram realizados. Além disso, os esboços também foram datados, indicando assim a clara diferença quanto às ordens das realizações.

Figura 25 – Esboços das alterações realizadas no experimento no dia 28 de outubro de 1831.



Fonte: FARADAY In: MARTINS, 1932-1936, p. 383.

Figura 26 – Esboços das alterações realizadas no experimento no dia 4 de novembro de 1831.



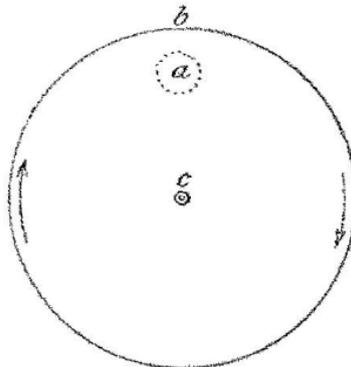
Fonte: FARADAY In: MARTINS, 1932-1936, p. 385.

Posteriormente, Faraday levantou que o experimento do disco realizado era outra maneira de passar um condutor de forma retilínea entre dois polos magnéticos, concluindo que a corrente elétrica então induzida era desenvolvida em uma direção ortogonal (que forma um ângulo de 90°) ao movimento, ou seja, se o disco fosse girado no sentido horário (*figura 27*), com o polo não marcado (polo Sul) abaixo do disco (observando de cima), um dos coletores no centro e o outro na sua borda, a corrente elétrica gerada teria então um caráter radial, num sentido do centro da borda, se apresentando assim, ortogonal (ou transverso) ao movimento do disco, que por sua vez possuía direção tangencial a borda.

De acordo com Faraday, no caso citado acima, a corrente elétrica induzida na borda do disco e na vizinhança é “[...] positiva, enquanto que a coletada no centro C [centro do disco] e em outras partes é negativa (88). As correntes no disco são, portanto,

do centro, passando pelos polos magnéticos, para a circunferência.” (FARADAY, 1832, p. 151, tradução nossa).

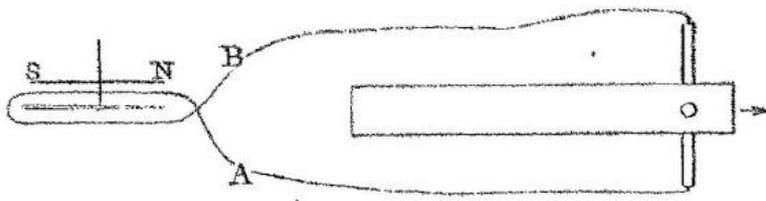
Figura 27 – Esquema para a discussão com relação à direção da corrente elétrica induzida.



Fonte: FARADAY, 2011, p. 187.

Para fortalecer essa ideia da ortogonalidade da corrente elétrica, Faraday apresentou, na sequência, mais um experimento realizado por ele, e que se constituiu do movimento de uma placa de cobre retangular, conforme mostra *figura 28*, em direção retilínea, e com os coletores do galvanômetro conectados a ela, entre os polos magnéticos de um ímã, utilizado no experimento do disco, ou seja, Faraday basicamente substituiu o disco do experimento anterior por uma placa retangular, e passou a realizar movimentos retilíneos. Diversas alterações quanto à posição dos coletores e a direção do movimento da placa foram realizadas posteriormente.

Figura 28 – Ilustração do experimento que se constitui da substituição do disco por uma placa retangular.



Fonte: FARADAY, 2011, p. 188.

Ao final, o pesquisador inglês ficou convencido com relação ao comportamento da indução eletromagnética, e concluiu que:

119. Esses experimentos descritos combinam para provar que, quando um pedaço de metal (e o mesmo pode ser verdade a todas as matérias condutoras) é passado, ou antes, do um único polo [magnético], ou entre os polos opostos de um ímã, ou próximo a polos eletromagnéticos, se ferruginosos ou não, correntes elétricas são produzidas através do metal, [de

maneira] transversal à direção do movimento [...] (FARADAY, 1832, p. 156, tradução nossa).

Com essa visão dos fatos, Faraday apresentou algumas considerações quanto ao fenômeno observado por Arago, levantando que tal fenômeno, o da rotação de um disco na presença de uma agulha imantada ou vice-versa, era gerado por uma corrente elétrica de caráter radial, de forma similar à de seus experimentos, implicando no surgimento de uma força tangencial. Essa força poderia ser decomposta em duas outras: uma paralela ao plano de rotação, e a outra perpendicular a ele. Sendo assim, essa primeira responsável pelo movimento e a segunda, seria uma força repulsiva, sendo provavelmente essa que Arago descobriu (FARADAY, 1832). Desse modo, não seria necessário considerar mais o fenômeno de Arago como sendo:

120. [...] devido à formação no cobre de um polo do tipo oposto a aquele [polo] aproximado, cercado por uma polaridade difusa do mesmo tipo (82); também não é essencial que o disco deva adquirir ou perder seu estado em um tempo finito, e nem, por outro lado, parece necessário que força repulsiva alguma deva ser admitida como a causa da rotação (82) (FARADAY, 1832, p. 156, tradução nossa).

Portanto, com essas realizações, observações e conclusões apresentadas por Faraday ao longo do seu primeiro trabalho da série, e também, os quais ficaram registrados em seu diário, é possível notarmos o quanto Faraday conseguiu desenvolver suas pesquisas desde seu retorno a tal área, no dia 29 de agosto, em um curto período, mas que ficou marcado por muitos resultados positivos que o possibilitaram chegar a importantes feitos, que posteriormente teriam aplicações fundamentais para o desenvolvimento tecnológico.

Além disso, com o estudo de tal episódio, também é possível compreender como se constituiu o seu real processo do desenvolvimento da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, quais foram os primeiros experimentos realizados por ele, suas dificuldades, dúvidas e incertezas, pois não se trata de momentos somente de glória e descobertas causais, assim como geralmente a ciência atual distorcida nos apresenta, mas, sobretudo, de um processo caracterizado por muito esforço, dedicação e persistência.

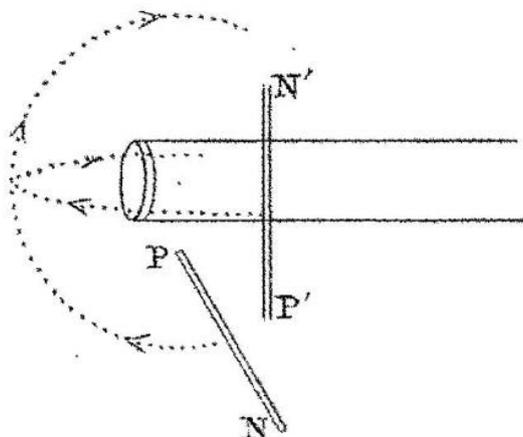
5.4.3 O enunciado de sua lei para indução eletromagnética

O próximo passo de Michael Faraday, após meses de pesquisas, estudos e diversas observações, foi de então elaborar e apresentar uma lei que descrevesse o comportamento da interação eletromagnética, sobretudo, quanto às direções e o caráter ortogonal que a corrente elétrica induzida possuía com relação ao movimento do condutor. Assim, apresentamos na presente secção a lei da Indução Eletromagnética, conforme elaborada por Faraday em 1831, e publicada em 1832.

Logo no início de seu primeiro artigo da série, no parágrafo 42, vimos que Faraday já havia feito questão de citar quanto à existência de uma lei elaborada por ele, levantando que os efeitos da indução de corrente elétrica a partir do magnetismo eram “42 [...] simples consequências da lei a ser descrita adiante (114)” (FARADAY, 1832, p. 135, tradução nossa), ou seja, consequência de uma interação eletromagnética com um determinado comportamento que por sua vez seria então descrito, de modo geral, no parágrafo 114 de seu trabalho. Portanto, esse comportamento da interação eletromagnética, ou melhor, a lei que rege a Indução Eletromagnética, foi assim descrita por Faraday:

114. A relação mantida entre o polo magnético, o fio ou metal em movimento, e a direção da corrente elétrica desenvolvida, isto é, a lei que governa a evolução da eletricidade pela indução eletromagnética, é muito simples, embora difícil de expressar. Se na fig. 24 [*figura 29*], PN representa um fio horizontal passando por um polo marcado, de tal modo que a direção de seu movimento deva coincidir com a linha curvada procedendo de baixo para cima; ou se, seu movimento paralelo a si mesmo seja em uma linha tangencial a da linha curvada, mas na direção geral das setas; ou se ele passa o polo em outras direções, mas de tal modo a cortar as curvas magnéticas* na mesma direção geral, ou sobre o mesmo lado no qual elas seriam cortadas pelo o fio se movimentado ao longo da linha curva pontilhada; então a corrente de eletricidade no fio vai de P para N. Se ele [o fio] for movimento em direção inversa, a [direção da] corrente de eletricidade será de N para P. Ou, se o fio estiver em posição vertical, representado por P’N’, e ele for movimentado em direções similares, coincidindo com a curva horizontal pontilhada, de tal modo a cortar as curvas magnéticas sobre o mesmo lado que ela, a [direção da] corrente será de P’ para N’. Se o fio for considerado uma tangente à superfície curvada do imã cilíndrico, e ele for movimentado ao redor dessa superfície em qualquer outra posição, ou se o próprio imã for girado em torno de seu eixo, de tal modo a trazer qualquer parte oposta ao fio tangente, ainda, se depois o fio for movido nas direções indicadas, à [direção da] corrente de eletricidade será de P para N; ou se ele for movido na direção oposta, de N para P; de modo que, nos diz respeito aos movimentos do fio passados pelo polo, eles podem ser reduzidos a dois [tipos de movimentos], diretamente opostos um ao outro, um deles que produz uma corrente de P para N, e o outro, [uma corrente] de N para P (FARADAY, 1832, p. 154-5, tradução nossa).

Figura 29 – Esquema elaborado por Faraday para a apresentação de sua lei da Indução Eletromagnética (presente no artigo).



Fonte: FARADAY, 2011, p. 194.

De início, é possível notarmos que Faraday conseguiu encontrar (ou construir) e estabelecer uma situação que abrangesse bem a relação entre magnetismo e eletricidade, relação que foi observada ao longo da realização de seus inúmeros experimentos, principalmente quanto às características da corrente elétrica induzida, por exemplo, seu caráter ortogonal ao movimento, fato que ficou bem evidente com o enunciado de sua lei.

O intuito de Faraday com essa lei foi apresentar, de um modo geral, como a indução de corrente elétrica se desenvolve a partir do movimento de um condutor ao redor de um ímã, utilizando o polo magnético marcado (polo Norte). Para isso, ele apresentou, inicialmente, duas situações: a primeira, quando um condutor retilíneo se movimenta horizontalmente em torno do polo magnético, e a segunda, quando o condutor efetua um movimento vertical em torno do mesmo. Ambos foram representados pela *figura 29* e, ao longo da descrição, a direção da corrente elétrica induzida em tais condutores (diferenciado por PN e P'N') foi sendo analisada e apresentada por Faraday, inclusive quando os movimentos eram inversos com relação aos primeiros realizados, representados pelas setas na figura.

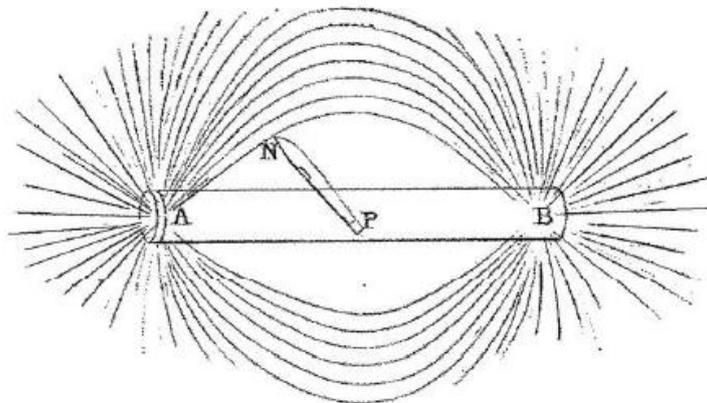
Apesar de sua lei constituir uma descrição um tanto empírica, sem nenhuma formulação matemática, sendo possível até reproduzir tal situação e identificar assim os fenômenos como descritos, ela também possui um caráter um tanto quanto teórico e conceitual, pois Faraday tem como base sua ideia de *curvas magnéticas*, um conceito metafísico, mas com um importante papel na construção e entendimento de sua teoria. Para o cientista britânico, os ímãs naturais, eletroímãs e condutores percorridos por

correntes elétricas, eram circundados por determinadas *curvas magnéticas*, que poderiam ser observadas na presença de limalha de ferro em torno dos mesmos. Assim, como trazido em sua lei, a indução de corrente elétrica viria ocorrer quando um determinado condutor cortasse essas curvas, de tal maneira a passar transversalmente através das mesmas, caso contrário, o efeito indutivo não aparecia.

A sua concepção de *curvas magnéticas*, nesse primeiro momento, foi um tanto confusa e com pouca clareza, sendo tratada brevemente apenas em uma nota de rodapé, assim como descrito: “[...] por curvas magnéticas, eu quero dizer as linhas de forças magnéticas, porém modificadas pela justaposição dos polos, que seriam retratadas por limalhas de ferro; ou aquelas [linhas] para qual a agulha magnética muito pequena, formariam uma tangente” (FARADAY, 1832, p. 154, tradução nossa).

Em suma, essa sua ideia inicial das *curvas magnéticas*, nos remete basicamente à ideia de *linhas de força magnética* que, por sua vez, também não havia ainda clareza quanto sua constituição, mas que novamente poderiam ser detectadas pelas limalhas de ferro na presença delas. Apesar das *curvas magnéticas* não terem sido representadas no esquema que acompanhou sua lei, em outra situação apresentada na sequência, as curvas foram ilustradas com o intuito de deixar sua lei a mais clara possível. Faraday trouxe então um condutor, mais especificamente uma faca, entre os dois polos de um ímã cilíndrico, que foi movimentando de forma a induzir a corrente em diversas direções, sendo agora acompanhado de um esquema, como mostra a *figura 30*, onde estavam representadas as *curvas magnéticas*.

Figura 30 – Ilustração das para as curvas magnéticas em torno de um ímã (presente no artigo).



Fonte: FARADAY, 2011, p. 195.

Apesar da falta de uma definição mais detalhada e compreensível quanto à sua teoria das *curvas magnéticas* ou *linhas de força magnética* neste início, ela foi sendo

melhor tratada e construída ao longo de seus trabalhos, e teve um número de sua série (n° 28) de Pesquisas Experimentais em Eletricidade dedicado somente para o esclarecimento de tal assunto, apesar ter sido redigido apenas quase 20 anos após esse seu primeiro artigo.

Na sequência, no parágrafo seguinte o de sua lei (114), Faraday apontou que, se fosse utilizado um polo não marcado (polo Sul) na descrição de sua lei, o resultado das induções seria quase similar, com exceção à direção das correntes induzidas, que teriam uma direção oposta das correntes elétricas então descritas na presença de um polo marcado (polo Norte). Após a apresentação de sua lei, Faraday concluiu:

116. Consequentemente, a corrente de eletricidade que é excitada no metal quando movimentando nas vizinhanças de um ímã, depende completamente da direção relativa do metal com relação a resultante da ação magnética, ou com as curvas magnéticas [...] (FARADAY, 1832, p. 155, tradução nossa).

Com esta conclusão, é possível notarmos e confirmarmos mais uma vez que para Faraday o processo de indução de corrente elétrica estava intimamente ligado ao seu conceito de *curvas magnéticas*, dando a entender que não se tratava de um mero movimento do condutor em torno do ímã, mas de um movimento perpendicular dentre as *curvas magnéticas* dele, constituindo uma relação fundamental para o surgimento do efeito indutivo. Faraday abordou novamente sobre isso em seu segundo artigo da série, trazendo que “[...] a lei sob qual a corrente elétrica é induzida em corpos movimentados relativamente a ímãs, é feita dependente da interseção das curvas magnéticas pelo metal (114.)” (FARADAY, 1832, p. 186, tradução nossa).

Como já dito, Faraday trouxe posteriormente uma definição mais clara quanto à ideia de suas *linhas de força magnética*, visão e concepção essa que será mais bem abordada e apresentada na próxima seção (5.5) deste trabalho.

Em nossa pesquisa, detectamos 24 citações de Faraday a sua lei ao longo de sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, que apareceu nos parágrafos 43, 122, 140, 149, 150, 161, 166, 173, 182, 231, 235, 236, 240, 244, 2431, 3070, 3089, 3091, 3113, 3173, 3174, 3272 e 3328. O segundo número de sua série, publicado em 1832, e o 28° número, publicado em 1852, foram os números em que Faraday mais retomou a sua lei, referindo-se a ela como, “140 [...] a lei da indução eletromagnética relativa à direção foi estabelecida (114.)” (FARADAY, 1832, p. 163, tradução nossa), “173 [...] sempre sendo conforme a lei formalmente expressada (114.)” (FARADAY, 1832, p. 172,

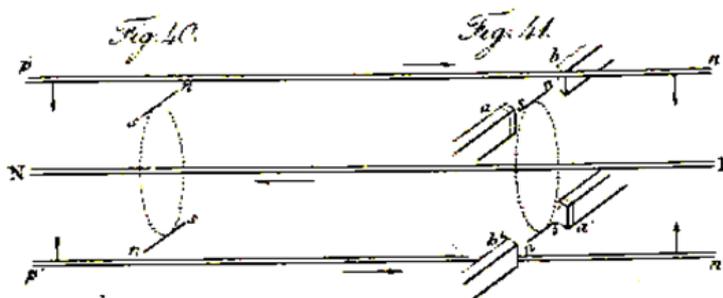
tradução nossa), “3091 [...] ou para a lei geral (114. 3079. note)” (FARADAY, 1852, p. 32, tradução nossa), ou também, “3174 [...], portanto, a lei da indução eletromagnética (114.)” (FARADAY, 1852, p. 55, tradução nossa).

Sua lei também foi retomada em trabalhos posteriores a 1852 que, apesar de tais trabalhos não terem sido mais enumerados explicitamente como sendo da sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, o britânico manteve a sequência dos parágrafos utilizados desde seu primeiro número, dando a entender que tais trabalhos, são uma continuação de sua série. Um deles foi sua obra *On some points of magnetic philosophy* [Sobre alguns pontos da filosofia magnética], publicada em 1855, onde fez referência a sua lei no parágrafo 3328.

Diante disso, é possível notarmos que apesar de Faraday ter continuado desenvolvendo suas pesquisas na área do Eletromagnetismo, apresentando diversos outros experimentos, observações, discussões e conclusões quanto à indução de corrente elétricas, ou em geral, quanto à eletricidade, ele continuou utilizando e considerando a lei para a Indução Eletromagnética então estabelecida (114), até mesmo tendo-a como base, ou seja, uma forma de suporte para o desenvolvimento de futuros trabalhos e reflexões.

Além disso, muitos de seus trabalhos posteriores vieram também a complementar sua lei de alguma forma, como foi o caso de seu segundo artigo da série, publicado 1832, e que trouxe diversas outras discussões e observações, de maneira geral, com relação à força e direção da Indução Eletromagnética, junto às ilustrações e reflexões quanto às *linhas de força magnética* também em torno de um fio percorrido por corrente elétrica, conforme a *figura 31*, reflexões que não apareceram em seu primeiro artigo.

Figura 31 – Ilustração das curvas magnéticas em torno de um fio (presente no artigo).



Fonte: FARADAY, 1832, p. 170.

Portanto, é possível concluirmos que a lei da Indução Eletromagnética elaborada por Faraday em 1831, e publicada em 1 de janeiro de 1832, continuou tendo um grande valor em seus futuros trabalhos, uma vez que permaneceu sendo citada até em seus últimos artigos da área, indicando assim, que Faraday não tenha aberto mão de sua lei, pois após mais de 20 anos, ele ainda se referia à tal lei como sendo a lei da Indução Eletromagnética.

5.5 Uma nova concepção: o *campo* e as *linhas de força magnética* de Faraday

Apresentamos nesta secção sobre uma das fundamentais concepções de Faraday para a estruturação de suas pesquisas, inclusive para o desenvolvimento de sua lei da Indução Eletromagnética, sendo essa, sua ideia de *curvas magnéticas* ou *linhas de força magnética*. Não buscamos seguir a ordem em que tais conceitos surgiram, mas sim, uma sequência que possibilite termos a visão mais clara possível do todo.

Inicialmente, apresentamos a ideia de *campo magnético* de Faraday, um conceito que não esteve presente em seus trabalhos iniciais (talvez não de maneira explícita), mas que, posteriormente, demonstrou possuir uma grande importância em suas discussões, sobretudo, com relação ao magnetismo. Na sequência, é então abordada e apresentada sua ideia sobre as *linhas de força magnética*¹⁷, uma concepção que foi mais bem tratada em um de seus trabalhos publicados em 1852 e que, por sua vez, está inteiramente relacionada à sua ideia de *campo magnético*, assim como veremos adiante.

5.5.1 Sobre seu conceito de campo magnético

Em uma breve introdução, é importante salientar que o surgimento da ideia de um campo, tanto na área do magnetismo, assim como em outras, é anterior a de Faraday. Apesar de o pesquisador inglês ter associado ao termo “campo” uma concepção certamente distinta das que foram até então existentes, fato esse que acarretou na sua grande importância para a área do eletromagnetismo (mesmo com a distorção de sua ideia inicial longo do tempo). A ideia de uma esfera (ou região) de perturbação e influência, o qual poderia ser entendida como sendo um meio de

¹⁷ Com a leitura dos trabalhos de Faraday, é possível notar sua inclinação ao longo de suas pesquisas em utilizar mais o termo *linhas de força magnética* do que *curvas magnéticas*. Por esse motivo, adotamos neste capítulo unicamente a utilização do termo *linhas de força magnética*.

mediação entres os corpos, já era cogitada por alguns pensadores e cientista antes de Faraday, dentre eles, Willian Gilbert (1544-1603), onde ao tratar sobre o magnetismo, em seu livro *De Magnete*, publicado em 1600, trouxe que: “[...] mas sempre que o ferro ou outro corpo magnetizado de tamanho suficiente entra na sua esfera de influência é atraído; no entanto, quanto mais perto estiver a magnetita, maior será a força com que ela o atrai” (GILBERT in: ROCHA, 2009, p. 2). Gilbert adotou essa esfera de influência como sendo uma região aos redores dos ímãs.

Além disso, a ideia de campo como sendo uma função matemática também já estava presente nos antecessores do cientista britânico, em especial, durante o século XVIII. Tal ideia tinha o intuito de estudar e descrever, por meio de equações, um estado interno da matéria contínua, tornando possível a análise do comportamento de fluidos quando em movimento, aplicação essa que tinha um importante papel na época, pois a ideia de fluido estava fortemente presente nas mais diversas áreas, como no estudo da eletricidade e do calor, uma vez que tais grandezas eram entendidas como sendo determinados fluidos (ROCHA, 2009).

Assim, podemos perceber que a ideia inicial de campo como uma grandeza matemática estava diretamente relacionada à existência de matéria, pois se tratava de um conceito elaborado para o estudo do próprio estado da matéria, assim mesmo como trouxe Einstein, levantando que, “[...] este estado de coisas criou uma situação paradoxal, porque o conceito de campo, de acordo com sua origem, parecia restrito a descrever estados no interior de um corpo ponderável” (EINSTEIN in: ROCHA, 2009, p. 8). Caso contrário, sem a presença de matéria, o campo não poderia existir.

Talvez seja esse um dos motivos pelos quais a ideia do éter, um fluido puro, neutro, invisível e que preencheria todo o espaço, tenha ganhado força durante o século XIX, fazendo-se presente em importantes teorias, como na teoria eletromagnética de Maxwell, ou mesmo nas próprias ideias de Faraday, como veremos mais adiante.

Portanto, é possível concluirmos que a existência da ideia de um campo, com as mais diversas e distintas concepções, já se fazia presente antes mesmo de Faraday, no entanto, foi com a sua teoria que ela ganhou um novo contexto e significado, contribuindo para a consolidação desse conceito na ciência, certamente não da mesma forma como apresentada por ele, mas, sem dúvida, servindo como base e inspiração para muitos futuros trabalhos, sobretudo, na área do Eletromagnetismo.

Como levantado, a ideia de *campo* de Faraday, assim como a utilização do próprio termo “campo” no contexto do Eletromagnetismo, não se fez presente em seus

trabalhos iniciais, sendo utilizado, no contexto em questão, pela primeira vez (ou que pelo menos tenha ficado registrado) apenas no dia 7 de novembro de 1845, conforme apareceu em seu diário (ASSIS; RIBEIRO; VANNUNCI, 2009). Posteriormente, o britânico também passou a empregar o termo “campo”, ou melhor, “campo magnético”, em seus trabalhos da série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, no entanto, ainda de uma maneira superficial, sem discussões aprofundadas e detalhadas com relação a essa nova concepção.

Assim, sua primeira utilização do termo em seus artigos foi em seu 20º número da série, publicado em 1846, onde trouxe que: “[...] as extremidades dessas barras [magnéticas] formam os polos opostos de nomes contrários; o campo magnético entre eles pode ser feito de maior ou menor extensão, e a intensidade das linhas de força magnética pode ser proporcionalmente variada” (FARADAY, 1846, p. 22, tradução nossa). É possível notarmos, neste primeiro momento, que Faraday não explicita muito quanto à sua ideia de campo, atribuindo o termo “campo magnético” simplesmente à ideia de uma região entre dois polos magnéticos opostos. No entanto, sem maiores detalhes, ele parece nos remeter a algum tipo de relação com suas *linhas de força magnética*, porém, essa concepção das linhas de força também não havia ganhado uma definição tão clara por parte de Faraday.

Retornando à sua concepção de campo, e que era basicamente utilizada para se referir a um *campo magnético*, Faraday continuou utilizando tal ideia de maneira intensa em seus trabalhos posteriores, mesmo sem ainda ter apresentando uma definição clara e concisa, como pode ser observado em seus artigos de número 20, 21, 22, 23 e 25. Apesar da falta de uma discussão inicial mais aprofundada e reflexiva com relação ao seu conceito de campo, Faraday apresentou, anos depois em seu 26º artigo da série, uma definição mais clara e geral, assim como apontam Assis, Ribeiro e Vannucci, dizendo que “[...] uma clara definição do que ele [Faraday] entendia por um campo magnético, apareceu somente em um artigo lido em 1850 na Royal Society, e publicado em 1851, [7, p. 690, §2806, nossa ênfase]” (2009, p. 35, tradução nossa). Nessa definição, Faraday (1851, p. 31-32, tradução nossa) trouxe então que:

2806. Eu me esforçarei agora para considerar qual é a influência que corpos paramagnéticos e diamagnéticos, visto como condutores (2797), exercem sobre as linhas de força em um campo magnético. Qualquer porção do espaço atravessada pelas linhas de poder magnético pode ser tomada como um campo, e provavelmente, não exista espaço algum sem elas [linhas de força]. A condição do campo pode variar em poder de intensidade, de lugar a lugar,

ou ao longo das linhas ou a cortar elas; mas será melhor assumir para a presente consideração um campo de força igual ao longo, e eu tenho anteriormente descrito como isso pode, em um determinado espaço limitado, ser produzido (2465.). Em tal campo, o poder não varia ou ao longo ou a cortar as linhas, mas a distinção da direção é tão grande e importante como sempre, e já tem sido marcada e expressada pelo o termo axial e equatorial, de acordo como ela é, ou paralela ou transversal ao eixo magnético.

Com essa sua explicação, conseguimos assim compreender melhor qual a concepção do pesquisador inglês atribuída ao termo “campo magnético”, descrito como sendo qualquer região do espaço atravessado (ou preenchido) pelas suas *linhas de força magnética*. Além disso, Faraday levantou também sua crença com relação a essas linhas de força, apontando que talvez não existisse espaço algum sem a presença delas, mas apenas uma variação na intensidade conforme a distância tomada, implicando assim, na variação da intensidade do campo magnético, ou seja, de seu poder magnético.

Apesar de Faraday aparentemente não abordar o termo “campo elétrico” em seus trabalhos, acreditamos que a definição apresentada acima também seja válida, uma vez que ele tenha apresentado sua ideia das *linhas de força elétrica*, nos mostrando assim, que um *campo elétrico* tende a ser uma região do espaço atravessado pelas linhas de forças elétricas, bem como trouxe também Assis, Ribeiro e Vannuncci: “[...] apesar de Faraday não parecer ter utilizado a expressão campo elétrico em seus trabalhos, ele provavelmente entenderia o mesmo como qualquer porção do espaço atravessado por linhas de força elétrica...” (2009, p. 36, tradução nossa). Portanto, podemos associar, de uma forma mais geral, a concepção de campo como sendo basicamente uma região do espaço atravessada por linhas de força.

Concluímos que a ideia de *campo magnético* (ou apenas de campo, se tomando apenas a ideia de linhas de força) de Faraday está totalmente relacionada à sua teoria das *linhas de força magnética*, linhas que também acabaram tendo que receber de sua parte uma definição com mais clareza e formalidade. Essa definição mais clara e formal foi apresentada em seu 28º artigo da série, publicado em 1852. Dessa forma, adentraremos, a seguir, de maneira mais detalhada sobre a concepção de Faraday para suas *linhas de força magnética*, não com o intuito de apenas complementarmos sua concepção de *campo*, mas também, a sua lei da Indução Eletromagnética, juntamente ao contexto em que devem ser consideradas.

5.5.2 Sobre suas linhas de força magnética

Como verificamos na secção 5.4, a ideia de *linhas de força magnética* de Faraday já existia desde seus primeiros trabalhos, fazendo parte inclusive de sua lei da Indução Eletromagnética, publicada em 1832 no seu primeiro artigo da série. No entanto, foi apenas em seu artigo de número 19, publicado em 1846, que apareceu uma explicação mais razoável em relação às definições até então apresentadas por ele.

Nessa sua abordagem, o cientista britânico trouxe também sua ideia quanto às *linhas de força elétrica*, conforme pode ser observado na passagem em questão:

2149. Mas antes de eu prosseguir a elas, eu definirei o significado que eu conecto com certos termos que eu terei que ocasionalmente usar: portanto, por *linha de força magnética*, ou *linha magnética de força*, ou *curva magnética*, eu quero dizer aquele exercício da força magnética que é exercida nas linhas geralmente chamadas de curvas magnéticas, e que igualmente existem tanto do ou para os polos magnéticos, ou formando círculos concêntricos em torno a uma corrente elétrica. Por *linha de força elétrica*, eu quero dizer a força exercida nas linhas que unem dois corpos, agindo cada um no outro de acordo com os princípios da indução eletrostática (1161, &c.), que deve também ou ser linhas curvadas ou retas (FARADAY, 1846, p. 2, tradução nossa).

Nesta definição, apesar de curta, é possível compreendermos um pouco melhor a concepção de Faraday com relação às suas linhas de força, uma concepção que parece estar assim relacionada intimamente com o estado de interação dos corpos, ou seja, com as forças exercidas entre eles. Contudo, a nosso ver, ela ainda se apresenta um pouco vaga e confusa, sem uma visão clara do que de fato seriam tais linhas, pois, ao mesmo tempo em que elas parecem ser uma representação da força, ainda nos remete a algo que poderia ser concreto, ou seja, as linhas descrevendo (ou sendo) algo físico que, apesar de invisível, poderia ser detectado através da presença de limalhas de ferro.

Essa segunda interpretação acaba emergindo do seguinte trecho: “por *linhas de força magnética* [...] eu quero dizer aquele exercício da força magnética que é exercida **nas** [grifo nosso] linhas geralmente chamadas de curvas magnéticas...” (FARADAY, 1846, p. 2, tradução nossa), ou seja, é como se as forças exercidas entre os corpos atuassem em lugares específicos, sendo esses lugares as próprias linhas de força, ou seja, um meio.

Contudo, após a sua teoria das *linhas de força magnética* ter continuado gerando dúvidas e incertezas entre os leitores e a comunidade científica, assim mesmo como Faraday apontou posteriormente, confessando que: “3175. Enquanto escrevia este

artigo, eu percebi que, nas últimas Séries daquelas Pesquisas, Nos. XXV. XXVI. XXVII., eu tenho algumas vezes usado o termo linhas de força tão vagamente, [a ponto] de deixar o leitor duvidoso...” (FARADAY, 1852, p. 55, tradução nossa), ele decidiu dedicar um número de sua série, que foi o mesmo número da citação, especialmente para clarear as ideias que assim constituem tal teoria, tendo em vista a importância em seus trabalhos, junto a forte crença e motivação em continuar a defender sua concepção.

Dessa forma, em 1852, Faraday trouxe diversas reflexões, deixando claro logo no primeiro parágrafo do 28º artigo de sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, que o uso da ideia das *linhas de força magnética*, desde seus primeiros experimentos sobre a relação da eletricidade e magnetismo, tinha sido empregado como uma representação do poder magnético, não apenas em qualidade e direção, mas também em quantidade (FARADAY, 1852). Logo em seguida, no segundo parágrafo, o pesquisador inglês desenvolveu e apresentou várias curtas definições, apontando que a *linha de força magnética* pode ser:

3071. [...] definida como aquela linha que é descrita por uma agulha magnética muito pequena, quando ela é então movida qualquer direção correspondente ao comprimento, a agulha é constantemente uma tangente a linha do movimento; ou é aquela linha ao longo no qual, se um fio transversal for movido em qualquer direção, não existe tendência para a formação de qualquer corrente no fio, enquanto que, se movido em qualquer outra direção existe tal tendência; ou aquela linha que coincide com a direção do eixo magnecristálico de um cristal de bismuto, que é carregado em qualquer direção ao longo dele. A direção dessas linhas sobre e entre ímãs e correntes elétricas, é facilmente representada e entendida, em uma maneira geral, pelo uso comum de limalhas de ferro (FARADAY, 1852, p. 25, tradução nossa).

Percebemos que, nessas primeiras definições, acreditamos que ao tentar tornar mais fácil a visualização das *linhas de força magnética*, Faraday as apresentou a partir de algumas analogias com outras linhas, apontando novamente ao final, as limalhas de ferro como uma maneira simples e geral de representá-las e entendê-las, sobretudo, quanto suas direções, prática essa que já havia sido descrita em seu primeiro artigo.

Na sequência, após ter descrito diversas analogias em busca de definir e identificar as linhas de força e, sobretudo, ressaltar que estavam sendo tratadas como representações das forças, assim como em outras passagens (parágrafos 3073, 3074 etc.), Faraday procurou ser o mais claro e objetivo possível quanto ao seu significado, levantando que:

3075. Eu desejo restringir o significado do termo *linha de força*, de tal modo a implicar nada mais do que a condição da força em qualquer lugar dado, tanto quanto a força e direção; e não incluir (no presente) qualquer ideia com relação à natureza da causa física dos fenômenos; ou ser amarrada com, ou de qualquer forma dependente, a tal ideia (FARADAY, 1852, p. 26, tradução nossa).

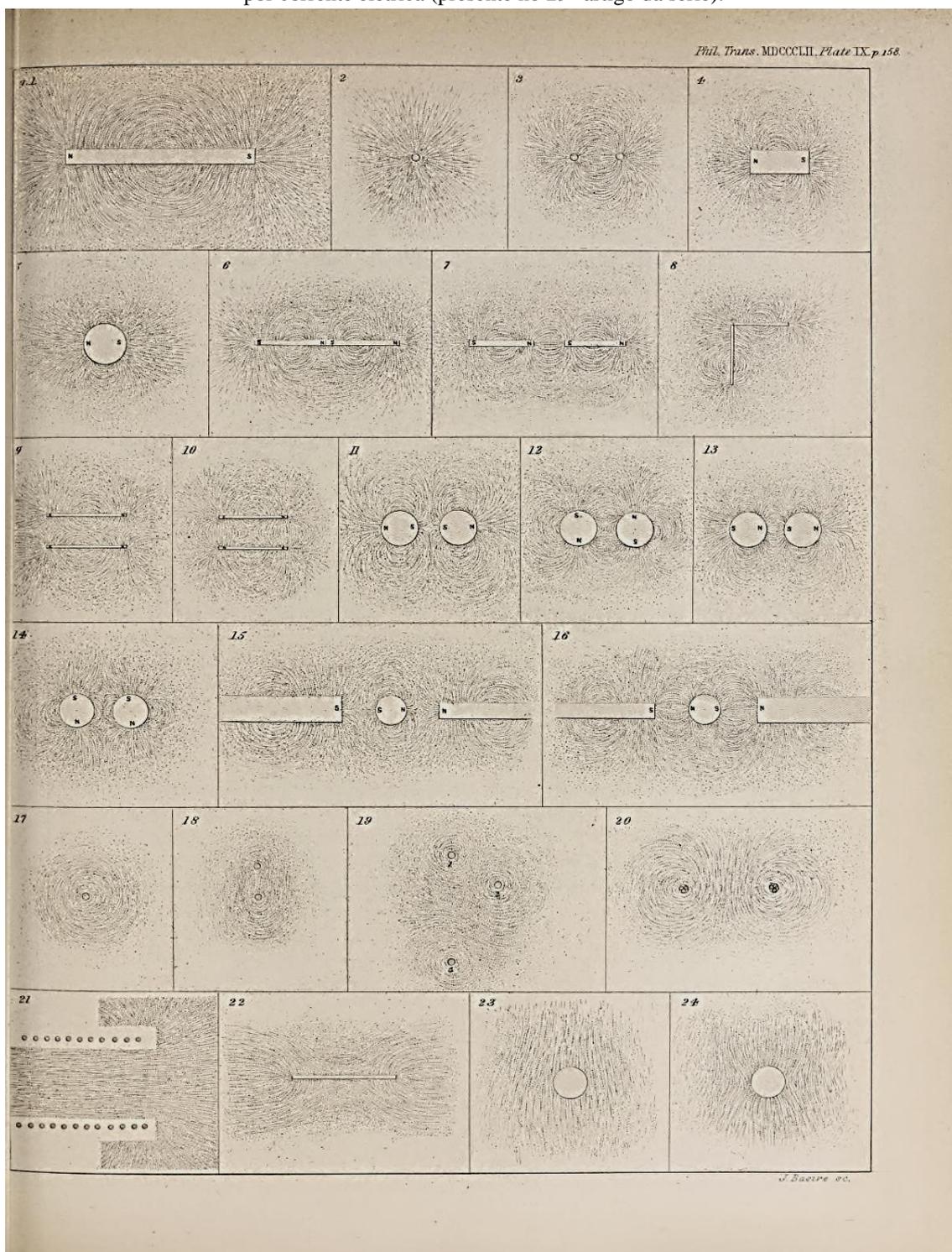
Assim, Faraday atribuiu, reforçou e delimitou, até o momento, a sua ideia das linhas de força como sendo apenas uma representação ou condição da força, uma representação que permitia o estudo tanto em relação às suas direções quanto às suas intensidades que, por vez, poderiam indicar o poder magnético (ou elétrico, quando tratado de linhas de força elétrica) em qualquer ponto a ser analisado.

Portanto, temos até agora uma concepção de campo como sendo qualquer região do espaço preenchida pelas linhas de força, seja magnética ou elétrica, que indicam e representam o poder magnético ou elétrico em tal região, tanto em relação à direção ou intensidade, podendo esse também ser entendido como sendo as forças entre os corpos, ou seja, as linhas de força descrevem as forças magnética ou elétrica que existem em uma determinada região.

No entanto, não paremos por aqui. Iremos mais afundo nas ideias e crenças de Faraday, em especial àquelas que a princípio não parecem ser apresentadas de maneira tão explícita, mas que são essenciais na busca de compreendermos melhor não só a ideia das *linhas de força magnética*, mas também o contexto filosófico (ou conjunto) no qual está imersa.

É possível perceber a cautela de Faraday nesse seu artigo e, por mais que suas crenças com relação a tais linhas (ou ao seu contexto) pudessem ir além de representações de força, ele preferiu restringi-las para o presente trabalho, talvez devido à própria ausência de fatos experimentais que pudessem corroborar com discussões mais aprofundadas em relação às suas ideias, não abordando reflexões mais detalhadas tanto com relação à natureza de suas linhas de força, e quanto dos fenômenos que pudessem estar representando, ou mesmo, a respeito da existência de um possível espaço preenchido por um meio material (para muitos, o *éter*), o qual poderia ser assim o responsável das interações entre os corpos, sendo talvez, as linhas de forças uma representação de um estado desse meio, existindo assim, não só a relação de tais linhas com o poder magnético ou com as forças, mas, sobretudo, com um meio material que preencheria todo o espaço.

Figura 32 – Ilustração de Faraday para as linhas de força magnética em torno de ímãs e fios percorridos por corrente elétrica (presente no 29º artigo da série).



Fonte: FARADAY, 1852, p. 158.

Apesar de Faraday não ter apresentado de maneira tão explícita e convicta suas crenças quanto às possíveis ideias supracitadas, ainda sim, em algumas passagens ao longo do trabalho, junto às suas declarações, nos possibilita desenvolver uma linha de raciocínio que nos leva a crer nisso, como por exemplo, o seguinte trecho: “3073. [...]”

Embora, suas formas [das linhas de forças], tanto as que existem entre dois ou mais centro ou origens de poder magnético, podem variar muito, e também o espaço através do qual elas podem ser traçadas...” (FARADAY, 1852, p. 26, tradução nossa). Nesse momento, parece que Faraday nos aponta sobre sua crença em um meio que abrigaria as *linhas de força magnética*, não necessariamente o éter, mas um meio que assim como as linhas, também teria sua forma alterada, caso contrário, como poderia o vazio (vácuo) ter forma ou até mesmo deformá-lo? Isso parece algo realmente complicado de conceber. Além disso, Faraday trouxe que:

3075. [...] Como a força magnética é transferida através dos corpos ou através do espaço nós não sabemos; se o resultado é meramente ação à distância, como no caso da gravidade; ou por alguma agência intermediária; como nos casos da luz, do calor, da corrente elétrica, e (como eu acredito) da ação eletrostática (FARADAY, 1852, p. 27, tradução nossa).

Com esse trecho, é possível percebermos a crença do cientista britânico com relação à existência de um possível agente mediador no qual seria o mesmo responsável pela transmissão das forças magnética, onde apesar dele não detalhar o que seria de fato esse agente mediador (em sua concepção), existem fortes indícios a considera-lo como sendo (ou precisando de) um meio material, uma vez que a ideia de vazio esteja mais inclinada à ideia da ação à distância. Em trabalhos posteriores Faraday levanta suas discussões e dúvidas com relação a possível ação à distância da gravidade.

Além disso, ele mesmo cogita logo a possibilidade de tal transferência de força ser uma função do éter, relevando novamente estar mais convencido da ideia de uma ação externa do ímã do que na ação à distância, apontando que fosse necessário existir algo ao redor do ímã, pois acaba sendo inconcebível pensarmos em um agente mediador externo considerando ao mesmo tempo a ideia de um vazio. Sobre isso, Faraday concluiu que:

3075. [...] A conclusão geral dos filósofos parece ser que, tais casos [da ação à distância] são de longe os mais numerosos e, da minha própria parte, considerando a relação de um vácuo com a força magnética e o caráter geral dos fenômenos magnéticos externos ao ímã, eu estou mais inclinado à noção de que na transmissão da força exista uma ação externa ao ímã, do que os efeitos serem meramente atração e repulsão à distância. Tal ação [externa] pode ser uma função do éter; pois não é de todo improvável, se houver um éter, ele deve ter outros usos além do simples transporte de radiações (2591. 2787.) (FARADAY, 1852, p. 27, tradução nossa).

Portanto, com esses trechos, é possível desenvolvermos a seguinte linha de raciocínio: se para Faraday a força é transmitida por um agente mediador externo ao ímã, faz-se necessário assim a existência de um meio material para que esse agente possa atuar, ou até mesmo o meio ser o próprio agente, pois, caso contrário, se fosse considerado o vácuo, não seria possível existir esse mediador responsável para a interação dos corpos, uma vez que a própria ideia de vazio já implica que ali nada existe.

Dessa forma, sendo as linhas de força, a princípio, uma representação das forças, e estas sendo transmitidas por um agente mediador, que por sua vez está diretamente relacionado à ideia da existência de um meio material que preencha o espaço, bem como pela possibilidade desse agente poder se constituir de uma própria função do meio, podemos concluir que a concepção de linhas de força também esteja assim relacionada e, necessariamente dependente, da existência desse meio material (físico), ou seja, de um possível *éter*.

Em suma, para o contexto no qual as *linhas de força magnética* de Faraday são consideradas, tão mesmo quanto o conceito de campo, uma vez que o mesmo é definido como sendo um espaço atravessado ou preenchido por tais linhas, faz-se necessário considerar a existência de um meio material que preencha de todo o espaço, seja o *éter* ou não, pois, caso contrário, se consideradas no vácuo (vazio), ambos perderiam o real sentido, uma vez que o vazio nos conduz a ideia de que existe nada, muito menos um agente mediador.

Além destas discussões, reflexões e conclusões já emergentes desse seu trabalho, e que já se constituem fortes evidências para defendermos a crença de Faraday na existência de um meio material que preencha todo o espaço, assim como a necessidade de considerar tal ideia em suas concepções de *campo* e *linhas de força magnética*, é possível encontrarmos em obras posteriores a essa, como em seu artigo *On the Physical Character of the Lines of Magnetic Force* [Sobre o caráter físico das linhas de força magnética], publicado em junho de 1852, mais reflexões que fortalecem e confirmam nossa tese quanto as discussões levantadas acima, ou seja, quanto a filosofia de sua teoria das *linhas de força magnética*.

Ao longo do trabalho supracitado, após Faraday levantar que seu objetivo é “3245. [...] considerar até que ponto o magnetismo é tal uma ação à distância; ou até que ponto ele pode participar da natureza de outros poderes, cujas linhas dependem, para a comunicação da força, de agências físicas intermediárias (3075)” (FARADAY, 1852, p.

403, tradução nossa), é possível observarmos novamente sua inclinação em acreditar na existência de um agente mediador externo para a transmissão da força, crença essa que acaba ficando clara e explícita quando ele afirma ser inconcebível o fato de pensar nas linhas de força sem a existência de um espaço mediador físico, conforme foi descrito por ele no seguinte trecho: “3258. [...] eu não posso conceber as linhas curvadas de força sem as condições de uma existência física naquele espaço intermediário” (FARADAY, 1852, p. 408, tradução nossa).

Ademais, a fim de complementarmos nossa análise, ainda é possível encontrarmos em alguns autores e estudiosos dos trabalhos de Faraday, interpretações e conclusões similares às que foram aqui consideradas, interpretações que também apresentam as *linhas de força magnética* de Faraday como sendo algo a mais, possuindo um sentido mais profundo e um contexto mais complexo, onde seja necessária a existência de um “éter”, para que a essência de sua concepção das linhas de força não seja perdida, uma essência que nos conduza a uma relação de tais linhas a um possível estado particular ou comportamento do meio físico existente.

Sobre o assunto, Maxwell (1873) levanta que: “Faraday, em sua mente, enxergava linhas de força atravessando todo o espaço onde os matemáticos viam centro de forças atrativas à distância: Faraday enxergou um meio onde eles não viam nada além de distância...” (MAXWELL, 1873, p. viii, tradução nossa). Ainda sobre as linhas de força magnética de Faraday, Maxwell (1873) trouxe que:

Em primeiro lugar as linhas de força de Faraday não devem ser consideradas isoladamente, mas sim como um sistema traçado no espaço de uma maneira definida, de tal forma que o número de linhas que atravessam uma área, digamos de uma polegada quadrada, indica a intensidade da força através da mesma. Assim as linhas de força tornam-se bem definidas em número. A intensidade de um polo magnético é medida pelo número de linhas que procedem dele [...] Ele observou que o movimento que a força elétrica ou a magnética tendem a gerar é invariavelmente tal como para encurtar as linhas de força ao mesmo tempo em que permite que se afastem lateralmente umas das outras. Assim ele percebeu no meio um estado de tensão que consiste em uma tração como a que existe em uma corda esticada, na direção das linhas de força, combinada com uma pressão em todas as direções, mas formando um ângulo reto com essas linhas. [...] Essa é uma concepção bastante diferente de ação à distância... (MAXWELL in: ROCHA, 2009, p. 6).

Com a análise de Maxwell é possível percebermos e compreendermos melhor como que as *linhas de força magnética* de Faraday estão relacionadas ao meio físico existente, uma relação constituída das mesmas como sendo uma representação de um possível estado de tensão local, como se o espaço, preenchido por um meio material,

fosse constituído por inúmeros “tubos elásticos” ou realmente linhas (apesar de invisíveis) que pudessem ser deformadas e tensionadas por meio da presença de ímãs e corpos eletrizados. Esse estado de tensão constituiria a interação dos corpos, uma vez que ele pode ser pensando como a consequência de uma função do meio para a transmissão das forças, ou seja, a existência de forças, seja ela uma função do éter ou qualquer outro agente mediador externo e independente, em um determinado local, acaba implicando que tal estado também exista.

Com relação a esse estado (ou condição) do meio, que para muitos na época se tratava do éter, Assis, Ribeiro e Vannucci também apontam que “[...] é interessante notar que Faraday, principalmente a partir de 1851, considerava as linhas de poder magnético como representações do processo local, provavelmente estado do éter, como nós podemos ver na seguinte passagem, [7, p. 759, §3075] [...]” (2009, p. 35, tradução nossa), sendo possível reforçarmos mais uma vez a ideia das linhas de força magnética de Faraday, que também nos remete ao seu conceito de campo, conectadas à necessidade da existência de um meio físico, uma vez que também seriam uma representação de um próprio comportamento desse meio.

Diante destas análises e discussões, é possível concluirmos que, além da concepção das linhas de força magnética de Faraday nos conduzir a uma ideia de representação do poder magnético, ou seja, das forças, elas também nos remete à descrição de um estado do meio, como um estado de tensão, que por sua vez é observado de maneira mais intensa aos redores de ímãs ou corpos eletrizados, e que seria uma consequência da transmissão de forças entre os corpos, podendo ser essa transmissão, de acordo com Faraday, tanto uma função do próprio éter ou agentes mediadores externos e independentes do meio material.

Dessa forma, diante deste cenário, o principal ponto que deve ser destacado é que ao consideramos as *linhas de força magnética*, bem como sua concepção de *campo*, faz-se necessário considerarmos o contexto em que tal ideia está imersa, um contexto que deve levar em conta a existência de um meio físico, um possível éter. Como já visto, Faraday era levado a crer (mesmo sem provas experimentais convincentes), e isso ficou de fato claro, na existência de agentes mediadores externos aos corpos, agentes que seriam responsáveis pela transmissão das forças. Por sua vez, esses nos remete diretamente a necessidade da existência de um meio físico, seja esse agente mediador uma função do próprio meio ou não, pois de qualquer forma, caso contrário, acaba sendo inconcebível a ideia de existir um agente mediador no vazio (ou no vácuo), uma

vez que a própria ideia do vazio já nos implica que nele nada deva existir, cabendo assim, apenas a ação à distância.

Portanto, para finalizarmos esta secção, concluímos que tanto a concepção de Faraday para a sua ideia de *campo magnético* e de *linhas de força magnética*, bem como sua lei da Indução Eletromagnética, deve ser considerada sob a existência de um meio material que preencha todo o universo, uma vez que o britânico também levanta acreditar que não exista espaço algum sem a presença das linhas de força, mudando apenas a intensidade das mesmas, caso contrário, acabam perdendo sua real significância e seus verdadeiros valores filosóficos.

5.6 Algumas das contribuições de Heinrich Lenz e Franz Ernst Neumann ao Eletromagnetismo

Como foi possível observar, a lei de Faraday para a Indução Eletromagnética se constitui mais de uma abordagem empírica, e com aspectos filosóficos, do que de uma abordagem matemática, uma vez que nela não há formulação matemática.

A ausência da matemática em sua lei, assim como na maioria de seus trabalhos, talvez pelo fato de Faraday não ter uma intimidade tão grande com a matemática, assim como ele mesmo relatou em uma carta a Ampère: “[...] eu lamento que minha deficiência em conhecimento matemático me torne incapaz de compreender estes assuntos. Eu sou naturalmente cético em relação às teorias e, portanto, você não deve ficar bravo comigo por não admitir imediatamente esta que você apresentou” (FARADAY in: DIAS, 2004, p. 29). Contudo, Faraday ficou marcado por ser um excelente investigador experimental (apesar de também ter tido intensa uma preocupação com a metafísica), com uma grande minuciosidade, detalhamento e ampla visão dos fatos, fazendo com que ele chegasse a resultados e realizações que até hoje representam um marco no avanço científico e tecnológico.

Dessa forma, tendo em vista o real enunciado da lei de Faraday para a Indução Eletromagnética, apresentamos, de maneira breve nesta secção, algumas contribuições de outros cientistas para o campo do Eletromagnetismo e que são geralmente relacionadas (e de forma equivocada) a Faraday, quando apresentadas, como a lei de Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865) e a matematização da indução de corrente elétrica apresentada por Franz Ernst Neumann (1798-1895).

Em 1834, após a leitura dos trabalhos de Faraday e da realização de alguns experimentos por conta própria, Lenz elaborou a sua lei com relação à indução de corrente elétrica, que ficou conhecida como lei de Lenz. Apesar de Faraday ter tratado inúmeras vezes quanto à direção e o comportamento das correntes elétricas em seu primeiro artigo da série, em sua lei da Indução Eletromagnética, e depois, de uma forma mais geral, também em seu segundo artigo, que abrangeu inclusive com relação à indução eletro-voltaica, Lenz ainda achou que era necessário um enunciado mais amplo quanto ao comportamento da corrente elétrica induzida (DARRIGOL, 2000), e então, enunciou assim sua lei:

A lei para qual o fenômeno eletromagnético é reduzido ao eletromagnético, é a seguinte: quando um condutor metálico [um fio] se move próximo a uma corrente galvânica ou a um ímã, a corrente galvânica é induzida em uma direção tal que essa corrente teria produzido um movimento do fio [supostamente inicialmente] em repouso, em uma direção oposta daquela do movimento atual, desde que o fio em repouso possa somente mover-se na direção do [atual] movimento ou na direção oposta (LENZ in: DARRIGOL, 2000, p. 45, tradução nossa).

Novamente, é importante salientarmos que o enunciado de Lenz já havia sido tratado por Faraday inúmeras vezes ao longo de suas discussões, como apresentado anteriormente, talvez não de maneira tão formal e explícita como trazido por Lenz. No entanto, afirmar que Faraday não trabalhou sobre o comportamento da corrente elétrica induzida em sua lei e suas pesquisas é um sério engano, pois, uma das maiores preocupações de Faraday estava, sobretudo, na compreensão quanto à direção e o comportamento que a corrente elétrica induzida adquiria em relação à corrente indutora.

Após isso, tendo como ponto de partida a lei de Lenz, e posteriormente a teoria de Ampère, Neumann também deixou sua contribuição na área, elaborando assim, sua lei matemática para a indução de corrente elétrica. É importante destacar que Neumann tomou um caminho diferente ao de Faraday (onde se fazia presente o conceito de *linhas de força magnética*) para a elaboração de sua lei matemática da indução de corrente elétrica, e adotou a teoria de Ampère para seus estudos (WHITTAKER, 1910), teoria essa que tinha como princípio a interação eletrodinâmica, ou seja, uma interação entre elementos de correntes elétricas, correntes essas que estavam presentes até mesmo nos próprios ímãs, não havendo assim, a necessidade do magnetismo, pois essas já seriam responsáveis pelos fenômenos que viriam a surgir, como a interação de um fio percorrido corrente e um ímã (ASSIS; CHAIB, 2007).

Inicialmente, Neumann desenvolveu e apresentou uma expressão na qual denominou de *lei elementar*, conforme foi apresentada:

Figura 33 – Expressão matemática de Neumann para a indução de corrente elétrica em fios condutores (na forma diferencial).

$$E \cdot Ds = -\epsilon v F \cdot Ds$$

Fonte: DARRIGOL, 2000, p. 46.

Assumi então $E \cdot Ds$ como sendo a força eletromotriz induzida, orientada pelo Ds , e $F \cdot Ds$ a projeção ao longo do movimento do elemento da força eletrodinâmica, que surgia com a passagem da corrente elétrica (já é possível notar nesta primeira expressão, com a utilização do conceito de força eletrodinâmica, a forte influência da teoria de Ampère sobre a lei de Neumann).

Das observações de Faraday, Neumann sabia sobre a dependência da corrente elétrica induzida com relação à velocidade que o condutor era movimentando, e desse modo, definiu a velocidade como v . Da lei de Lenz, Neumann concluiu que os sinais de $E \cdot Ds$ e $F \cdot Ds$ deveriam ser contrários, apesar de Faraday também tratar sobre essa tendência de oposição da corrente induzida. É importante salientar que esta expressão era válida apenas para a indução de corrente elétrica em um fio (DARRIGOL, 2000), assim, seria sua *lei elementar* uma expressão matemática especialmente para a indução de corrente elétrica em fios quando movimentados na ação de outro fio percorrido por corrente.

Posteriormente, Neumann elaborou e apresentou uma expressão matemática mais ampla e geral, sendo acrescida da resistência do circuito (R) e da integral limitada da variação do tempo, ou seja, ele passou a considerar o intervalo de tempo em que o efeito indutivo era gerado. Além disso, também utilizou de uma integral de linha em sua *lei elementar*, indicando que tal expressão estava diretamente relacionada à corrente elétrica induzida em circuitos fechados, e foi descrita da seguinte forma:

Figura 34 – Expressão matemática de Neumann para a indução de corrente elétrica em circuitos fechados (na forma Integral).

$$J = -\frac{\epsilon}{R} \int_{t_0}^{t_1} dt \oint v F \cdot Ds,$$

Fonte: DARRIGOL, 2000, p. 46.

Foi apenas em 1845, após um bom tempo de estudo, que Neumann enunciou o princípio geral de sua lei matemática para a indução de corrente elétrica, e que estava diretamente relacionado ao seu conceito de potencial, um conceito esse que estabelece a base de sua teoria (DARRIGOL, 2000). De acordo com Darrigol, esse princípio de Neumann nos trouxe que “[...] a integral da força eletromotriz [induzida] em um circuito é dada pela variação de seu potencial, calculado como se a corrente no circuito tivesse a intensidade ε ” (2000, p. 47, tradução nossa), potencial esse que foi definido pela seguinte expressão matemática:

Figura 35 – Expressão matemática de Neumann para sua descrição do potencial.

$$P = -\frac{ii'}{2} \iint \frac{ds ds' \cos \theta}{r},$$

Fonte: DARRIGOL, 2000, p. 47.

Nesta descrição, i e i' são dados como as correntes dos circuitos interagidos um com outro, θ o ângulo entre ds e ds' , que por sua vez representam direção das correntes, e r a distância entre elas. Diante disso, podemos concluir que a lei de Neumann, ou seja, a formulação matemática da indução de corrente elétrica, e que hoje é fortemente e equivocadamente relacionada à lei de Faraday, se organiza basicamente da relação da força eletromotriz com a variação do potencial, ou seja, Neumann representa a força eletromotriz induzida, que indica uma corrente elétrica no circuito, apenas por uma análise inicial e final do sistema, sendo feita a partir da variação do potencial do conjunto que foi elaborado tendo como base a teoria de Ampère, sobretudo, a expressão de força eletrodinâmica (*figura 36*).

Figura 36 – Expressão matemática de Ampère para a força eletrodinâmica.

$$d^2 f = -ii' \frac{ds ds'}{r^2} \left(r \frac{\partial^2 r}{\partial s \partial s'} - \frac{1}{2} \frac{\partial r}{\partial s} \frac{\partial r}{\partial s'} \right).$$

Fonte: DARRIGOL, 2000, p. 26.

Portanto, notamos que a matematização de Neumann para a indução de corrente elétrica está muito mais próxima das ideias de Ampère sobre uma interação

eletrodinâmica, do que realmente das ideias de Faraday, ao contrário de como é atualmente e comumente apresentada, sendo essa largamente associada de maneira errônea à lei de Faraday e a Indução Eletromagnética, isto é, quando ainda mencionada como sendo feito de Neumann.

6. UMA ANÁLISE DA LEI DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE MICHAEL FARADAY EM SITES DA WEB E VÍDEOS DO YOUTUBE

6.1 O contexto da pesquisa

Após a realização da análise histórica-conceitual sobre a lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday (lei de Faraday), realizamos, na sequência, uma pesquisa em busca de analisar e compreender como que essa lei é abordada em sites da web e vídeos do YouTube, identificando os equívocos e distorções presentes na sua enunciação nos ambientes em questão.

Para isso, apresentaremos inicialmente algumas informações de significativa importância para que haja um entendimento mais completo do cenário em que a pesquisa foi realizada, ou seja, o contexto de nossa investigação. Assim, procuramos detalhar ao máximo possível o seu desenvolvimento, discutindo primeiramente sobre o seu ambiente, e posteriormente, com relação aos seus procedimentos e etapas constituintes.

6.1.1 O ambiente

Como já brevemente abordado, o ambiente escolhido para a realização de nossa pesquisa e análise foi a Internet, especialmente em sites da web e vídeos do YouTube que apresentam o conteúdo em questão com uma abordagem direcionada aos alunos do Ensino Médio. Essa nossa escolha partiu principalmente do fato de as tecnologias, assim como o próprio acesso e uso da Internet, estarem cada vez mais difundidas em nossa sociedade, um ambiente que, devido à praticidade, facilidade e comodidade, já faz parte da rotina da maioria das pessoas, inclusive dos alunos, tanto para o lazer quanto para os momentos de estudo.

Além disso, a Internet passou a ocupar um importante espaço no contexto social, modificando não só o modo de pensar e agir das pessoas, mas também, o modo de estudar e adquirir informações e conteúdos. Apresentamos, na próxima seção, os critérios adotados para a seleção dos sites e vídeos que viriam a ser analisados.

6.1.2 Os critérios de seleção

Para esse momento da pesquisa, selecionamos 7 sites da web e 7 vídeos do YouTube utilizando o termo de pesquisa *Lei de Faraday* para ambas as plataformas de pesquisa: o Google e o YouTube.

Para a seleção dos sites, o primeiro critério foi adotar a lista e ordem que o Google nos forneceu, respeitando, posteriormente, o segundo critério que foi de selecionar os sites que traziam uma abordagem do conteúdo direcionada aos alunos do Ensino Médio, ou seja, uma abordagem sem a utilização do Cálculo Diferencial e Integral, matemática essa trabalhada no Ensino Superior. Por fim, o último critério adotado foi selecionar os sites que além dessa abordagem para o Ensino Médio, tivesse contido em seu texto o enunciado e a explicação da lei de Faraday em si, e não apenas aplicações ou resoluções de exercícios de forma isolada.

Os sete primeiros sites que satisfizeram tais critérios foram analisados e 5 deles foram selecionados na primeira rodada de seleção, que ocorreu no mês de abril, e os outros 2 na segunda rodada, ocorrido no mês de outubro.

Para a seleção dos vídeos, o primeiro critério adotado foi o de realizar a busca com o filtro do YouTube “classificar por número de visualizações” ativo, o que nos proporcionou uma lista, em ordem decrescente com relação ao número de visualizações, ou seja, uma lista iniciada com os vídeos mais visualizados até os menos visualizados.

O próximo critério adotado foi considerar apenas os vídeos que continham em seus títulos o termo *Lei de Faraday*, assim como os vídeos que continham uma abordagem do conteúdo direcionada ao Ensino Médio. O terceiro critério foi selecionar os vídeos que trouxessem em suas falas (ou textos) o enunciado e a explicação da lei de Faraday em si, e não somente aplicações para casos específicos, demonstrações de experimentos ou resoluções de exercícios de maneira isolada.

Por fim, com intuito de analisarmos uma maior quantidade de canais possível, o último critério considerado foi o de não selecionarmos mais um vídeo de um mesmo canal. Os sete primeiros vídeos que atenderam a esses critérios foram analisados, dos quais 3 foram selecionados na primeira rodada da seleção, ocorrida no mês de abril, e os outros 4, na segunda rodada de seleção, ocorrida no mês de outubro.

6.1.3 Os sites e vídeos selecionados

Apresentamos agora os 7 sites e vídeos selecionados para a pesquisa, juntos a algumas informações relevantes. Foram nomeados de SITE A, B, C, D, E, F e G os sites da web, e de VÍDEO A, B, C, D, E, F e G os vídeos do YouTube. Essa nomeação foi atribuída com intuito de tornar mais prática e fluida tanto a análise das passagens referentes como leitura, evitando assim, possíveis complicações ou confusões.

SITE A
<p>Nome do site: Toda Matéria</p> <p>Posição do site na página de pesquisa do Google: 2° (No primeiro momento de seleção dos sites, ocorrido no mês de abril)</p> <p>Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio</p> <p>Data/hora de acesso: 29/04/2019 – 10h30min</p> <p>Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR</p> <p>Site buscador utilizado: www.google.com.br</p> <p>Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”</p> <p>Endereço eletrônico: https://www.todamateria.com.br/lei-de-faraday/</p> <p>Título do texto analisado: Lei de Faraday</p>

SITE B
<p>Nome do site: Khan Academy</p> <p>Posição do site na página de pesquisa do Google: 3° (No primeiro momento de seleção dos sites, ocorrido no mês de abril)</p> <p>Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio</p> <p>Data/hora de acesso: 29/04/2019 – 10h32min</p> <p>Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR</p> <p>Site buscador utilizado: www.google.com.br</p> <p>Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”</p>

Endereço eletrônico: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-faradays-law>

Título do texto analisado: O que é Lei de Faraday?

SITE C

Nome do site: Mundo Educação

Posição do site na página de pesquisa do Google: 4° (No primeiro momento de seleção dos sites, ocorrido no mês de abril)

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 29/04/2019 – 10h35min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.google.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/lei-faraday.htm>

Título do texto analisado: Lei de Faraday

SITE D

Nome do site: Só Física

Posição do site na página de pesquisa do Google: 5° (No primeiro momento de seleção dos sites, ocorrido no mês de abril)

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 29/04/2019 – 10h40min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.google.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico:
<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/InducaoMagnetica/leidefaradyneumann.php>

Título do texto analisado: Lei de Faraday-Neumann

SITE E

Nome do site: Info Escola

Posição do site na página de pesquisa do Google: 6° (No primeiro momento de seleção dos sites, ocorrido no mês de abril)

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 29/04/2019 – 10h43min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.google.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://www.infoescola.com/fisica/lei-de-inducao-de-michael-faraday/>

Título do texto analisado: Lei de Indução de Michael Faraday

SITE F

Nome do site: Brasil Escola

Posição do site na página de pesquisa do Google: 4° (No segundo momento de seleção dos sites, ocorrido no mês de outubro)

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 17/10/2019 – 1h05min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.google.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/fluxo-magnetico-lei-faraday.htm>

Título do texto analisado: Fluxo Magnético e a Lei de Faraday

SITE G

Nome do site: Conhecimento Científico

Posição do site na página de pesquisa do Google: 5° (No segundo momento de seleção dos sites, ocorrido no mês de outubro)

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 17/10/2019 – 1h15min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.google.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://conhecimentocientifico.r7.com/lei-de-faraday/>

Título do texto analisado: Lei de Faraday, o que é, contexto histórico e contribuições à humanidade

VÍDEO A

Título do vídeo: Física - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday

Posição do vídeo na página de pesquisa do YouTube: 2° (No primeiro momento de seleção dos vídeos, ocorrido no mês de abril)

Número de visualizações: 157.101 (Na data e hora de acesso)

Duração: 10 minutos e 14 segundos

Data de publicação: 20 de julho de 2012

Nome do canal: Pura Física

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 22/04/2019 – 13h35min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.youtube.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=yuRWx62DV54>

VÍDEO B

Título do vídeo: Lei de Faraday - Indução eletromagnética - Eletromagnetismo Aula 12 - Prof. Marcelo Boaro

Posição do vídeo na página de pesquisa do YouTube: 6° (No primeiro momento de seleção dos vídeos, ocorrido no mês de abril)

Número de visualizações: 113.407 (Na data e hora de acesso)

Duração: 23 minutos e 23 segundos

Data de publicação: 9 de agosto de 2014

Nome do canal: Canal Física

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 22/04/2019 – 13h41min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.youtube.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=dv3Ili8mBvs>

VÍDEO C

Título do vídeo: Indução eletromagnética Lei de Faraday

Posição do vídeo na página de pesquisa do YouTube: 13° (No primeiro momento de seleção dos vídeos, ocorrido no mês de abril)

Número de visualizações: 45.131 (Na data e hora de acesso)

Duração: 3 minutos e 26 segundos

Data de publicação: 7 de setembro de 2011

Nome do canal: Reinaldo Souza

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 22/04/2019 – 13h55min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.youtube.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=M7d7pB0oeLw>

VÍDEO D

Título do vídeo: V-1- Lei de Faraday - introdução

Posição do vídeo na página de pesquisa do YouTube: 23° (No segundo momento de seleção dos vídeos, ocorrido no mês de outubro)

Número de visualizações: 19 717 (Na data e hora de acesso)

Duração: 11 minutos e 52 segundos

Data de publicação: 30 de abril de 2012

Nome do canal: Danilo Claro Zanardi

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 18/10/2019 – 11h01min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.youtube.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=kfV5jItEF20>

VÍDEO E

Título do vídeo: Gerando corrente elétrica com um ímã, lei de Faraday

Posição do vídeo na página de pesquisa do YouTube: 30° (No segundo momento de seleção dos vídeos, que ocorreu no mês de outubro)

Número de visualizações: 14 880 (Na data e hora de acesso)

Duração: 8 minutos e 2 segundos

Data de publicação: 25 de setembro de 2010

Nome do canal: cristonasce

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 18/10/2019 – 11h11min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.youtube.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: https://www.youtube.com/watch?v=ONY4b0W_RVE

VÍDEO F

Título do vídeo: Lei de Faraday-Neumann

Posição do vídeo na página de pesquisa do YouTube: 38° (No segundo momento de seleção dos vídeos, que ocorreu no mês de outubro)

Número de visualizações: 8 892 (Na data e hora de acesso)

Duração: 5 minutos e 4 segundos

Data de publicação: 2 de novembro de 2013

Nome do canal: Kuadro

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 18/10/2019 – 11h31min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.youtube.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=sZuuEKtQzkY>

VÍDEO G

Título do vídeo: Lei de Faraday e Lenz - indução eletromagnética - Magnetismo

Posição do vídeo na página de pesquisa do YouTube: 39° (No segundo momento de seleção dos vídeos, que ocorreu no mês de outubro)

Número de visualizações: 8 845 (Na data e hora de acesso)

Duração: 7 minutos e 48 segundos

Data de publicação: 18 de junho de 2015

Nome do canal: sadao mori

Público alvo do conteúdo: Alunos do Ensino Médio

Data/hora de acesso: 18/10/2019 – 11h45min

Local do acesso à Internet para a pesquisa: Mandaguari – PR

Site buscador utilizado: www.youtube.com.br

Termo de busca utilizado: “Lei de Faraday”

Endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=5Nun2MLz1fM>

6.2 As passagens analisadas: os equívocos presentes na apresentação do conteúdo lei de Faraday

Após a seleção dos sites e vídeos, foi então realizada a leitura e estudo dos conteúdos trazidos por eles, ou seja, uma pesquisa bibliográfica da lei de Faraday nos meios em questão. A fim de detectarmos os equívocos e distorções presentes em tal literatura, realizamos um confronto crítico com a análise histórica-conceitual da lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, análise essa que foi pautada nas obras e trabalhos originais de Faraday com relação ao tema, além de diversas outras obras secundárias de estudiosos dos trabalhos do cientista britânico.

Com o intuito de ser objetivo, sem alongar a presente secção, apresentamos somente as passagens que se destacaram a partir da leitura inicial, e que foram focadas em uma reflexão e discussão mais aprofundadas com relação aos equívocos presentes, principalmente quanto ao enunciado da lei de Faraday. Os textos completos dos sites, assim como as falas dos vídeos (transcrições), foram anexados ao fim deste trabalho, no *Anexo C*.

Optamos por apresentar as discussões e reflexões com relação aos conteúdos apresentados, junto à evidenciação dos equívocos presentes, logo abaixo de cada passagem, de modo que não fiquem distantes um do outro neste trabalho. Dessa forma, segue abaixo o conteúdo da Lei de Faraday apresentado pelos sites e vídeos selecionados e as análises realizadas sobre os equívocos e distorções neles presentes.

6.2.1 Análises e discussões: SITE A

Nesse primeiro site analisado, iniciamos a discussão com a apresentação do enunciado daquilo que seria a lei de Faraday, no entanto, por diversos motivos e fatores, e que serão melhor discutidos ao longo desta análise, utilizamos apenas o termo “seria”. Segue abaixo a primeira passagem selecionada do SITE A:

A Lei de Faraday ou Lei de Indução Eletromagnética enuncia que quando houver variação do fluxo magnético através de um circuito, surgirá nele uma força eletromotriz induzida. Essa lei foi estabelecida por Michael Faraday, em 1831, a partir da descoberta do fenômeno da indução eletromagnética (GOUVEIA, [201-?]).

Nesta a primeira passagem, é possível notarmos que a “lei de Faraday” é constituída de um enunciado objetivo e direto, expresso em poucas linhas. Tomando o real enunciado da lei, publicada em 1832, percebemos o quanto ela está distorcida nesse trecho, sobretudo, na própria linguagem empregada, sendo aqui atribuídos termos e concepções nos quais não foram utilizados no enunciado original, como por exemplo, os termos “variação de fluxo magnético” e “força eletromotriz”, acarretando assim, em um sentido totalmente distinto da lei elaborada e apresentada pelo britânico.

Notamos também que o contexto do enunciado aqui analisado está longe de ser o mesmo apresentando por Faraday, uma vez que a sua lei da Indução Eletromagnética tem como base a sua teoria das *curvas magnéticas* ou *linhas de força magnética*, uma concepção que possui um cenário complexo, principalmente nos aspectos filosóficos, e que devem ser totalmente consideráveis ao tratar da lei de Faraday, caso contrário, ela acaba por perder seu sentido. Ainda, vale salientar que apesar do conceito de fluxo estar associado à ideia de *linhas magnéticas* ou *linhas de campo magnético*, não podemos confundir esta atual concepção com a teoria das *linhas de força magnética* de Faraday, pois, depois de um estudo histórico dos seus trabalhos, é possível notar que tais ideias estão totalmente distintas entre elas, apesar do equívoco existente hoje de associar essa atual ideia de *linhas de campo magnético* como sendo obra de Faraday.

Dessa forma, podemos levantar que o equívoco presente nessa primeira passagem é o de associar tal enunciado (ou lei) como sendo a lei de Faraday, ou seja, confundir a presente lei com a real lei da Indução Eletromagnética desenvolvida por Faraday, em 1831, uma vez que, novamente, ela se demonstra totalmente divergente com relação à apresentada no trecho acima, tanto pela incoerência dos termos utilizados quanto pelo próprio objetivo e contexto de sua lei.

A segunda passagem que nos chamou a atenção foi com relação à expressão matemática na qual a lei de Faraday foi associada, sendo levantando que: “A fórmula matemática que representa a lei de Faraday, como é utilizada atualmente, foi concebida pelo físico Alemão Franz Ernst Neumann, é indicada como [figura 37]...” (GOUVEIA, [201-?]).

Figura 37 – Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE A.

$$\epsilon = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

Fonte: GOUVEIA, [201-?].

Neste segundo trecho, é apresentada uma leitura matemática da então “lei de Faraday”, no entanto, como visto acima, devido ao enunciado da lei estar totalmente equivocada nos mais diversos aspectos, inclusive de não ser a lei do cientista britânico, tal expressão matemática também acaba sendo associada de maneira equivocada. Assim, a expressão aqui apresentada não pode ser dita como uma descrição da lei de Faraday, até mesmo porque o objetivo com a sua lei não está associado ao cálculo da intensidade da força eletromotriz (tal conceito é trabalhado por Faraday apenas em dois números de sua série), mas sim em descrever o comportamento da corrente elétrica induzida, tanto com relação ao seu caráter ortogonal ao movimento do condutor quanto ao seu sentido, além de em uma situação específica, ou seja, apenas quando um fio condutor retilíneo fosse movimentado de certa maneira em torno de um dos polos magnéticos de um ímã natural.

Além disso, a partir do estudo da lei elementar de Neumann, podemos notar que mesmo que esta associação da presente expressão matemática aos seus feitos se mostre equivocada, ao tomarmos a real lei matemática de Neumann para a indução de corrente elétrica, percebemos que tanto a linguagem matemática, Cálculo Diferencial e Integral, quanto o próprio princípio estão distintos daqueles propostos por Neumann. O princípio dessa descrição matemática aqui apresentada está intimamente ligado à teoria eletromagnética, ou seja, a intensidade da força eletromotriz é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético, no entanto, o princípio da lei elementar de Neumann tende para a ideia de uma interação eletrodinâmica, uma vez que ele tenha tido como base a teoria eletrodinâmica de Ampère, uma teoria em que se faz ausente à ideia do magnetismo, pois os fenômenos eletromagnéticos são entendidos apenas como fenômenos puramente eletrodinâmicos, ou seja, interação entre elementos de correntes elétricas por meio da ação à distância.

Por fim, na terceira passagem analisada temos:

Com a lei de Faraday é possível determinar o valor da FEM induzida em um circuito e a partir daí podemos encontrar a intensidade da corrente induzida. Contudo, verifica-se que a corrente induzida apresenta sentidos diferentes conforme a variação do fluxo magnético (GOUVEIA, [201-?]).

Neste terceiro trecho, é possível notarmos o equívoco com relação ao objetivo da lei de Faraday, onde ao apresentar as possibilidades que ela proporciona, é feita novamente uma associação equivocada da força eletromotriz com a lei, uma vez que

com seu real enunciado é possível determinarmos apenas o caráter e o sentido da corrente elétrica induzida, ainda em um caso específico, quando um fio retilíneo estiver sendo movimento ao redor de um imã.

Além disso, o conceito de força eletromotriz não faz parte da lei de Faraday, nem mesmo em suas reflexões e conclusões desse período. Portanto, temos que o equívoco aqui está na apresentação do objetivo da lei de Faraday.

6.2.2 Análises e discussões: SITE B

No SITE B, iniciamos a discussão analisando a seguinte passagem: “Aprender o que a Lei de Faraday significa e como usá-la para determinar a força eletromotriz induzida” (KHANACADEMY, [201-?]).

Já de início, é possível detectarmos o primeiro equívoco presente relacionado ao objetivo da lei de Faraday. A lei é apresentada como sendo utilizada para se determinar a força eletromotriz induzida em um determinado local, mas como já visto no real enunciado da lei de Faraday para a Indução Eletromagnética, elaborada em 1831, nada é dito sobre a concepção de força eletromotriz, mas sim, apenas quanto ao comportamento e direção da corrente elétrica induzida, bem como sua característica ortogonal em relação ao movimento. Dessa forma, o equívoco dessa passagem está em apresentar um objetivo completamente distinto da lei de Faraday, associando-a unicamente ao cálculo da intensidade da força eletromotriz induzida.

Na segunda passagem analisada, temos que: “A Lei de Faraday, nomeada assim devido ao físico do século XIX Michael Faraday, relaciona a taxa de variação do fluxo magnético através de uma espira com a magnitude da força eletromotriz \mathcal{E} induzida nela. Essa relação é expressa por [figura 38]...” (KHANACADEMY, [201-?]).

Figura 38 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE B.

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt}$$

Fonte: KHANACADEMY, [201-?].

Nesse enunciado da “lei de Faraday”, notamos novamente a presença de uma definição curta e direta, relacionada a uma expressão matemática que visa exclusivamente o cálculo da força eletromotriz induzida, assim como também apresentado pelo primeiro site analisado.

Como já tratado, essa associação da lei aqui apresentada aos trabalhos de Faraday acaba se constituindo o equívoco em si, uma distorção acarretada por uma série de fatores já discutidos acima, dentre eles, o emprego de uma linguagem na qual não foi utilizada por Faraday em seu real enunciado, como “taxa de variação”, “fluxo magnético” e “força eletromotriz”. Além disso, há divergência entre os objetivos das duas leis, considerando que o enunciado tem como objetivo exclusivamente o cálculo da intensidade da força eletromotriz induzida, enquanto que no enunciado original, Faraday se preocupa com o comportamento e a direção da corrente elétrica induzida, especialmente no momento em que um fio condutor retilíneo é movimentado ao redor do polo magnético de um ímã e quando um fio retilíneo corta de maneira perpendicular as curvas magnéticas.

Ademais, é possível notarmos que até o contexto no qual tais leis estão inseridas é diferente, pois ao tomarmos o verdadeiro contexto no qual a lei de Faraday está imersa, baseada nas *curvas magnéticas* ou *linhas de força magnética*, é necessário considerar a existência de um agente mediador físico entre os corpos, e assim, a consideração da existência de meio físico, um possível éter. Já para a “lei de Faraday” (que podemos chamar apenas de lei da Indução Eletromagnética) apresentada pelo SITE B, o contexto é outro, podendo ser aplicada tanto em um espaço que exista um meio físico ou não. Em outras palavras, a lei aqui apresentada também pode ser considerada no vazio, uma vez que a própria concepção atual de *linhas de campo magnético* se faz distinta das ideias de Faraday e, dessa forma, podem ser consideradas no vácuo. Portanto, temos nesse trecho analisado o sério equívoco de se atribuir a lei aqui apresentada, juntamente da expressão matemática, como sendo a lei de Faraday.

O seguinte trecho focado para uma análise mais aprofundada com relação ao conteúdo apresentado foi o seguinte: “Enquanto a Lei de Faraday nos diz a magnitude do FEM produzida, a Lei de Lenz nos diz a direção que a corrente fluirá. Ela estabelece que essa direção sempre irá se opor à variação do fluxo que a produz” (KHANACADEMY, [201-?]).

Como já discutido anteriormente, a lei de Faraday não está relacionada à força eletromotriz e, ao contrário do que apresentado no texto, umas das maiores

preocupações de Faraday estava em compreender como a corrente elétrica induzida se desenvolvia nas mais diversas situações, se preocupando assim com o seu comportamento e a direção em cada momento observado e analisado. Essa sua preocupação com relação à direção da corrente elétrica induzida fica clara em seus artigos da série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, em especial, em seus dois primeiros números, onde além de Faraday abordar tal aspecto em sua lei (parágrafo 114), ele também realiza discussões e reflexões sobre do início ao fim de desses seus trabalhos.

Dessa forma, o equívoco aqui presente está novamente em associar a lei de Faraday ao conceito de força eletromotriz, assim como o de afirmar que sua lei não possui abordagem alguma em relação à direção da corrente elétrica induzida, e que seria assim necessária a lei de Lenz para determinar sua direção.

Na quarta passagem analisada, nos deparamos com a seguinte afirmação: “A lei de Lenz é tipicamente incorporada na lei de Faraday com um sinal de menos, a inclusão deste permite que o mesmo sistema de coordenadas seja usado por ambos, o fluxo e o FEM” (KHANACADEMY, [201-?]).

No conteúdo aqui apresentado, observamos a incorporação da lei de Lenz na lei de Faraday, porém, essa incorporação apresenta um equívoco, pois, ao considerarmos o real enunciado do cientista britânico, notamos que o comportamento e a direção da corrente elétrica induzida foram discutidas. E como já visto, Faraday também trabalha sobre o comportamento da corrente elétrica induzida de modo mais amplo e detalhado, tanto por um ímã natural quanto por um fio retilíneo percorrido por corrente elétrica, em diversas de suas reflexões e discussões realizadas antes mesmo da enunciação da lei de Lenz, em 1834.

Por fim, na quinta e última passagem analisada temos o seguinte:

O experimento chave que leva Michael Faraday a determinar sua Lei de Faraday foi bem simples. Ele pode ser facilmente replicado com um pouco mais do que os materiais que possuímos em casa. Faraday usou um tubo de papel com fio isolado enrolado ao redor para formar uma bobina. Um voltímetro foi conectado ao redor da bobina e a FEM induzida lida enquanto um ímã era passado através da bobina. A configuração está mostrada na Figura 2 [figura 39] (KHANACADEMY, [201-?]).

Figura 39 – Representação do “experimento de Faraday” apresentada pelo SITE B.

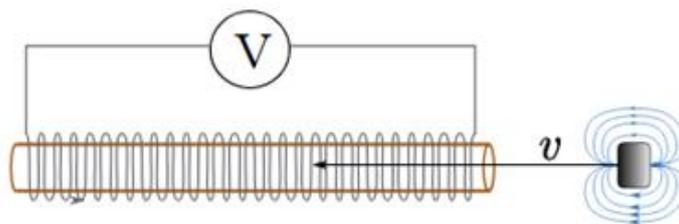


Figura 2: O experimento de Faraday: um ímã é passado através de uma bobina.

Fonte: KHANACADEMY, [201-?].

De início, é possível notarmos que o seguinte trecho se inicia apresentando o que seria o experimento “chave” de Faraday para a determinação de sua lei da Indução Eletromagnética, um fato que está longe de ser verdade, pois, ainda que sua lei tivesse sido apresentada no texto de maneira adequada, como foi elaborada e apresentada por Faraday, ainda sim seria difícil afirmarmos e descrevermos um único experimento, e de forma isolada, como sendo o principal para o desenvolvimento de sua lei. Diante da leitura e estudo dos relatos em seu diário de laboratório do período histórico em questão, assim como de seus primeiros artigos relacionados à indução de corrente elétrica, percebemos um conjunto de importantes experimentos e fatores que o levaram a construir suas reflexões e conclusões sobre o assunto, e que o possibilitou elaborar sua lei da Indução Eletromagnética.

Além disso, outro fato que também deve ser levantando é a forma com a qual o experimento é descrito, e que também se encontra equivocada, pois nele são utilizados termos e conceitos que não fizeram parte do contexto em que o experimento foi realizado, como por exemplo, a ideia de um voltímetro ou a concepção da força eletromotriz induzida, que ainda não fazia parte das discussões de Faraday no período em questão, muito menos de sua lei.

Desse modo, podemos concluir que tanto a afirmação do que seria o experimento chave da “lei de Faraday” apresentada em tal texto, quanto à sua própria descrição, se encontram equivocadas diante da realidade do episódio histórico em questão.

6.2.3 Análises e discussões: SITE C

O terceiro site selecionado para a análise sobre a lei de Faraday apresenta um texto mais reduzido em relação aos demais até então analisados. No entanto, alguns dos seus trechos ainda se demonstraram de modo similar aos já discutidos. A primeira passagem analisada foi a seguinte: “A Lei de Faraday relaciona a força eletromotriz e induzida na espira com a taxa de variação do fluxo magnético através desta espira” (SILVA, [201-?]).

Nesse primeiro trecho, percebemos novamente a “lei de Faraday” apresentada de maneira semelhante em relação aos dois primeiros sites analisados, ou seja, a lei é enunciada de maneira breve, relacionando o conceito de força eletromotriz diretamente com a variação de fluxo magnético em um determinado espaço. Como nos textos anteriores, o equívoco presente está no fato dessa lei ser considerada como sendo a da Indução Eletromagnética desenvolvida por Faraday, em 1831. Esse enunciado não deve ser considerado como o sendo apresentado pela lei do cientista britânico, pelo simples fato da lei aqui apresentada se encontrar totalmente distinta tanto com relação aos termos e concepções utilizadas, quanto ao seu próprio contexto. Uma vez que a Indução Eletromagnética aqui apresentada pode ser considerada no vácuo.

Na sequência, o enunciado da “lei de Faraday” foi assim apresentado: “Assim, a Lei de Faraday enuncia que: O valor da força eletromotriz induzida em uma espira de área A é igual à taxa de variação do fluxo magnético através dessa espira. Matematicamente, a lei de Faraday pode ser escrita como... [figura 40]” (SILVA, [201-?]).

Figura 40 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE C.

$$\varepsilon = \frac{-\Delta\phi}{\Delta t}$$

Fonte: SILVA, [201-?].

Nesse trecho, a lei de Faraday é mais uma vez associada indevidamente ao conceito de FEM e a uma expressão matemática que não condiz com seu real enunciado, conforme os fatos já discutidos anteriormente. Assim, o equívoco presente nesse segundo trecho está em tratar a expressão como sendo a descrição da lei de

Faraday ou como a lei de Faraday-Neumann, fato esse já observado em algumas passagens do SITE A.

Por fim, a última passagem para uma análise mais detalhada apresentou que: “Embora saibamos que a Lei de Faraday nos permite calcular o valor da força eletromotriz induzida, que é responsável pela corrente induzida no circuito, ela não determina o sentido da corrente elétrica” (SILVA, [201-?]). Como já discutido nos trechos acima, é possível notarmos a associação equivocada da lei de Faraday ao cálculo da intensidade da força eletromotriz, uma vez que tal conceito jamais tenha feito parte do real enunciado de sua lei, muito menos a expressão normalmente utilizada hoje em dia para o cálculo da intensidade.

6.2.4 Análises e discussões: SITE D

Iniciando a análise do quarto site selecionado, apresentamos o enunciado da “lei de Faraday” abordado e acompanhado igualmente aos demais sites analisados, por uma expressão dita como a representação matemática da lei de Faraday (*figura 41*):

A lei de Faraday-Neumann relaciona a força eletromotriz gerada entre os terminais de um condutor sujeito à variação de fluxo magnético com o módulo da variação do fluxo em função de um intervalo de tempo em que esta variação acontece, sendo expressa matematicamente por... [*figura 41*] (SÓFÍSICA, [201-?])

Figura 41 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE D.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Fonte: SÓFÍSICA, [201-?].

Percebemos, nessa primeira passagem, a clara distorção com a lei da Indução Eletromagnética como desenvolvida e apresentada por Faraday, respectivamente, em 1831 e 1832. Uma associação está constituída por uma série de equívocos, começando pela própria linguagem empregada e a utilização de conceitos que não fazem parte do real contexto da lei do cientista britânico.

Na lei apresentada pelo SITE D, notamos a presença dos termos “força eletromotriz” e “variação de fluxo magnético”, no entanto, eles ainda estavam sendo desenvolvidos na época, não fazendo parte da lei de Faraday e nem mesmo de seus

primeiros trabalhos após o seu sucesso na indução de corrente elétrica, ocorrido em 1831. Com relação a isso, vale lembrar que em nossa pesquisa detectamos que o termo *electromotive force* [força eletromotriz] foi abordado e trabalhado pelo cientista britânico apenas em seus artigos de número 16 e 17 da sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, ambos publicados em 1840. Já com relação ao termo *magnetic flow* [fluxo magnético] ou apenas *flow* [fluxo], no contexto do magnetismo, não detectamos nenhuma menção ou utilização por parte de Faraday ao longo de sua série, que se estendeu até o ano de 1855, nem mesmo em sua lei da Indução Eletromagnética.

É possível notarmos também um grande distanciamento com relação ao objetivo da lei apresentada pelo SITE D, pois, com a análise histórica realizada e apresentada no capítulo anterior, observamos que a lei de Faraday foi desenvolvida especialmente com o objetivo de descrever o comportamento e a direção (atual concepção de *sentido*) da corrente elétrica induzida quando um condutor retilíneo fosse então movimentado em torno de um dos polos magnéticos de um ímã.

Ainda, vale salientar que, apesar da lei de Faraday ser constituída por situação empírica, ela também possuía uma base filosófica bem sólida, uma vez que não se trata apenas de um simples movimento em torno do ímã, mas de um movimento perpendicular do condutor entre as *linhas de força magnética*, uma teoria imersa em um amplo e complexo contexto filosófico, onde é necessária a consideração da existência de um meio físico que preencha de todo o universo, um possível éter.

Assim, percebemos no real enunciado da lei de Faraday uma grande preocupação quanto à direção e comportamento da corrente elétrica induzida, uma lei imersa em um contexto complexo e que deve ser levado em consideração para que não perca sua real significância e valor. Além do mais, o cientista britânico não trata sobre o cálculo da corrente elétrica induzida em sua lei, muito menos da força eletromotriz, uma vez que não há a presença de matemática e nem mesmo do conceito de *força eletromotriz*. Portanto, entendemos que o equívoco presente nesta primeira passagem é o de caracterizar a lei como sendo a da Indução Eletromagnética de Faraday, pelos diversos motivos já supracitados.

Na segunda e última passagem analisada temos uma associação da lei de Faraday com a lei de Lenz, que é apresentada da seguinte forma: “O sinal negativo da expressão é uma consequência da Lei de Lenz, que diz que a corrente induzida tem um sentido que gera um fluxo induzido oposto ao fluxo indutor” (SÓFÍSICA, [201-?]).

Percebemos nesta passagem um evidente equívoco quando é feita a tal associação, pois assim como já discutido nos sites anteriores, sites que também apresentaram esse mesmo equívoco, a lei de Faraday busca antes de qualquer coisa descrever o comportamento e a direção da corrente elétrica induzida, já que a direção da corrente induzida era uma das maiores preocupações de Faraday, havendo assim, muitas reflexões e discussões com relação ao caráter de oposição que a corrente elétrica induza para com a corrente elétrica indutora não só em sua lei, mas em quase todos os seus trabalhos sobre o assunto.

Dessa forma, associar a lei de Lenz à lei de Faraday, como sendo um complemento necessário para que seja possível identificar a direção da corrente elétrica, é um sério equívoco cometido, tendo também em vista que Faraday já havia tratado sobre o comportamento da corrente elétrica induzida, tanto com relação à direção quanto seu caráter de oposição à corrente indutora, inúmeras vezes antes mesmo de Lenz desenvolver sua lei em 1834.

6.2.5 Um olhar geral sobre as análises e discussões dos Sites E, F e G

Com o intuito de não alongarmos demasiadamente o presente trabalho, procuramos apresentar as análises e discussões dos três últimos sites sob um olhar mais geral, devido ao próprio fato dos equívocos e distorções detectadas nesse momento terem sido semelhantes em todos os aspectos com os demais já analisados. Dessa forma, apresentaremos a seguir uma discussão sobre os equívocos detectados nos SITE E, F e G, e então, logo em seguida, optamos por deixar anexado e explícito as passagens que foram analisadas em cada um deles.

6.2.5.1 Uma análise geral

De uma forma geral, ao analisarmos os três últimos sites selecionados, detectamos distorções e equívocos semelhantes aos já discutidos nos SITES A, B, C e D, especialmente na apresentação de uma lei da Indução Eletromagnética na qual não pode ser caracterizada como sendo a lei de Faraday, tanto em relação à linguagem e os conceitos físicos empregados, quanto ao contexto e objetivo, nos quais se mostraram ser de total distinção.

Além disso, os SITES E, F e G também apresentaram equívocos ao associarem a lei de Faraday a uma expressão matemática que se encontra em total dissonância com o real enunciado de sua lei, bem como associar a lei de Lenz como sendo um complemento necessário à lei de Faraday, equívoco esse que já foi discutido e justificado pelo simples fato de Faraday ter abordado e trabalhado quanto a direção da corrente elétrica induzida em sua lei e em diversos de seus trabalhos de maneira mais aprofundada.

6.2.5.2 As passagens analisadas: SITE E

Passagem 1: “Este fenômeno foi caracterizado qualitativamente e quantitativamente e deu origem à Lei da Indução de Faraday que é expressa matematicamente como... (figura 42)” (KITOR, [201-?]).

Figura 42 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE E.

$$|\varepsilon| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

Fonte: KITOR, [201-?].

Passagem 2: “A lei de Faraday expressa somente a intensidade da força eletromotriz induzida. Então, em 1834 Heinrich E. Lenz (1804-1865) define que a força eletromotriz é igual ao negativo da variação do fluxo magnético no interior da espira, assumindo a forma:” (KITOR, [201-?]).

Figura 43 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE E após a complementação da “lei de Lenz”.

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Fonte: KITOR, [201-?].

Passagem 3: “Ou seja, esta lei especifica o sentido da força eletromotriz induzida” (KITOR, [201-?]).

6.1.5.3 As passagens analisadas: SITE F

Passagem 1: “Faraday realizou inúmeras experiências e em todas elas ele percebeu um fato bem comum que ocorria sempre que aparecia uma força eletromotriz induzida. Ao analisar todos os seus trabalhos, ele verificou que quando a força eletromotriz aparecia no circuito ocorria a variação do fluxo magnético nesse mesmo circuito” (SANTOS, [201-?]).

Passagem 2: “Faraday observou que a intensidade da f.e.m é cada vez maior quanto mais rápido ocorrer a variação do fluxo magnético. De forma mais precisa, ele verificou que durante um intervalo de tempo Δt o fluxo magnético varia $\Delta\Phi$, e dessa forma ele concluiu que a f.e.m é dada pela razão entre variação do fluxo magnético e a variação do tempo, veja:” (SANTOS, [201-?]).

Figura 44 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE F.

$$\varepsilon = \Delta\Phi / \Delta t$$

Fonte: SANTOS, [201-?].

Passagem 3: “O aparecimento da força eletromotriz foi denominado de indução eletromagnética e a expressão descrita acima ficou conhecida como a Lei de Faraday da indução eletromagnética” (SANTOS, [201-?]).

6.2.5.4 As passagens analisadas: SITE G

Passagem 1: “Pela Lei de Faraday, quando tiver uma variação do fluxo magnético por meio de um circuito, aparecerá ali uma força eletromotriz induzida” (CURADO, 2019).

Passagem 2: “A Lei de Faraday dispõe que quando ocorrer uma variação em campo magnético, via circuito elétrico, ocorrerá uma força eletromotriz. Também chamada de Lei da Indução de Faraday, assim como Lei da Indução Eletromagnética” (CURADO, 2019).

Passagem 3: “Faraday se valeu da teoria de suas linhas de força para explicar a indução eletromagnética. No Eletromagnetismo, linha de força é a linha imaginária curva que tem uma tangente direciona o campo elétrico num ponto” (CURADO, 2019).

Passagem 4: “A Lei de Faraday estabelece que, quando acontecer a variação do fluxo magnético por um circuito, vai surgir nele uma força eletromotriz induzida” (CURADO, 2019).

Passagem 5: “Foi o físico alemão Franz Ernst Neumann quem criou a fórmula matemática da Lei de Faraday, posto que até hoje é usada. Ele a concebeu como:” (CURADO, 2019).

Figura 45 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo SITE G.

Força Eletromotriz Induzida

Lei de Faraday:

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

- ε é a força eletromotriz induzida
- $|\Delta\Phi|$ é a variação fluxo magnético
- Δt é o intervalo de tempo

Fonte: CURADO, 2019.

Passagem 6: “Encontramos a intensidade da corrente induzida se determinarmos o valor da “fem” induzida dentro de um circuito. E é com a Lei de Faraday que isso se torna possível” (CURADO, 2019).

Passagem 7: “Para consertar isso, em 1834 o físico russo Heinrich Lenz criou uma regra, posto que desejava estipular o sentido da corrente induzida. Para seus experimentos, a base foi a Lei de Faraday, conquanto tenha chegado a uma conclusão interessante. Lenz estabeleceu que o sentido do campo magnético que a corrente induzida produziu é o oposto da variação do fluxo magnético” (CURADO, 2019).

6.2.6 Análises e discussões: VÍDEO A

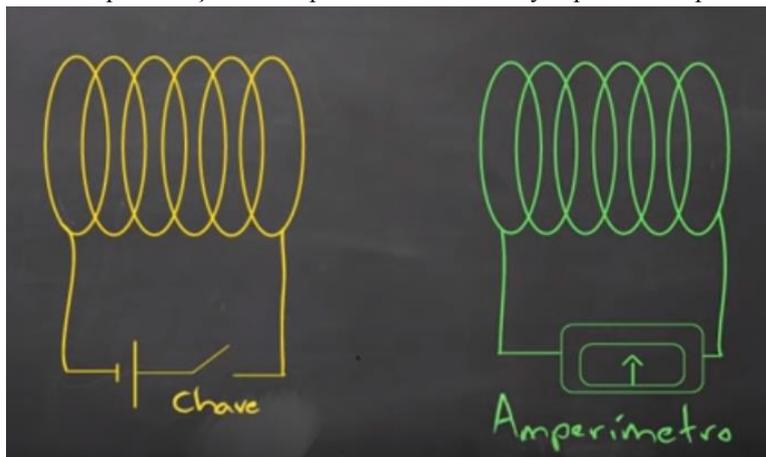
No primeiro vídeo analisado encontramos, logo em seu início, uma breve descrição com relação ao período que antecede o desenvolvimento da indução de corrente elétrica por Faraday: “Na verdade, antes de se descobrir o fenômeno da indução, já se sabia que a carga elétrica em movimento gerava campo magnético” (FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012).

Acarretado pela utilização de termos e conceitos que não fazem presente na época em questão, como por exemplo, a concepção de campo magnético na área do eletromagnetismo, detectou-se aqui o primeiro equívoco. No trecho acima, é dito que antes mesmo do desenvolvimento de indução de corrente elétrica, ocorrido em 1831, já se sabia que carga elétrica em movimento gerava campo magnético, no entanto, essa afirmação acaba gerando um grande engano sobre o tema, pois, a ideia de campo magnético, assim como campo elétrico, vai se consolidar após a utilização de tal termo por Faraday, episódio esse que viria ocorrer no ano de 1845, conforme ficou o primeiro registrado em seu diário. Assim, o mais indicado para esse caso seria descrever que, antes do estudo do fenômeno da indução de corrente elétrica, era sabido que, dependendo da maneira o qual uma corrente elétrica fosse movimentada aos redores de um ímã, tal corrente o influenciaria, fato esse que ficou ainda mais evidente com o desenvolvimento das rotações eletromagnéticas de Faraday.

Além disso, outro fator que conduz essa sentença ao equívoco, é a generalização e a convicção que o fato é apresentando, dando a entender que todos os cientistas acreditavam na teoria eletromagnética, fato esse que está bem longe da realidade, pois, assim como a análise histórica nos mostrou, nem todos os cientistas eram adeptos à teoria eletromagnética, ou muito menos a consideravam como a verdade absoluta, uma vez que se trata apenas de uma teoria, de um modelo para descrever certo fenômeno, e não do que realmente a natureza se constitui.

A segunda passagem selecionada para a nossa análise foi com relação a um dos experimentos de Faraday para o desenvolvimento da indução de corrente elétrica, e que foi apresentado da seguinte forma: “O segundo experimento que Faraday realizou, está logo abaixo [figura 46], ele tinha dois solenoides, o primeiro deles ligado a uma fonte de tensão, que podia fazer circular uma corrente por este solenoide, e uma chave para abrir e fechar o circuito” (FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012).

Figura 46 – Representação do “experimento de Faraday” apresentada pelo Vídeo A.



Fonte: FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012.

Temos aqui o que nos parece ser a descrição do primeiro experimento de indução de corrente elétrica realizado por Faraday, ou que pelo menos tenha ficado registrado como o primeiro, sendo este o experimento do anel de ferro doce, que possibilitou o cientista britânico obter sucesso na Indução Eletro-voltaica. No entanto, o equívoco em tal descrição está em adicionar alguns dispositivos (objetos) que não fizeram parte de sua real descrição do experimento, por exemplo, a utilização de uma chave para abrir ou fechar a corrente elétrica no circuito.

Levantamos que tanto na descrição em seu diário quanto em seu primeiro artigo da série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, nenhuma menção a tal dispositivo foi feita, sendo apenas descrito que a conexão era feita e rompida quando necessário, levando a crer que esse processo era feito de maneira manual, ou seja, a ligação e o rompimento eram feitos diretamente na bateria ou no solenoide, sem a presença de um dispositivo intermediário. Dessa forma, podemos concluir que o equívoco presente no trecho supracitado está na descrição do experimento, um equívoco caracterizado pela inserção de termos, objetos e processos que não são descritos nos relatos originais.

Na terceira passagem selecionada, e com a continuação da descrição do experimento mencionado anteriormente, temos:

Mas essa corrente logo voltava a ser zero, ela logo baixava, diminuía para zero de novo, era só no momento do fechamento da chave, e que surgia, o ponteiro batia no máximo e voltava pro zero, mostrando que a corrente só durou alguns instantes, a corrente só ia voltar a surgir quando a chave C era fechada, no momento em que a chave C era fechada, era desligado o campo magnético no solenoide, e surgia no outro solenoide, uma corrente no sentido contrário, que logo voltava pra zero, só no momento da abertura da chave, é que a corrente surgia, logo depois ela voltava a ser zero (FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012).

Nesse momento, notamos a presença de mais um fator que faz com que tal passagem esteja longe da realidade do período referente, sendo novamente a utilização indevida da concepção de campo magnético. Assim como no primeiro trecho, a ideia de campo é aqui utilizada de maneira equivocada, tanto pelo fato desse conceito ainda não se fazer presente nessa época, quanto de ser apresentado como sendo a verdade absoluta, como algo inquestionável. Além disso, essa atual concepção de campo também se mostra distinta da que foi apresentada por Faraday, anos depois da publicação de sua lei. No trecho seguinte, temos a apresentação de um pequeno resumo das ideias até então discutidas:

Então, era mais ou menos assim, quando o campo surgia, havia corrente, no momento em que surgia o campo, existia corrente no solenoide, no momento em que o campo ficava estável, não tinha nenhuma corrente nesse solenoide, sumia o campo nesse momento, surgia corrente, assim que se estabilizasse essa situação, a corrente voltava a ser zero (FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012).

Assim, continuando no contexto do experimento descrito, e devido aos motivos já discutidos e refletidos nas passagens anteriores, notamos mais uma vez a associação equivocada do conceito de campo magnético com os processos de indução da corrente elétrica realizados por Faraday.

Na quinta passagem analisada é apresentado o que seria as conclusões de Faraday diante do experimento descrito, que por sua vez também se encontra equivocado. Segue abaixo o trecho referido:

O que Faraday conseguiu concluir é que sempre que surgia corrente no Amperímetro, sempre que surgia força eletromotriz induzida, o fluxo de campo magnético dentro desse solenoide aqui estava variando, e está a grande condição necessária para fazer o fenômeno magnético apresentar uma propriedade elétrica (FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012).

Neste quinto trecho analisado, ainda se referindo aos experimentos realizados por Faraday em 1831, período esse no qual ele obteve sucesso no desenvolvimento da indução de corrente elétrica, é apresentando o que seria a conclusão de Faraday a partir de tais experimentos. No entanto, mediante à presença de alguns fatores, detectamos um equívoco e, novamente aqui são apresentadas concepções que estão deslocadas tanto temporalmente como conceitualmente, por exemplo, o conceito de força eletromotriz, um conceito que foi abordado por Faraday apenas em 1840 em seus artigos de números

16 e 17, após mais de 8 anos da realização de seus primeiros experimentos de indução de corrente elétrica.

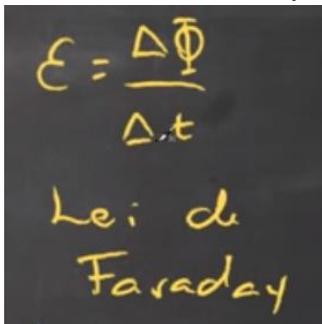
Dentre as diversas conclusões que Faraday apresentou a partir da realização de seus diversos experimentos, está a condição para que a Indução Eletromagnética ocorresse, conforme apareceu no real enunciado de sua lei e em outras reflexões posteriores. Nessa sua condição, e que notavelmente é distinta da condição aqui apresentada, verificamos a necessidade do movimento de um condutor em torno de um ímã de maneira que venha a cortar perpendicularmente as *linhas de força magnética*, ou, suas tangentes, uma vez que elas são curvas.

Assim, concluímos que o equívoco presente nessa passagem está na forma em que é apresentada a conclusão de Faraday com relação à condição para que ocorra o fenômeno da Indução Eletromagnética, condição essa bem distinta da apresentada pelo cientista britânico em sua lei e diversas reflexões desenvolvidas no período em questão.

Continuando com a nossa análise do VÍDEO A, no momento seguinte nos deparamos com a apresentação da lei da Indução Eletromagnética, e que seria essa a então lei de Faraday. Segue abaixo o enunciado:

A intensidade essa força eletromotriz induzida, vai ser dada pela variação do fluxo, dividido pelo intervalo de tempo onde ocorreu essa variação do fluxo, então a gente pode perceber dessa equação aqui, que é a lei de Faraday, essa equação aí [figura 47] é a lei de Faraday, a gente pode ver a partir dela, que quanto maior for à variação de fluxo, maior vai ser a força eletromotriz induzida, enquanto menos tempo essa variação ocorrer, quanto mais brusca ela for, quanto menos for o tempo que ela demorar para acontecer, maior vai ser a força eletromotriz induzida (FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012).

Figura 47 – Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo Vídeo A.



$$\epsilon = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Lei de Faraday

Fonte: FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012.

Nesta sexta passagem é apresentada a “lei de Faraday”, sendo possível notar que, assim como as demais vistas nos sites até então analisados, esta também é

enunciada como sendo nada mais do que a leitura da expressão matemática geralmente relacionada ao mesmo. Assim, percebemos que a lei de Faraday aqui apresentada também se mostra distorcida com relação à que o britânico publicou em 1832, tanto pelo fato da utilização de conceitos que não fazem parte do enunciado original de Faraday, tais como as ideias de “força eletromotriz”, “fluxo magnético” e “campo magnético”, quanto pelo fato da mesma ser definida por uma expressão matemática distante da realidade da real lei do britânico, pois, assim como foi possível notarmos com a análise histórica, trata-se de um enunciado empírico, e ao mesmo tempo teórico, sem a presença de qualquer matemática envolvida.

Por fim, apresentamos o último trecho analisado: “E vamos ver também a lei de Lenz, que é parte importante da lei de Faraday” (FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday, 2012). Nesta última passagem selecionada para a discussão, notamos um sério equívoco com relação a uma associação de dependência que é feita entre a lei de Faraday e a lei de Lenz, equívoco esse também já detectado nos sites analisados anteriormente. No final desse vídeo, a lei de Lenz é mencionada como sendo um complemento importante à lei de Faraday, no entanto, isso ocorre devido ao fato da própria lei estar distorcida, pois caso contrário, se considerarmos o real enunciado do cientista britânico ou mesmo algumas de suas reflexões trazidas ao final de seu primeiro artigo da série Pesquisas Experimentais em Eletricidade, a adoção da lei de Lenz (publicada em 1834) não seria necessária, devido ao simples fato de Faraday também tratar diversas vezes sobre a direção da corrente elétrica induzida antes mesmo de 1834, bem como sobre o comportamento de oposição que a corrente elétrica induzida possui com relação à corrente elétrica indutora.

6.2.7 Análises e discussões: VÍDEO B

Nesse segundo vídeo selecionado para nossa análise sobre lei de Faraday, iniciamos a discussão analisando a passagem no qual a “lei de Faraday” é apresentada. Segue abaixo o primeiro trecho analisado:

Galera, a lei, ah, a lei de Faraday-Neumann, lei de Faraday, diz o seguinte, a força eletromotriz induzida numa espira, à força eletromotriz que vai ser induzida, ou seja, a ddp que vai ser induzida na espira, é igual a menos a variação do fluxo pelo tempo, vou escrever aqui pra você, menos a variação do fluxo galera, isso daqui ó, é variação do fluxo, a variação do fluxo magnético, ta? A variação do fluxo magnético pelo tempo, pela variação do

tempo meu querido, variação do fluxo pela variação do tempo (LEI DE FARADAY - Indução eletromagnética - Eletromagnetismo Aula 12 - Prof. Marcelo Boaro, 2014).

Neste primeiro trecho, temos então a apresentação da “lei de Faraday” onde, assim como os sites e o vídeo já analisados, aqui também é descrita mediante uma relação da força eletromotriz com a variação do fluxo magnético, uma relação (ou lei) com um objetivo bem distinto da lei descrita por pelo físico inglês. Pelos mesmos motivos discutidos anteriormente, esse enunciado da lei de Faraday acaba trazendo um sério equívoco, uma vez que nele são utilizados termos e conceitos que não fazem parte da real lei de Faraday para Indução Eletromagnética, assim como seu contexto e objetivo, que também se mostram distintos do original.

Para encerrarmos a análise do VÍDEO B, realizamos uma discussão somente em mais uma passagem, que foi a seguinte:

É isso galera, você entendeu a lei de Lenz, a lei de Faraday é uma consequência, você consegue montar, matematizar a discussão teórica da lei de Lenz [...] essa é a discussão para você entender isso daqui, que vem lá da lei de Lenz, a lei de Faraday é isso matematizado, força eletromotriz induzida, a força eletromotriz induzida, vou até escrever isso aqui [figura 48] para você ó, o ε é a força eletromotriz induzida, força eletromotriz induzida na espira, ou numa barra, ou num, qualquer coisa, a força eletromotriz induzida é menos a variação do fluxo pelo tempo (LEI DE FARADAY - Indução eletromagnética - Eletromagnetismo Aula 12 - Prof. Marcelo Boaro, 2014).

Figura 48 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo Vídeo A.

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$\Delta\phi$ = variação do fluxo.
 Δt = variação do tempo.
 ε = f.e.m induzida.

Fonte: LEI DE FARADAY - Indução eletromagnética - Eletromagnetismo Aula 12 - Prof. Marcelo Boaro, 2014.

Percebemos que, neste trecho, a lei de Faraday é abordada como uma derivação da lei de Lenz, ou seja, como a parte matemática da lei de Lenz. No entanto, podemos levantar de maneira convicta que essa ideia aqui apresentada está totalmente distante da realidade do episódio histórico abordado, pois trata-se de uma ideia distorcida e equivocada nos mais diversos aspectos. Na ideia aqui apresentada existe, e de maneira implícita, uma ordem para a qual tais leis teriam sido desenvolvidas, pois ao dizer que a lei de Faraday é uma consequência da lei de Lenz, também está nos dizendo que a lei de Lenz teria então surgido antes da lei de Faraday. No entanto, vimos que isso não é verdade, pois no período em que Lenz desenvolveu sua lei, em 1834, Faraday já havia publicado sua lei para a Indução Eletromagnética, junto a diversas outras conclusões e reflexões a respeito do tema, inclusive com relação ao comportamento da corrente elétrica induzida.

Além disso, outro equívoco que deve ser levantando é a descrição da lei de Faraday por uma expressão matemática em que nada condiz com o real enunciado elaborado pelo britânico e que, por sua vez, possui um contexto e objetivo bem distinto da “lei de Faraday” apresentada neste vídeo. Portanto, devemos ressaltar novamente que a lei de Faraday não se trata de uma consequência da lei de Lenz, muito mesmo que a lei de Lenz seja um complemento para a lei de Faraday, pois ao termos em mente o enunciado original do pesquisador inglês, fica nítida a abordagem de Faraday sobre o comportamento e a direção da corrente elétrica induzida em sua lei, uma preocupação essa fica clara ao longo de suas obras na Eletricidade e Eletromagnetismo.

6.2.8 Análises e discussões: VÍDEO C

De início, vale salientar que este terceiro vídeo selecionado se constituiu de uma apresentação do conteúdo mais objetiva e direta, acarretando assim, em um vídeo mais curto em relação aos demais já analisados. A primeira passagem analisada foi a partir da apresentação da “lei de Faraday” que, assim como as demais até agora apresentadas, também se encontra distante do real enunciado de Faraday. Segue abaixo o enunciado da lei trabalhada no VÍDEO C:

A lei de Faraday afirma que, se houver variação do fluxo magnético por algum motivo, no interior da espira, teremos uma força eletromotriz que gera uma corrente induzida na espira, a força eletromotriz média em módulo é dado pela variação do fluxo magnético pelo tempo [figura 49] (INDUÇÃO eletromagnética Lei de Faraday, 2011).

Figura 49 - Expressão matemática da “lei de Faraday” apresentada pelo vídeo C.

$$|\mathcal{E}_{\text{média}}| = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$$

Fonte: INDUÇÃO eletromagnética Lei de Faraday, 2011.

Percebemos que, assim como os demais sites e vídeos analisados, a lei aqui apresentada também está relacionada aos conceitos de “fluxo magnético” e “força eletromotriz”, conceitos esses que não fazem parte da lei da Indução Eletromagnética desenvolvida por Faraday em 1831, logo após seu sucesso no desenvolvimento da indução de corrente elétrica. Além disso, é notório que o enunciado aqui em questão se encontra inserido em um contexto distinto do qual a lei do britânico foi de fato elaborada, pois a presença de alguns elementos (objetos) que não fazem parte do ambiente do enunciado original, por exemplo, a presença de uma “espira”, faz com que a lei aqui descrita seja outra. Como já foi discutido, Faraday elaborou sua lei e encontrou nela uma situação empírica e teórica, utilizando apenas um dos polos de um ímã natural, no caso, o polo marcado (polo Norte).

A partir disso, Faraday movimentou um fio retilíneo aos arredores do polo magnético de tal maneira a cruzar as *linhas de força magnética*, condição essa, que se faz fundamental levar em consideração para que haja uma compreensão significativa de sua lei. Além disso, o objetivo de Faraday com a sua lei é descrever o comportamento e direção da corrente elétrica induzida nos mais diversos tipos de movimentos em torno de um ímã, diferentemente da lei aqui apresentada, que tem uma preocupação unicamente com o cálculo da intensidade da força eletromotriz induzida, e nada diz com relação à direção (sentindo) da corrente elétrica induzida.

Dessa forma, além da presença de termos, conceitos e objetos que não fazem parte do cenário da lei de Faraday, a ausência da sua teoria das *linhas de força magnética*, (que por sua vez também possui um contexto complexo, sobretudo, a necessidade da consideração da existência de um meio físico), e que constitui assim, a base para a sua lei, faz com que o enunciado trabalhado no SITE C não seja de fato a lei de Faraday, e assim, a associação ser um sério equívoco, como foi também possível observar em todos os meios até agora analisados.

Dando continuidade em nossa análise, na segunda passagem aqui apresentada e investigada, foi levantando que:

Agora, observemos como ficará a lei de Lenz com base nessa lei de Faraday, lei de Lenz, se o fluxo magnético no interior da espira aumenta por algum motivo, então surgirá na espira uma corrente induzida que, gera um campo magnético induzido oposto ao aumento do fluxo magnético (INDUÇÃO eletromagnética Lei de Faraday, 2011).

Por fim, no último trecho analisado, notamos novamente a presença de uma atribuição indevida da lei de Lenz sobre a lei de Faraday, uma atribuição em um sentido de complementação, mas que se faz desnecessária ao considerarmos o real enunciado de Faraday, conforme também já foi discutida nos demais sites e vídeos que apresentaram esse mesmo equívoco.

Em suma, tal equívoco ocorre devido ao fato da “lei de Faraday” não levantar sobre a direção da corrente elétrica induzida, no entanto, se tomada a lei original de Faraday, teremos uma lei inteiramente relacionada e preocupada com o comportamento e direção da corrente elétrica induzida para cada movimento do condutor em torno do ímã.

6.2.9 Análises e discussões: VÍDEO D

Em nossa quarta análise dos vídeos, apesar de nos depararmos com um vídeo relativamente extenso em relação aos demais, este não se estendeu muito na discussão da lei de Faraday, apresentando e enunciando-a apenas em seu final. No restante do vídeo foi realizada uma revisão sobre o magnetismo, conforme pode ser visto nos anexos. Na primeira e única passagem analisada do VÍDEO D foi enunciando e explicado a “lei de Faraday”:

A lei de Faraday diz que se a gente variar o fluxo do campo magnético no interior desse circuito, a variação do campo magnético no interior desse circuito faz com que surge nesse circuito um campo elétrico, na mesma maneira que a pilha havia ocasionado, gerado um campo elétrico no fio para que os elétrons se movimentassem, da mesma maneira a variação do campo magnético nesse, nessa região desse circuito, também estabelece um campo elétrico, que também faz os elétrons, forçam os elétrons a se movimentar e faz então a lâmpada acender, então repara que, ah, a variação do campo magnético tem o mesmo efeito de uma pilha, ou seja, ela estabelece uma voltagem (V-1- LEI DE FARADAY – Introdução, 2012).

Percebemos nesse vídeo, e assim como nos demais, um enunciado equivocado da lei de Faraday em vários aspectos, começando pela própria linguagem empregada. Ao refletirmos sobre a lei apresentada pelo VÍDEO D, e tendo em mente o real enunciado da lei de Faraday, notamos uma evidente distinção entre os termos que constitui cada uma delas, implicando em uma grande diferença na extensão de cada uma. Na lei da Indução Eletromagnética aqui apresentada temos um enunciado curto, já na lei do britânico notamos um enunciado mais extenso e aprofundado na ideia e situação em que ele propôs para explicar o comportamento e a direção da corrente elétrica induzida.

Além disso, a utilização de conceitos físicos nessa lei e que não fazem parte da época em que Faraday elaborou sua lei, como “campo”, “campo magnético” ou “campo elétrico”, acarreta em um enorme distanciamento entre o enunciado trabalhado pelo VÍDEO D e aquele publicado por Faraday, no dia 1 de janeiro de 1832. Em suma, e por esses motivos os quais já foram mais discutidos nas análises anteriores, a “lei de Faraday” aqui apresentada não é de Faraday.

Ainda, considerando uma situação hipotética de que o conceito de *campo* tivesse feito parte da lei de Faraday, a própria ideia de *campo* empregada na presente lei apresentada estaria em total divergência com o conceito original empregado por Faraday, levando em consideração que a sua conceitualização de *campo* está diretamente relacionada à sua teoria das *linhas de força magnética*, e tal teoria acabou sendo completamente distorcida ao longo do tempo, perdendo assim, sua real significância e seus valores filosóficos, uma vez que tenha sido desenvolvida em um contexto em que a existência de um meio físico, seja o éter ou qualquer outro, deva ser considerada.

Portanto, o conceito de *campo*, *campo elétrico* ou *campo magnético* de Faraday não pode e não tem como ser considerado no vácuo (vazio), no entanto, hoje em dia um novo conceito de *campo* passou a ser empregado no espaço vazio, sendo muitas das vezes associado erroneamente aos trabalhos e à filosofia de Faraday, pois, apesar dele ter sido reconhecido por um ótimo cientista experimental, a presença de suas crenças relacionadas à natureza dos fenômenos, ou seja, sua metafísica, era também muito forte em seus trabalhos e discussões, e davam suporte aos seus estudos.

Por último, outro fator que deve ser discutido, e que contribui para que a lei da Indução Eletromagnética apresentada pelo site em questão seja qualquer outra lei, menos a lei de Faraday, é com relação ao objetivo. Na lei apresentada pelo SITE D, o

objetivo está diretamente voltado à indução de uma voltagem elétrica por meio da variação do fluxo de campo magnético, e não há relação ao comportamento e à direção da corrente elétrica o qual essa voltagem acarreta. Sendo assim, é possível notarmos que essa lei está mais preocupada com a intensidade da voltagem elétrica do que qualquer outra análise sobre a corrente elétrica. Tal objetivo da “lei de Faraday” também foi notado nos demais sites e vídeos já analisados, levando em consideração a total semelhança entre os enunciados apresentados pelos meios já pesquisados, e também, com a expressão matemática comumente associada, uma vez que em tal passagem percebemos uma leitura parcial de tal expressão matemática.

Ainda com relação aos objetivos das leis, na lei original de Faraday, desenvolvida em 1831 e publicada em 1832, notamos uma situação elaborada para descrever exclusivamente o comportamento da corrente elétrica induzida quando um condutor retilíneo fosse movimentado aos redores de um ímã natural, mas quando movimentando perpendicularmente entre as *linhas de força magnética*, indicando a direção da corrente elétrica em cada um dos movimentos desenvolvido, bem como seu comportamento ortogonal em relação ao movimento do condutor.

No enunciado elaborado pelo cientista britânico temos então uma situação que não trata em momento algum com relação à intensidade da corrente elétrica induzida, voltagem ou força eletromotriz, muito menos qualquer relação de proporcionalidade com o conceito de “variação de fluxo de campo magnético”.

Dessa forma, destacamos que o equívoco presente nesta passagem analisada está em caracterizar a lei apresentada como sendo a lei de Faraday, uma vez que, como foi possível notar, tais leis se distinguem em todos os aspectos constituintes.

6.2.10 Um olhar geral sobre as análises e discussões dos VÍDEOS E, F e G

Assim como na análise dos sites, e devido aos mesmos motivos já levantados anteriormente, desenvolvemos então uma discussão mais geral sobre aos equívocos detectados nos três últimos vídeos analisados, os VÍDEOS E, F e G. Sendo discutido e apresentado de maneira breve os equívocos presentes bem como a apresentação das passagens analisadas na sequência.

6.2.10.1 Uma análise geral

Em uma análise e discussão mais geral sobre os equívocos e distorções detectados nos três últimos vídeos investigados, notamos, assim como todos os meios já analisados, equívocos na enunciação da lei de Faraday em si, uma vez que, em todos eles foi apresentada uma lei da Indução Eletromagnética que tem como intuito calcular a intensidade da força eletromotriz, caracterizada pela leitura de uma expressão matemática que não possui relação alguma com o enunciado de Faraday, uma expressão constituída de termos e conceitos que não fazem parte da lei original, tais como, “força eletromotriz”, “fluxo magnético” e “campo magnético”. Assim, levantamos que a lei apresentada nesses três últimos vídeos analisados não se caracteriza como sendo aquela lei publicada pelo pesquisador inglês, em 1832.

Além disso, nesse momento, detectamos mais uma vez a associação indevida da lei de Lenz à lei de Faraday, uma associação que apresenta equivocadamente a lei de Faraday como sendo ineficaz para uma análise quanto à direção da corrente elétrica induzida, fato que está longe de ser verdade, já que a lei do britânico busca descrever a direção da corrente elétrica para diversos casos distintos.

Ademais, Faraday também realiza inúmeras discussões e reflexões mais aprofundadas sobre o comportamento da corrente elétrica, inclusive com relação à Indução Eletro-Voltaica, em seus dois primeiros artigos de sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade, ambos publicados antes de 1832.

6.2.10.2 As passagens analisadas: VÍDEO E

Passagem 1: “A partir da experiência de Oersted (fio condutor percorrido por uma corrente elétrica cria em torno de si um campo magnético)...” (GERANDO CORRENTE elétrica com um ímã, lei de Faraday, 2010).

Passagem 2: “A lei de indução de Faraday mostra que a variação do fluxo magnético no interior de uma espira faz surgir nessa espira uma corrente elétrica. Essa corrente é chamada de... Corrente Induzida” (GERANDO CORRENTE elétrica com um ímã, lei de Faraday, 2010).

Passagem 3: “À medida que aumentamos a velocidade do fluxo, a intensidade da corrente elétrica também aumenta, o que é demonstrado na prática, a lei de Faraday e a lei de Lenz” (GERANDO CORRENTE elétrica com um ímã, lei de Faraday, 2010).

Passagem 4: “Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804- 1865), físico alemão. Assim como Oersted e Faraday, Lenz contribuiu para estabelecer as relações entre o magnetismo e a eletricidade. Quando diminui o fluxo magnético indutor (afastamento do ímã) a corrente induzida cria um campo magnético com o mesmo sentido do fluxo. Quando aumenta o fluxo magnético indutor (aproximação do ímã), a corrente induzida inverte o sentido e cria um campo magnético com sentido oposto ao do fluxo” (GERANDO CORRENTE elétrica com um ímã, lei de Faraday, 2010).

6.2.10.3 As passagens analisadas: VÍDEO F

Passagem 1: “Olá, bem-vindo ao quadro! Hoje nossa aula é sobre a lei de Faraday-Neumann. E essa lei vai nos ajudar a calcular a força eletromotriz induzida média que ocorre por causa de uma variação do fluxo magnético que atravessa o circuito...” (LEI DE FARADAY – Neumann, 2013).

Passagem 2: “[...] a lei de Faraday-Neumann diz o seguinte, suponha que em um instante t o fluxo magnético que atravessa um circuito é igual Φ_i , num instante t mais delta t , ou seja, delta t é a unidade de tempo após o instante inicial, suponha que o fluxo seja igual à Φ_i mais delta Φ_i , a lei de Faraday-Neumann diz que a força eletromotriz induzida média, por isso subscripto m , é igual a menos o cociente entre a variação de fluxo e a variação de tempo, esse sinal negativo vem justamente por causa da lei de Lenz, e a força eletromotriz induzida é negativa porque ela se opõe a variação de fluxo que induziu essa força eletromotriz” (LEI DE FARADAY – Neumann, 2013).

Figura 50 - Expressão matemática da “lei de Faraday” com a contribuição da “lei de Lenz” apresentada pelo vídeo F.

The image shows a green chalkboard with handwritten text. At the top left, a yellow box contains the letter 'K'. To its right, the text reads 'Lei de Faraday - Neumann'. Below this, there are two lines of text: 't → Φ' and 't + Δt → Φ + ΔΦ'. To the right of these lines, there is a large curly brace that groups the two lines, with an arrow pointing to the equation $e_m = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$. Below the equation, the text 'Lei de Lenz' is written.

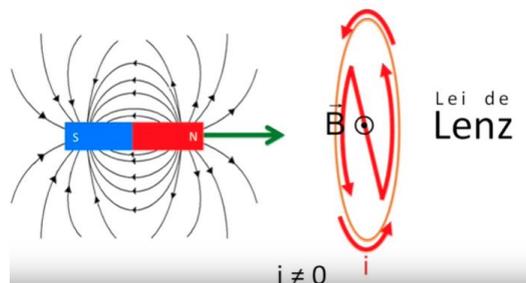
Fonte: LEI DE FARADAY – Neumann, 2013

6.2.10.4 As passagens analisadas: VÍDEO G

Passagem 1: “[...] um cientista chamado Lenz, ele falou assim, o polo que vai surgir aqui, o que vai aparecer aqui de corrente induzida né, a gente chama isso daí de indução eletromagnética, vai tentar contrariar a causa, ah, que tá provocando isso, então veja só tem um polo sul se aproximando, então o polo que vai aparecer aqui, vai ser um polo que vai tentar contrariar essa aproximação, por isso Sul, você sabe que o Sul repele Sul, certo? Então vai aparecer aqui um polo que vai tentar contrariar essa aproximação, então o polo que vai aparecer sempre vai tentar ser do contra, contrariar o movimento

desse imã...” (LEI DE FARADAY E LENZ - indução eletromagnética – Magnetismo, 2015).

Figura 51 – Modelo utilizado para explicação da “lei de Lenz”, apresentada pelo vídeo G.



Fonte: LEI DE FARADAY E LENZ - indução eletromagnética – Magnetismo, 2015.

Passagem 2: “Essa é a lei de indução eletromagnética, quer dizer aparece uma corrente elétrica sempre que eu fizer um ímã se aproximar ou se afastar de um pedaço de fio como esse daqui certo? E qual polo vai aparecer aqui na espira? Vai obedecer à lei de Lenz, é muito simples né? Então se eu fizer um ímã se movimentar próximo de um fio, eu vou ter nesse fio aí uma corrente elétrica, certo? Aí o que Faraday fez, um outro cientista, foi esse calcular esse valor...” (LEI DE FARADAY E LENZ - indução eletromagnética – Magnetismo, 2015).

Passagem 3: “Ótimo, o que o cientista Faraday percebeu foi o seguinte, que sempre que eu aproximar então ou afastar o ímã, é, vai ocorrer uma indução eletromagnética, vai aparecer um polo, e aqui vai aparecer no fundo, porque apareceu uma corrente elétrica, vai aparecer uma diferença de potencial, e uma voltagem né, aí, essa voltagem quer dizer, isso daí vai funcionar como se fosse um gerador, ele obtém através dessa expressão, né, a força eletromotriz, é o nome científico correto, utilizado para isso né, é dado pela variação do fluxo, a variação da quantidade de campo magnético passa aqui em relação ao tempo, esse menos é referente a lei de Lenz, ok?” (LEI DE FARADAY E LENZ - indução eletromagnética – Magnetismo, 2015).

Figura 52 - Expressão matemática da “lei de Faraday” com a contribuição da “lei de Lenz” apresentada pelo vídeo G.

$$E_m = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Fonte: LEI DE FARADAY E LENZ - indução eletromagnética – Magnetismo, 2015.

Passagem 4: “Muito bem, essa daí é conhecida como lei de Faraday, que foi ele que calculou essa força eletromotriz do gerador...” (LEI DE FARADAY E LENZ - indução eletromagnética – Magnetismo, 2015).

6.3 As convergências dos equívocos encontrados: uma visão panorâmica

Nesta secção, buscamos organizar e agrupar os equívocos detectados na apresentação do conteúdo *lei de Faraday* nos meios e fontes pesquisadas, que foram os 7 sites da web e os 7 vídeos do YouTube analisados. Para isso, elaboramos uma tabela contendo, de forma geral, os equívocos detectados, os sites ou vídeos em que eles apareceram, e também os fatores que levam e caracterizam as passagens analisadas como equívocos. O nosso objetivo com essa secção foi apresentar um panorama da pesquisa realizada, evidenciando e amarrando as discussões e análises feitas na secção anterior.

Quadro 2 – Os equívocos e distorções emergentes da análise sobre a *lei de Faraday* em sites da web e vídeos do YouTube

Resumo dos equívocos detectados e das justificativas atribuídas		
Equívoco	Site/Vídeo que apresenta o equívoco	Justificativas
Apresentação de uma lei de Faraday distorcida	SITE A, B, C, D, E, F e G VÍDEO A, B, C, D, E, F e G	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de uma linguagem distinta da utilizada por Faraday; • Utilização de conceitos que não fazem parte do período em questão; • Um contexto distinto e distante da lei original; • Um objetivo distinto da lei original.
Apresentação da lei de Faraday apenas como uma descrição da expressão matemática associada a ela	SITE A, B, C, D, E, F e G VÍDEO A, B, C, D, E, F e G	<ul style="list-style-type: none"> • Associação a uma expressão matemática que não é discutida por Faraday;
Associação da lei de Lenz a lei de Faraday como sendo um complemento fundamental para se determinar o comportamento e o sentido da corrente elétrica induzida	SITE B, C, D, E, G VÍDEO A, F, G	<ul style="list-style-type: none"> • O comportamento e o sentido da corrente elétrica induzida são abordados por Faraday em sua lei e em diversas reflexões ao longo de seus trabalhos, até mesmo de maneira mais geral.
Atribuição à lei de Faraday como sendo uma derivação da lei de Lenz	VÍDEO B	<ul style="list-style-type: none"> • A lei de Faraday (1832) antecede a lei de Lenz (1834), impossibilitando que a lei de Faraday seja assim, consequência da lei de Lenz; • As conclusões e reflexões

		realizadas por Lenz em sua lei, já tinham sido também focos de discussões por Faraday em seus estudos.
Descrição de experimentos de forma distinta de como realizados por Faraday	SITE B VÍDEO A	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de dispositivos, objetivos e processos que não são descritos por Faraday nos experimentos originais; • Apresentação dos processos e episódios de maneira simplificada e vaga, os distorcendo os fatos reais.

Fonte: Autoria própria.

6.4 Conclusões

Finalizado o terceiro momento de nossa pesquisa, que se caracterizou pela pesquisa bibliográfica sobre o conteúdo *lei de Faraday* em sites da web e vídeos do YouTube, é possível concluirmos o quão distante e distorcido tal conteúdo está sendo apresentado com relação ao real enunciado e contexto da lei publicada por Faraday, assim como, outras leis e conceitos que são comumente e equivocadamente associados à lei de Faraday.

Na investigação e análise deste capítulo, momento esse que contou então com a pesquisa em 7 sites da web e 7 vídeos do YouTube, detectamos uma maior predominância dos equívocos principalmente no enunciado da lei de Faraday em si, ou seja, na apresentação de um enunciado distorcido e, uma associação a uma expressão matemática que nada condiz com a original lei do cientista britânico. Em síntese, podemos afirmar que a lei da Indução Eletromagnética, como apresentada pelos meios pesquisados, juntamente à expressão matemática, é distinta da apresentada por Faraday, uma distinção que se dá tanto pela utilização de uma linguagem e de conceitos físicos totalmente divergentes, quanto pelo contexto e objetivo. Esse equívoco, o de atribuir a lei apresentada como sendo a lei de Faraday, demonstrou ser o mais predominante e preocupante em nossa análise, estando presente em todos os meios pesquisados, assim como pode ser visto no Quadro 2.

Além disso, detectamos também o equívoco da associação da lei de Lenz à lei de Faraday como sendo um complemento fundamental a ela, equívoco esse que foi

classificado pelo fato de Faraday tratar sobre o comportamento e a direção da corrente elétrica induzida em sua lei, e também, em vários dos seus trabalhos a partir de 1831. Essa foi outra preocupante distorção que se mostrou frequente ao longo de toda investigação, sendo apresentada pela maioria dos sites e vídeos analisados.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegado ao fim de nossa investigação, um processo que nos proporcionou constantes momentos de questionamentos, aprendizagem, reflexões e discussões, bem como o surgimento de diversos caminhos ainda em aberto para possíveis e futuras pesquisas relacionadas ao tema aqui tratado, foi possível desenvolvermos alicerces para a busca de soluções referentes ao nosso problema inicial de pesquisa, por meio do questionamento: Quais os equívocos históricos e conceituais existentes na apresentação do conteúdo *lei de Faraday* em sites da web e vídeos do YouTube?

Assim, tendo em mãos as soluções emergentes de nossa investigação e análise, tanto com relação ao momento da *Pesquisa Histórica-Conceitual* quanto da *Pesquisa em Sites da Web e Vídeos do YouTube*, ambas direcionadas à lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, é possível nesse momento construirmos e apresentarmos uma síntese geral de nossas conclusões, realizando um *link* direto com o nosso problema de pesquisa de forma que fique o mais claro possível ao leitor.

Primeiramente, devemos salientar que ao fim da pesquisa histórica foi possível construirmos algumas análises importantes com relação ao período histórico em que Faraday obteve êxito em seu primeiro desenvolvimento da indução de corrente elétrica (ou que pelo menos ficou registrado), o que nos proporcionou uma clara visão sobre seus principais experimentos, questionamentos e reflexões desse período de pesquisa, em especial, quanto ao enunciado de sua lei da Indução de Eletromagnética e o seu contexto, publicado no dia 1 de janeiro de 1832.

Na lei de Faraday, percebemos um enunciado que descreve uma situação um tanto empírica, uma vez que o britânico utiliza de movimentos de um condutor retilíneo em torno de um ímã cilíndrico para apresentar o comportamento e a direção da corrente elétrica induzida, e ao mesmo uma base teórica com fortes alicerces na metafísica, tendo em vista que Faraday embasa sua lei em sua teoria das *linhas de força magnética*, teoria essa construída sobre a crença da existência de um *meio físico* que preenche todo o espaço, um possível éter, fator crucial para que haja uma real compreensão de sua lei e de suas pesquisas e discussões na área do Eletromagnetismo.

Posteriormente, ocorreu a realização de nossa análise sobre a *lei de Faraday* em sites da web e vídeos do YouTube, investigação que nos possibilitou compreender o quão distorcido e equivocado esse conteúdo tem sido apresentando e trabalhado em tal ambiente, tendo sido detectados equívocos tanto no enunciado da lei de Faraday em si,

quanto nos conteúdos adjacentes a ela. Dessa forma, é possível agora respondermos a nossa questão problema, levantando que os equívocos históricos e conceituais existentes nos sites da web e vídeos do YouTube analisados, são:

1. Apresentação de uma lei de Faraday distorcida;
2. Apresentação da lei de Faraday apenas como uma descrição da expressão matemática associada a ela;
3. Associação da lei de Lenz a lei de Faraday como sendo um complemento fundamental para se determinar o comportamento e o sentido da corrente elétrica induzida;
4. Atribuição à lei de Faraday como sendo uma derivação da lei de Lenz;
5. Descrição de experimentos de forma distinta de como realizados por Faraday.

Podemos assim concluir que o conteúdo da lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday investigado nos sites da web e vídeos do YouTube selecionados se encontra em total dissonância com os reais fatos que constituem o episódio histórico em questão, com relação ao enunciado da lei de Faraday, que se mostrou completamente distante e distorcido do enunciado apresentado pelo cientista britânico, inicialmente em 1832, e posteriormente, citado em outros textos.

Ao nosso ver, este fato acaba se constituindo de um fator de grande preocupação e lástima, pois assim como os sites e vídeos aqui investigados, é muito provável que boa parte dos demais meios também venham a seguir o mesmo caminho, apresentando informações e conteúdos totalmente distorcidos nas mais diversas áreas do conhecimento, tanto devido à própria existência de uma transformação didática dos conteúdos ao longo do tempo, quanto à ausência de processos editoriais que avaliam a qualidade e credibilidade dos conteúdos a serem publicados na Internet, tendo em vista que muitos sites e vídeos utilizam como referencial teórico outros sites e vídeos, contribuindo para que a disseminação dos conteúdos equivocados ocorra em um ciclo extremamente vicioso, e assim, favoreça o crescimento da desinformação em níveis desproporcionais e assustadores.

Diante disso, surgem sérias reflexões e críticas quanto à credibilidade das informações e conteúdos que são apresentadas no mundo virtual, pois, foi possível

notarmos, e reforçamos as discussões apresentadas no capítulo 3, que apesar das potencialidades que a Internet possui em benefício da sociedade e do próprio processo de ensino e aprendizagem, a qualidade em que muitos conteúdos são apresentados em tal ambiente constitui um sério e dramático problema que terá que ser arduamente enfrentando ao longo das próximas décadas.

Notamos que esse problema ainda necessitará de muita atenção e um amplo crescimento e aprofundamento das pesquisas científicas. Para o campo do Ensino de Ciência, do apoio e de uma inserção mais intensa da História e Filosofia da Ciência em todos os níveis de ensino, para que então uma educação mais reflexiva comece a ser estimulada e desenvolvida.

Dessa forma, os resultados encontrados em nossa investigação servem como um alerta a todos aqueles que utilizam de tal ambiente para a busca de informações e a construção de seu conhecimento. Se não é possível a um primeiro momento mudar esse cenário, faz-se necessária uma postura mais crítica frente aos conteúdos publicados na Internet, sem considera-los como sendo a verdade absoluta, para que então, o potencial da Internet não venha contribuir ainda mais para a desinformação, caminho esse que vai ao sentido contrário da educação, conhecimento e pensamento crítico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. J. P. M. Ensino de Física: para repensar algumas concepções. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 20-26, 1992.
- ASSIS, A. K. T.; CHAIB, J. P. M. C. **Eletrodinâmica de Ampère**. Campinas: Editora da Unicamp, 2012. 600p.
- ASSIS, A. K. T.; RIBEIRO, J. E. A.; VANNUCCI, A. The field concepts of Faraday and Maxwell. In: **Amazonian Symposium on Physics (ASP)**, 2009, Belém. Trends in Physics: Festschrift in Homage to Prof. José Maria Filardo Bassalo. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008. p. 31-38.
- BAKIR, V.; MCSTAY, A. Fake News and the Economy of Emotions: Problems, Causes, Solutions. **Digital Journalism**, v. 6, n. 2, 154-175, 2017.
- BARRETO, E. R. L. A influência da Internet no processo de ensino-aprendizagem da leitura e da escrita. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, v. 9, n. 106, p. 84-95, 2010.
- BARROS, A. M.; CARVALHO, A. M. P. A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 5 n. 1, p. 83-94, 1998.
- BRAATHEN, C. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. **Revista Eixo**, Brasília, v. 1, n.1, p. 63-69, 2012.
- BRITES, M. J.; AMARAL, I.; CATARINO, F. A era das “fake news”: o digital storytelling como promotor do pensamento crítico. **Journal of Digital Media & Interaction**, v. 1, n. 1, p. 85-98, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. Construção do conhecimento e ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, v. 11, n. 55, p. 9-16, 1992.
- CARVALHO, A. M. P. Contribuições para a introdução da História e Filosofia das Ciências no ensino das ciências tanto em Nível Médio como na formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 183-187, 2008.
- CARVALHO, M. F. C.; MATEUS, C. A. Fake News e desinformação no meio digital: análise da produção científica sobre o tema na área da ciência da informação. In: V Encontro Regional dos Estudantes de Biblioteconomia. Documentação, Gestão e Ciência da Informação das Regiões Sudeste, Centro-oeste e Sul. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2018.
- ÇAVAŞ, B.; KARAOGLAN, B.; ÇAVAŞ, P. The use of information communication technologies in primary science education: a new teaching and learning approach. **Journal of Turkish Science Education**, Arak, v. 1, n. 2, p. 34-46, 2004.
- COSTA, S. R. S.; DUQUEVIZ, B. C.; PEDROZA, R. L. S. Tecnologias Digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. **Revista Quadrimestral**

da **Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 603-610, 2015.

CURADO, A. **Lei de Faraday, o que é, contexto histórico e contribuições à humanidade**. 2019. Disponível em: <<https://conhecimentocientifico.r7.com/lei-de-faraday/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

DARRIGOL, O. **Electrodynamics from Ampère to Einstein**. New York: Oxford University Press, 2000. 532p.

DIAS, V. S. **Michael Faraday: subsídios para metodologia de trabalho experimental**. 2004. 157f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ECO, U. **Número Zero**. Tradução de Ivone Benedetti. 3º ed. Rio de Janeiro: Record, 2015. 207p.

ENCYCLOPEDIA GREAT BOOKS OF THE WESTERN WORLD. Chicago: **Encyclopaedia Britannica**, v. 45 (Lavoisier, Fourier & Faraday), 1952.

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

FARADAY, M. Historical Sketch of Electro-magnetism. **The Annals of Philosophy**, London, v. 2, n. 3, p. 195-200, 1821.

FARADAY, M. Historical Sketch of Electro-magnetism. **The Annals of Philosophy**, London, v. 2, n. 4, p. 274-90, 1821.

FARADAY, M. Historical Sketch of Electro-magnetism. **The Annals of Philosophy**, London, v. 3, n. 2, p. 107-17, 1822.

FARADAY, M. On some new electro-magnetical motions and on the theory of magnetism. **The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts**, London, v. 12, n. 23, p. 75-96, 1821.

FARADAY, M. Sur les mouvemens électro-magnétiques et la théorie du magnetism. **Annales de Chimie et de Physique**, Paris, v. 18, n. 16, p. 337-70, 1821.

FARADAY, M. Note on new electro-magnetical motion. **The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts**, London, v. 12, n. 24, p. 416-21, 1822.

FARADAY, M. Description of an electro-magnetical apparatus for the exhibition of Rotary motion. **The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts**, London, v. 12, n. 24, p. 283-5, 1821.

FARADAY, M. New electro-magnetic apparatus. **The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts**, London, v. 12, n. 23, p. 186-7, 1821.

FARADAY, M. Historical statement respecting electro-magnetic rotation. **The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts**, London, v. 15, n. 30, p. 288-92, 1823.

FARADAY, M. Electro-magnetic Current. **The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts**, London, v. 19, n. 38, p. 338, 1825.

FARADAY, M. Experimental researches in electricity (1° series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 122, p. 125-162, 1832.

FARADAY, M. Experimental researches in electricity (2° series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 122, p. 163-194, 1832.

FARADAY, M. Experimental researches in electricity (19 series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 136, p. 1-20, 1846.

FARADAY, M. Experimental researches in electricity (20° series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 136, p. 21-40, 1846.

FARADAY, M. Experimental researches in electricity (26° series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 141, p. 29-84, 1851.

FARADAY, M. Experimental researches in electricity (28° series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 142, p. 25-56, 1852.

FARADAY, M. Experimental researches in electricity (29 series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 142, p. 137-159, 1852.

FARADAY, M. On the Physical Character of the Lines of Magnetic Force. **Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 3, n. 20, p. 402-428, 1852.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. Trad. Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg, Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977. 488p.

FÍSICA - Indução Eletromagnética: Lei de Faraday. Pura Física. **YouTube**. 20 jul. 2012. 10min14s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=yuRWx62DV54>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

GARDELLI, D. **Experimento de Ørsted: subsídios para uma abordagem histórica do assunto no Ensino Médio**. 2014. 207f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

GERANDO CORRENTE elétrica com um ímã, lei de Faraday. cristonasce. **YouTube**. 25 set. 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ONY4b0W_RVE>. Acesso em: 18 out. 2019.

GEWEHR, D. **Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) na escola e em ambientes não escolares**. 2016. 136f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Centro Universitário UNIVAST, Lajeado, 2016.

GOUVEIA, R. **Lei de Faraday**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/lei-de-faraday/>>. Acesso: 29 de Abr. 2019.

HERNANDEZ, R. M. Impact of ICT on Education: Challenges and Perspectives. **Propósitos y Representaciones**, Lima, v. 5, n. 1, p. 325-347, 2017.

INDUÇÃO eletromagnética Lei de Faraday. Reinaldo Souza. **YouTube**. 7 set. 2011. 3min26s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=M7d7pB0oeLw>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

JONES, B. **The life and letters of Faraday**. London: Longmans, Green, and CO, 1870. (Vol. 2) 491 p.

KENSKI, V. M. Educação e Internet no Brasil. **Cadernos Adenauer XVI**, São Paulo, n. 3, p.133-150, 2015.

KHANACADEMY. **O que é Lei de Faraday?** Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-faradays-law>>. Acesso: 29 de Abr. 2019.

KITOR, G. L. **Lei de Indução de Michael Faraday**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/lei-de-inducao-de-michael-faraday/>>. Acesso em: 29 de Abr. 2019.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. 5 ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1998. 257p.

LEI DE FARADAY - Indução eletromagnética - Eletromagnetismo Aula 12 - Prof. Marcelo Boaro. Canal Física. **YouTube**. 9 ago. 2014. 23min23s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=dv3Ili8mBvs>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

LEI DE FARADAY E LENZ - indução eletromagnética – Magnetismo. sadao mori. **YouTube**. 18 jun. 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5Nun2MLz1fM>>. Acesso em: 18 out. 2019.

LEI DE FARADAY – Neumann. Quadro. **YouTube**. 2 nov. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=sZuuEKtQzkY>>. Acesso em: 18 out. 2019.

LIÇÕES DA FINLÂNDIA - Reportagem: Claudia Wallin. Claudia Wallin. **YouTube**. 29 set. 2015. 7min57s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5vN9mnuAQQ0>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katál**, Florianópolis, v. 10, n. Especial, p. 37-45, 2007.

- MARTINS, A. F. P. A história e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.
- MARTINS, R. A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 89-114, 1986.
- MARTINS, R. A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: Subsídios para aplicação no Ensino**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2006. p. 21-34.
- MARTINS, R. A. Abordagens, métodos e historiografia na história da ciência. In: MARTINS, A. M. (Ed.). **O tempo e o cotidiano na história**. 1. ed. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1993. p. 73-78.
- MARTINS, R. A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 5 n. Especial, p. 49-57, 1988.
- MARTINS, R. A. Como não escrever sobre história da física: um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 113-119, 2001.
- MARTINS, T. **Faraday's discovery of electro-magnetic induction**. London: Edward Arnold & CO, 1949. 160p.
- MARTINS, T. **Faraday's diary: being the various philosophical notes of experimental investigation**. D. C. L., F. R. S., 1820-1862. 7 vols. London: G. Bell and Sons, 1932-1936 (preview edition – 2008. 458p).
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: tendência atual de reaproximação (Tradução de Claudia Mesquita de Andrade). **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MAXWELL, J. C. **A Treatise on Electricity and Magnetism**. Oxford: Clarendon Press, 1873. (Vol. 1)
- MORAN, J. M. A contribuição das tecnologias para uma educação inovadora. **Revista Contrapontos**, v. 4, n. 2, p. 347-356, 2004.
- MORAN, J. M. Tendências da educação online no Brasil. In: RICARDO, E. J. (Org.). **Educação Corporativa e Educação a Distância**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2005.
- MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Material de apoio aula inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais da UFMG, Cuiabá, MT, 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2019.

NEIL, A. S. **Liberdade sem medo (Summerhill)**. 30^o ed. São Paulo: IBRASA, 1980. 375p.

NEVES, M. C. D. A história da ciência no ensino de física. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 5, n. 1, p. 73-81, 1998.

NOOR-UL-AMIN, S. An Effective use of ICT for Education and Learning by Drawing on Worldwide Knowledge, Research, and Experience: ICT as a Change Agent for Education. **Scholarly Journal of Education**, v. 2, n. 4, p. 38-45, 2013.

ØRSTED, C. H. Thermo-electricity. **The Edinburgh Encyclopedia**, Edinburgh, v. 18, p. 573-89, 1830.

PARANÁ. Secretária de Estado da Educação do Paraná. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica Física**. Curitiba: SEED, 2008. 97p.

PAVANELLI-ZUBLER, E. P.; JESUS, D. M. As TDIC e seus usos no espaço das escolas públicas: o que dizem os professores? **Calidoscópio**, São Leopoldo, v. 14, n. 3. 448-457, 2016.

PEREIRA, R. F. **Desenvolvendo jogos educativos para o ensino de física**: Um material didático alternativo de apoio ao binômio ensino-aprendizagem. 2008. 154f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência e Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

PEREIRA, M. B.; SOUZA, A. G.; PEIXINHO, K. F. M. A utilização da Internet como ferramenta de aprendizagem: o professor como inovador educacional. In: VI Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”. **Anais...** São Cristovão: UFS, 2012.

RATHEESWARI, K. Information Communication Technology in Education. **Journal of Applied and Advanced Research**, Tamil Nadu, v. 3, n. 1, p. 45-47, 2018.

ROCHA, J. F. M. O conceito de “campo” em sala de aula – uma abordagem histórico-conceitual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1-17, 2009.

SALES, R.; ALMEIDA, P. P. Avaliação das fontes de informação na *Internet*: avaliando o *Site* do Nupill/UFSC. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 67-87, 2007.

SALVADOR, A. D. **Métodos e técnicas de pesquisa bibliográfica**. 9^o ed. Porto Alegre: Editora Sulina, 1981. 239p.

SANTOS, M. A. S. **Fluxo Magnético e a Lei de Faraday**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/fluxo-magnetico-lei-faraday.htm>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

SILVA, D. C. M. **Lei de Faraday**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/lei-faraday.htm>>. Acesso em: 29 de Abr. 2019.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOWA, F. P. A pesquisa científica. in: GERHARDT, T. E. ; SILVEIRA, D. T. (orgs). **Métodos de pesquisa**. Rio Grande do Sul: Editora UFRGS, 2009. 114p.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência e Tecnologia: Transformando a relação do ser humano com o mundo. In: IX SIMPÓSIO INTERNACIONAL PROCESSO CIVILIZADOR. **Anais...** Ponta Grossa: CEFET, 2005.

SNELDERS, H. A. M. Oersted's discovery of electromagnetism. In: CUNNINGHAM, A.; JARDINE, N. **Romanticism and the Sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. p. 228-239.

SÓFISICA. **Lei de Faraday-Neumann**. Disponível em: <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/InducaoMagnetica/leidefara dyneumann.php>>. Acesso em: 29 de Abr. 2019.

SOUZA-NETO, A.; LUNARDI-MENDES, G. M. Os usos das tecnologias digitais na escola: discussões em torno da fluência digital e segurança docente. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 504-523, 2017.

SURYANI, A. ICT in education: its benefits, difficulties, and organizational development issues. **Jurnal Sosial Humaniora**, v. 3, n. 1, p. 106-123, 2010.

TANDOC, E.; LIM, Z. W.; LING, R. Defining “Fake News”: A typology of scholarly definitions. **Digital Journalism**, v. 6, n. 2, 137-153. 2017.

THOMPSON, S. P. **Michael Faraday: His life and work**. New York: The Macmillan Company, 1898. 308p.

VALQUARESMA, A.; COIMBRA, J. L. Criatividade e educação: a educação artística como o caminho do futuro? **Educação, Sociedade & Culturas**, Porto, n. 40, p. 131-146, 2013.

V-1- LEI DE FARADAY – Introdução. Danilo Claro Zanardi. **YouTube**. 30 abr. 2012. 11min52s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kfV5jItEF20>>. Acesso em: 18 out. 2019.

VOSOUGHI, S.; ROY, D.; ARAL, S. The spread of true and false news online. **Science**, New York, v. 359, n. 6380, p. 1146-1151, 2018.

WHITTAKER, E. T. **A history of the theories of aether and electricity: from the age of Descartes to the close of the nineteenth century**. Dublin: Longmans, Green, and CO, 1910. 475p.

ANEXOS

Anexo A

Segue abaixo os principais trabalhos de Michael Faraday no campo do Eletromagnetismo, entre os anos de 1820 a 1855.

Quadro 3 - Principais trabalhos de Michael Faraday no Eletromagnetismo entre 1820 a 1855.

Título	Revista / Vol. / Pg.	Ano de publicação
Historical sketch of electro-magnetism (<i>part 1 - 2</i>)	<i>The Annals of Philosophy</i> , v. 2, p. 195-200 / 274-90.	1821
Historical sketch of electro-magnetism (<i>part 3</i>)	<i>The Annals of Philosophy</i> , v. 3 p. 107-17.	1822
On some new electro-magnetical motions, and on the theory of magnetism	<i>The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts</i> , v. 12, p. 75-96.	1821
Sur les mouvemens électro-magnétiques et la théorie du magnétisme	<i>Annales de Chimie et de Physique</i> , v. 18, p. 337-70.	1821
Description of an electro-magnetical apparatus for the exhibition of Rotary motion	<i>The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts</i> , v. 12, p. 283-5.	1821
Note on new electro-magnetical motions	<i>The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts</i> , v. 12, p. 416-21.	1822
Historical statement respecting electro-magnetic rotation	<i>The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts</i> , v. 15, p. 288-92.	1823
Electro-magnetic current	<i>The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts</i> , v. 19, p. 338.	1825
Experimental researches in electricity (29 series)	<i>Philosophical Transactions of the Royal Society</i> .	1832 ~ 1852
On the physical character of the lines of magnetic force	<i>Philosophical Magazine and Journal of Science</i> , p. 401-428.	1852
On some points of magnetic philosophy	<i>Philosophical Magazine and Journal of Science</i> , p. 1-33.	1855
On the lines of magnetic force (R.I.)	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
On the physical lines of magnetic force (R.I.)	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855

On the magnetic relations and characters of the metals	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
On the magnetic affection of light (repeated reflections)	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
On the distinctions between the ferro-magnetic and diamagnetic conditions of matter	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
On the diamagnetic conditions of flame and gases	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
On the use of gutta percha in electrical insulation	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
Observations on the magnetic force – law of distance (R.I.)	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
On electric induction – associated cases of current and static effects (R.I.)	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
On magnetic hypotheses (R.I.)	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
The same – and on the nature of force (R.I.)	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855
Further observations on associated cases of current and static effects	Book - <i>Experimental researches in electricity</i> , v. 3.	1855

Fonte: Autoria própria.

Anexo B

Segue abaixo as secções abordadas por Michael Faraday em seus 29 artigos numerados da série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade.

Quadro 4 - Tópicos trabalhados por Michael Faraday em sua série de Pesquisas Experimentais em Eletricidade entre 1832 a 1852.

Série	Ano de Publicação	Secções
First	1832	<ol style="list-style-type: none"> 1. On the Induction of Electric Currents. 2. On the Evolution of Electricity from Magnetism. 3. On a new Electrical Condition of Matter. 4. On Arago's Magnetic Phenomena.
Second	1832	<ol style="list-style-type: none"> 5. Terrestrial Magneto-electric Induction. 6. Force and Direction of Magneto-electric Induction generally.
Third	1833	<ol style="list-style-type: none"> 7. Identity of Electricities derived from different sources. 8. Relation by measure of common and voltaic Electricity.
Fourth	1833	<ol style="list-style-type: none"> 9. On a new Law of Electric Conduction. 10. On Conducting Power generally.
Fifth	1833	<ol style="list-style-type: none"> 11. On Electro-chemical Decomposition. <i>i.</i> New conditions of Electro-chemical Decomposition. <i>ii.</i> Influence of water in Electro-chemical Decomposition. <i>iii.</i> Theory of Electro-chemical Decomposition.
Sixth	1834	<ol style="list-style-type: none"> 12. On the power of Metals and other Solids to induce the Combination of Gaseous Bodies.
Seventh	1834	<ol style="list-style-type: none"> 11. On Electro-chemical Decomposition (continued). <i>iv.</i> On some general conditions of Electro-decomposition. <i>v.</i> On a new Measurer of Volta-electricity. <i>vi.</i> On the primitive or secondary character of bodies evolved in Electro-decomposition. <i>vii.</i> On the definite nature and extent of Electro-chemical Decompositions. 13. On the absolute quantity of Electricity associated with the particles or atoms of Matter.
Eighth	1834	<ol style="list-style-type: none"> 14. On the Electricity of the Voltaic Pile; its source, quantity, intensity, and general characters. <i>i.</i> On simple Voltaic Circles. <i>ii.</i> On the intensity necessary for Electrolyzation. <i>iii.</i> On associated Voltaic Circles, or the Voltaic Battery. <i>iv.</i> On the resistance of an Electrolyte to Electrolytic action. <i>v.</i> General remarks on the active Voltaic Battery.
Ninth	1835	<ol style="list-style-type: none"> 15. On the influence by induction of an Electric Current on itself – and on the inductive action of Electric Currents generally.
Tenth	1835	<ol style="list-style-type: none"> 16. On an improved form of the Voltaic Battery. 17. Some practical results respecting the construction and use of the Voltaic Battery.
Eleventh	1838	<ol style="list-style-type: none"> 18. On Induction. <i>i.</i> Induction an action of contiguous particles. <i>ii.</i> Absolute charge of matter. <i>iii.</i> Electrometer and inductive apparatus employed. <i>iv.</i> Induction in curved lines.

		<i>v.</i> Specific inductive capacity. <i>vi.</i> General results as to induction.
Twelfth	1838	18. On Induction (continued). <i>vii.</i> Conduction or conductive discharge. <i>viii.</i> Electrolytic discharge. <i>ix.</i> Disruptive discharge – Insulation- Spark – Brush – Difference of discharge at the positive and negative surfaces of conductors.
Thirteenth	1838	18. On Induction (continued). <i>ix.</i> Disruptive discharge (continued) – Peculiarities of positive and negative discharge either as spark or brush – Glow discharge – Dark discharge. <i>x.</i> Convection or carrying discharge. <i>xi.</i> Relation of a vacuum to electrical phenomena. 19. Nature of the electrical current.
Fourteenth	1838	20. Nature of the electric force or forces. 21. Relation of the magnetic forces. 22. Note on electrical excitation.
Fifteenth	1839	23. Notice of the character and direction of the electric force of the Gymnotus.
Sixteenth	1840	24. On the source of power in the voltaic pile. <i>i.</i> Exciting electrolytes, being conductors of thermo and feeble currents. <i>ii.</i> Inactive conducting circles containing and electrolytic fluid. <i>iii.</i> Active circles excited by solution of sulphuret of potassium.
Seventeenth	1840	24. On the source of power in the voltaic pile (continued). <i>iv.</i> The exciting chemical force affected by temperature. <i>v.</i> The exciting chemical force affected by dilution. <i>vi.</i> Differences in the order of the metallic elements of voltaic circles. <i>vii.</i> Active voltaic circles and batteries without metallic contact. <i>viii.</i> Considerations of the sufficiency of chemical action. <i>ix.</i> Thermo-electric evidence.
Eighteenth	1843	25. On the electricity evolved by the friction of water and stem against other bodies.
Nineteenth	1845	26. On the magnetization of light and the illumination of magnetic lines of force. <i>i.</i> action of magnets on light. <i>ii.</i> Action of electric currents on light. <i>iii.</i> General considerations.
Twentieth	1846	27. On new magnetic actions, and on the magnetic condition of all matter. <i>i.</i> Apparatus required. <i>ii.</i> Action of magnets on heavy glass. <i>iii.</i> Action of magnets on other substances acting magnetically on light. <i>iv.</i> Action of magnets on the metals generally.
Twenty-first	1846	27. On new magnetic actions, and on the magnetic condition of all matter (continued). <i>v.</i> Action of magnets on the magnetic metals and their compounds. <i>vi.</i> Action of magnets on air and gases. <i>vii.</i> General considerations.
Twenty-second (I)	1848	28. On the crystalline polarity of bismuth and other bodies, and on its relation to the magnetic form of force. <i>i.</i> Crystalline polarity of bismuth. <i>ii.</i> Crystalline polarity of antimony. <i>iii.</i> Crystalline polarity of arsenic.
Twenty-second (II)	1849	28. On the crystalline polarity of bismuth and other bodies, and on its relation to the magnetic form of force (continued). <i>iv.</i> Crystalline condition of various bodies. <i>v.</i> Nature of the

		magnecrystallic force, and general observations.
Twenty-third	1850	29. On the polar or other condition of diamagnetic bodies.
Twenty-fourth	1851	30. On the possible relation of Gravity to Electricity
Twenty-fifth	1851	31. On the magnetic and diamagnetic condition of bodies. <i>i.</i> Non-expansion of gaseous bodies by magnetic force. <i>ii.</i> Differential magnetic action. <i>iii.</i> Magnetic characters of Oxygen, Nitrogen and Space.
Twenty-sixth	1851	32. Magnetic conducting power. <i>i.</i> Magnetic conduction. <i>ii.</i> Conduction polarity. <i>iii.</i> Magnecrystallic conduction. 33. Atmospheric magnetism. <i>i.</i> General Principles.
Twenty-seventh	1851	33. Experimental inquiry into the laws of atmospheric magnetic action, and their application to particular cases.
Twenty-eighth	1852	34. On lines of magnetic Force; their definite character; and their distribution within a Magnet and through Space.
Twenty-ninth	1852	35. On the employment of the Induced Magneto-electric Current as a test and measure of Magnetic Forces.

Fonte: Aatoria própria.

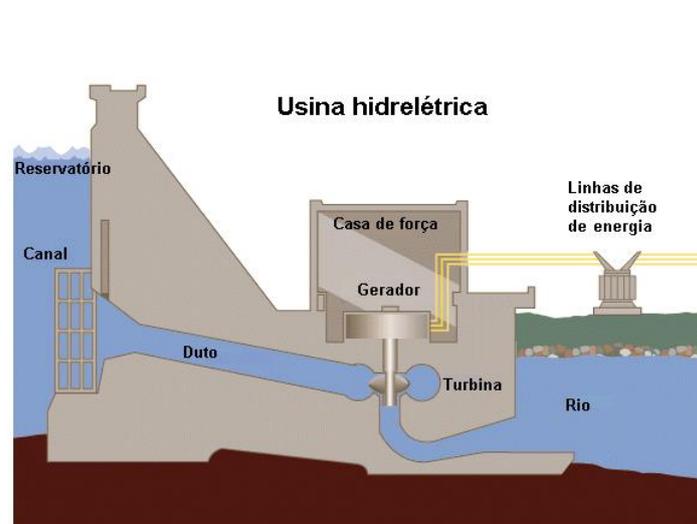
Anexo C

Segue abaixo os textos e as falas (transcrições) completas dos sites e vídeos selecionados para a pesquisa.

SITE A

Lei de Faraday

A **Lei de Faraday** ou **Lei de Indução Eletromagnética**, enuncia que quando houver variação do fluxo magnético através de um circuito, surgirá nele uma força eletromotriz induzida. Essa lei foi estabelecida por Michael Faraday, em 1831, a partir da descoberta do fenômeno da indução eletromagnética. Para sua concepção Faraday realizou inúmeros experimentos. Sendo uma lei fundamental do eletromagnetismo, foi o ponto de partida para a construção dos dínamos e sua aplicação na produção de energia elétrica em larga escala. Nas usinas de geração de energia elétrica, a energia mecânica produz a variação do fluxo magnético. A partir dessa variação, surge no gerador uma corrente induzida. Abaixo, vemos o esquema de uma usina hidrelétrica. Este tipo de usina utiliza o movimento da água (energia mecânica) para gerar a variação do fluxo magnético.



Esquema de uma usina hidrelétrica

Fórmula

A fórmula matemática que representa a lei de Faraday, como é utilizada atualmente, foi concebida pelo físico Alemão Franz Ernst Neumann, é indicada como:

$$\epsilon = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Sendo,

ϵ : força eletromotriz induzida (fem) (V)

$\Delta\Phi$: variação do fluxo magnético (Wb)

Δt : intervalo de tempo (s)

O sinal negativo da fórmula indica que o sentido da fem induzida é em oposição à variação do fluxo magnético.

Exemplo

Uma espira está imersa em um campo magnético e a intensidade do fluxo magnético que a atravessa é igual a $2 \cdot 10^{-6}$ Wb. Em um intervalo de 5s a intensidade do campo magnético é reduzida a zero. Determine o valor da fem induzida na espira nesse intervalo de tempo.

Solução:

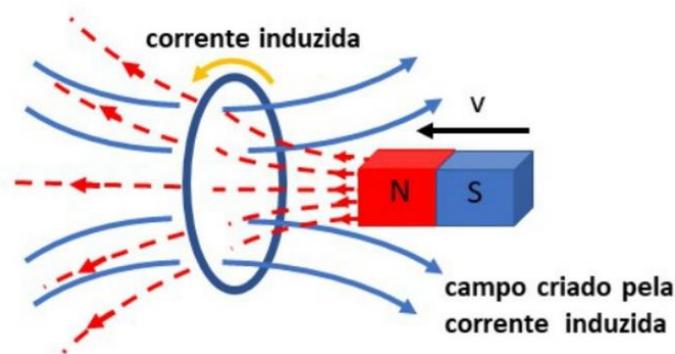
Podemos substituir os dados diretamente na fórmula da fem induzida:

$$\epsilon = - \frac{\phi_{Final} - \phi_{inicial}}{\Delta t} = - \frac{0 - 2 \cdot 10^{-6}}{5} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ V}$$

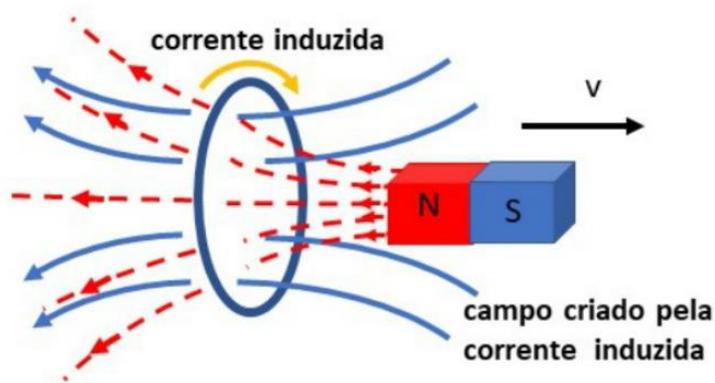
Assim, surgirá na espira uma fem de $4 \cdot 10^{-7}$ V

Lei de Lenz

Com a lei de Faraday é possível determinar o valor da fem induzida em um circuito e a partir daí podemos encontrar a intensidade da corrente induzida. Contudo, verifica-se que a corrente induzida apresenta sentidos diferentes conforme a variação do fluxo magnético. Em 1834 o físico russo Heinrich Lenz, baseado nos trabalhos de Faraday, propôs uma regra para a definição do sentido da corrente induzida. Nesta época já era conhecido o fato que uma corrente elétrica cria ao seu redor um campo magnético e que esse fenômeno também ocorria com a corrente induzida. Lenz observou que o sentido deste campo depende do aumento ou da diminuição do fluxo magnético. A lei de Lenz estabelece que o sentido do campo magnético produzido pela corrente induzida é contrário a variação do fluxo magnético. Isto é, se o fluxo magnético aumenta, aparecerá no circuito uma corrente induzida que criará um campo magnético induzido em sentido oposto ao do campo magnético que o circuito está imerso. Na imagem abaixo, temos um ímã se aproximando de uma espira. Essa aproximação produz uma aumento, durante um intervalo de tempo, do fluxo magnético através da espira. Nesta situação, o campo magnético criado pela corrente induzida surge para anular esse aumento, portanto, tem o sentido contrário do campo magnético do ímã.



Por outro lado, se o fluxo magnético diminui, o sentido da corrente será tal que o campo produzido por ela terá o mesmo sentido do campo magnético criado pelo ímã. Na figura abaixo, representamos agora o ímã se afastando da espira. Neste caso, o campo criado pela corrente induzida surge para impedir que ocorra redução do fluxo, logo tem o mesmo sentido do campo do ímã.



Para definir o sentido da corrente induzida aplica-se a regra de Ampère.

Regra de Ampère

Esta é uma regra prática para a definição do sentido do campo magnético produzido por uma corrente.

Nesta regra usamos a mão direita, como se estivéssemos envolvendo o fio. O dedo irá apontar o sentido da corrente e os demais dedos o sentido do campo magnético.



SITE B

O que é Lei de Faraday?

Aprender o que a Lei de Faraday significa e como usá-la para determinar a força eletromotriz induzida.

O que é indução eletromagnética?

Indução eletromagnética é o processo pelo qual uma corrente pode ser induzida a fluir devido a uma variação no campo magnético.

No nosso artigo sobre a força magnética, nós observamos a força experimentada ao mover cargas em um campo magnético. A força em um fio condutor devido aos elétrons que se movem dentro dele quando um campo magnético está presente é um exemplo clássico. Esse processo também funciona ao contrário. Da mesma forma, ao mover um fio através de um campo magnético ou (equivalentemente) variar a força do campo magnético ao longo do tempo, pode causar um fluxo de corrente.

Como isto é descrito?

Existem duas leis principais que descrevem a indução eletromagnética:

1. A **Lei de Faraday**, nomeada assim devido ao físico do século XIX Michael Faraday, relaciona a taxa de variação do fluxo magnético através de uma espira com a magnitude da força eletromotriz \mathcal{E} induzida nela. Essa relação é expressa por:

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt}$$

A força eletromotriz, ou FEM, refere-se à diferença de potencial ao redor da espira descarregado (ou seja, quando a resistência no circuito é alta). Na prática, geralmente é suficiente pensar na FEM como uma tensão, visto que ambas, a tensão e a FEM, são medidas usando a mesma unidade, o volt.

2. **Lei de Lenz** é uma consequência da conservação de energia aplicada à indução eletromagnética. Ela foi formulada por Heinrich Lenz em 1833. Enquanto a Lei de Faraday nos diz a magnitude do FEM produzida, a Lei de Lenz nos diz a direção que a corrente fluirá. Ela estabelece que essa direção sempre irá se opor à variação do fluxo que a produz. Isso significa que qualquer campo magnético produzido por uma corrente induzida será na direção oposta à variação do campo original.

A lei de Lenz é tipicamente incorporada na lei de Faraday com um sinal de menos, a inclusão deste permite que o mesmo sistema de coordenadas seja usado por ambos, o fluxo e o FEM. O resultado é frequentemente chamado de Lei de Faraday-Lenz,

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Na prática, nós frequentemente lidamos com a indução magnética em bobinas com múltiplas espiras de fio na quais cada espira contribui com a mesma FEM. Por essa razão, um termo adicional N , representando o número de enrolamentos, é muitas vezes incluído, ou seja:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Qual é a conexão entre a lei de Faraday da indução e a força magnética?

Enquanto a sustentação teórica da Lei de Faraday é bastante complexa, uma compreensão conceitual da conexão direta da força magnética sobre uma partícula carregada é relativamente simples.

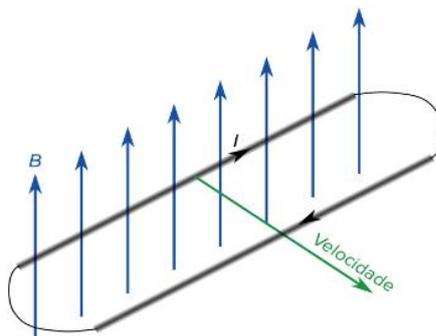


Figura 1: Carga em um fio em movimento.

Considere um elétron que está livre para se mover dentro de um fio. Como mostrado na figura 1, o fio está posicionado em um campo magnético vertical e sendo movido perpendicularmente em relação ao campo magnético com uma velocidade constante. Ambas as extremidades do fio estão conectadas, formando uma espira. Isso garante que qualquer trabalho realizado para criar uma corrente no fio é dissipado na forma de calor na resistência do próprio fio.

Uma pessoa puxa o fio com uma velocidade constante através do campo magnético. Enquanto faz isso, ela tem que aplicar uma força. O campo magnético constante não pode trabalhar sozinho (de outro modo a força dele teria que mudar), mas isso pode mudar a direção de uma força. Nesse caso, parte da força que a pessoa aplica é redirecionada, causando uma força eletromotriz no elétron que viaja no fio, estabelecendo uma corrente. Parte do trabalho que a pessoa exerceu ao puxar o fio, por fim, resulta em energia dissipada na forma de calor na resistência do próprio fio.

O experimento de Faraday: Indução de um ímã movendo-se através de uma bobina

O experimento chave que leva Michael Faraday a determinar sua Lei de Faraday foi bem simples. Ele pode ser facilmente replicado com um pouco mais do que os materiais que possuímos em casa. Faraday usou um tubo de papel com fio isolado enrolado ao redor para formar uma bobina. Um voltímetro foi conectado ao redor da bobina e a FEM induzida lida enquanto um ímã era passado através da bobina. A configuração está mostrada na Figura 2.

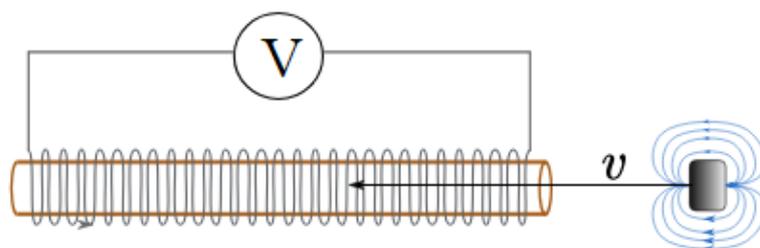
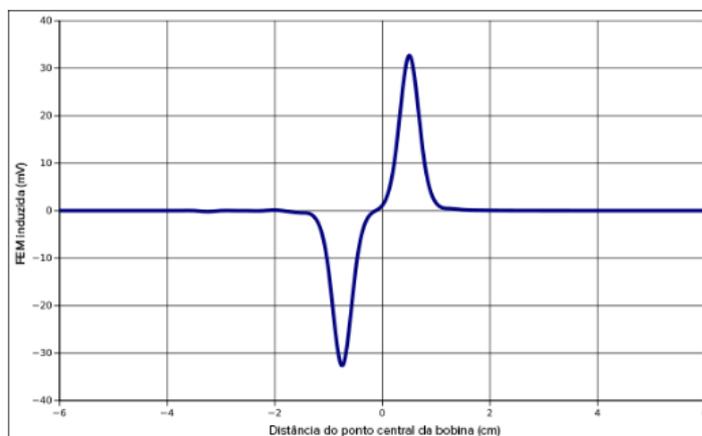


Figura 2: O experimento de Faraday: um ímã é passado através de uma bobina.

As observações foram as seguintes:

1. Um ímã em repouso dentro ou perto da bobina: Nenhuma tensão observada.
2. Um ímã se movendo em direção à bobina: Alguma tensão é medida, atingindo um pico enquanto o ímã se aproxima do centro da bobina.
3. Um ímã passa através do meio da bobina: A tensão medida rapidamente muda de sinal.
4. Um ímã passa para fora e vai para longe da bobina: A tensão medida está na direção oposta ao caso anterior do ímã se movendo para dentro da bobina.

Um exemplo da FEM medida está plotado em relação à posição do ímã, na Figura 3.



Essas observações são consistentes com a Lei de Faraday. Embora o ímã estacionário possa produzir um grande campo magnético, nenhuma FEM pode ser induzida pois o fluxo através da bobina não está variando. Quando o ímã se move mais próximo da bobina o fluxo rapidamente aumenta até o ímã estar dentro da bobina. Assim que ele passa através da bobina, o fluxo magnético pela bobina começa a diminuir. Consequentemente, a FEM induzida se inverte.

Exercício 1a:

Um pequeno ímã permanente de 10 mm de diâmetro produz um campo de 100 mT. O campo diminui rapidamente com a distância e é insignificante a mais de 1 mm da superfície. Se esse ímã se move numa velocidade de 1 m/s através de uma bobina de 100 voltas e de comprimento 1 mm e diâmetro pouco maior que o ímã, qual é a FEM induzida?

Exercício 1b:

Se o ímã é solto primeiro do polo Norte, em qual direção (horária ou anti horária) a corrente irá **imediatamente** fluir na bobina?

Exercício 1c:

Suponha que as extremidades da bobina estão eletricamente conectadas entre si, garantindo que qualquer corrente gerada é dissipada como calor na resistência dos fios. Qual efeito você esperaria que isso tivesse no ímã que cai? Dica: considere a conservação de energia.

Indução em fios paralelos

Se um par de fios é colocado paralelamente um ao outro é possível, com uma variação de corrente em um dos fios, induzir um pulso de FEM no fio vizinho. Isso pode ser um problema quando a corrente fluindo nos fios vizinhos representam dados digitais. Em última análise, este efeito pode limitar a velocidade na qual os dados podem ser enviados com segurança desta forma.

Exercício 2:

A Figura 5 mostra um par de fios paralelos. Um deles é conectado a uma bateria por meio de um interruptor e um medidor de corrente enquanto seu vizinho forma uma espira com apenas um medidor de corrente em série. Suponha que o interruptor é brevemente ligado e então desligado. Qualitativamente falando, o que acontecerá com a corrente medida no vizinho?

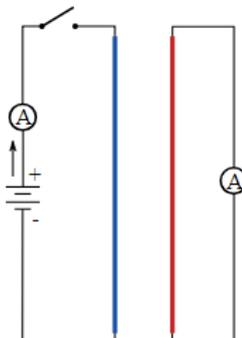


Figura 6: Pulsos de corrente devido à indução entre fios paralelos.

O que é um transformador?

Da maneira mais simples, um transformador é simplesmente um par de bobinas presas ao mesmo núcleo. O núcleo geralmente é modelado como uma espira quadrada com bobinas primária e secundária enroladas em lados opostos. A construção de um transformador permite ao fluxo magnético gerado por uma variação de corrente em uma bobina induzir uma corrente na bobina vizinha.

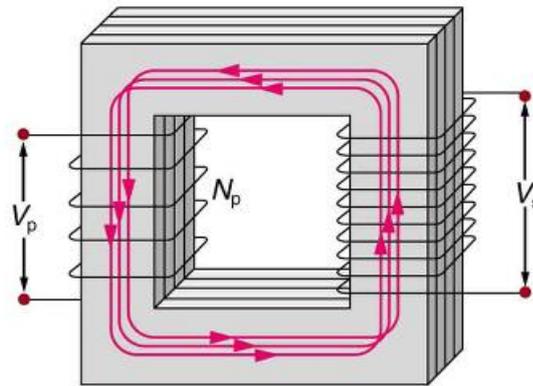


Figura 8: Construção de um transformador típico [2]

Grandes transformadores são um componente chave de um sistema de distribuição elétrica. Eles são especialmente úteis pois o número de voltas em cada bobina não precisa ser o mesmo. Visto que a FEM induzida depende do número de voltas, transformadores permitem que a tensão de uma corrente alternada seja drasticamente aumentada ou diminuída. Isto é crucial, já que permite que altas voltagens sejam usadas para distribuir eficientemente a energia por longas distâncias, com voltagens muito mais baixas e mais seguras disponíveis para os consumidores.

Para um transformador com nenhuma perda, a tensão alternada gerada através de uma bobina secundária V_s depende da tensão alternada gerada na bobina primária V_p e da relação de voltas nas bobinas primária e secundária (N_s/N_p). Visto que a energia é conservada, a corrente máxima disponível aumenta quando a tensão é diminuída.

$$V_s = V_p \frac{N_s}{N_p}$$

SITE C

Sabemos que quando uma diferença de potencial é aplicada sobre um circuito há o surgimento de uma corrente elétrica induzida, chamada força eletromotriz. A Lei de Faraday relaciona a força eletromotriz ε induzida na espira com a taxa de variação do fluxo magnético através desta espira.

Assim, a Lei de Faraday enuncia que:

O valor da força eletromotriz induzida em uma espira de área A é igual à taxa de variação do fluxo magnético através dessa espira. Matematicamente, a Lei de Faraday pode ser escrita como:

$$\varepsilon = \frac{-\Delta\phi}{\Delta t}$$

Embora saibamos que a Lei de Faraday nos permite calcular o valor da força eletromotriz induzida, que é responsável pela corrente induzida no circuito, ela não determina o sentido da corrente elétrica. Cabe lembrar que no Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de medida da força eletromotriz é dada em volts (V).

Essa lei é muito utilizada na fabricação de geradores elétricos, responsáveis em transformar energia mecânica em elétrica. Fazendo uma análise na equação do fluxo magnético,

$$\Phi = B.A.\cos\theta$$

podemos perceber que o fluxo magnético sofre variação sempre que há variação na intensidade do campo magnético (B), no valor da área A ou na orientação relativa entre a área e o campo (θ).

SITE D**Lei de Faraday-Neumann**

Também chamada de lei da indução magnética, esta lei, elaborada a partir de contribuições de Michael Faraday, Franz Ernst Neumann e Heinrich Lenz entre 1831 e 1845, quantifica a indução eletromagnética.

A lei de Faraday-Neumann relaciona a força eletromotriz gerada entre os terminais de um condutor sujeito à variação de fluxo magnético com o módulo da variação do fluxo em função de um intervalo de tempo em que esta variação acontece, sendo expressa matematicamente por:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

O sinal negativo da expressão é uma consequência da Lei de Lenz, que diz que a corrente induzida tem um sentido que gera um fluxo induzido oposto ao fluxo indutor.

SITE E

Lei de Indução de Michael Faraday

Michael Faraday (1791-1867) nasceu em Londres, na Inglaterra em 22/09/1791. Terceiro filho de um ferreiro de Newington, subúrbio de Londres, foi obrigado a abandonar os estudos para se dedicar ao trabalho aos treze anos. Trabalhou para o livreiro G. Ribeau. Neste intervalo de tempo, aproveitou o contato com os livros para estudar.

Em algumas experiências, Faraday percebeu que ao introduzir um ímã em uma bobina esta acusava a presença de uma corrente elétrica na mesma. Este fenômeno foi caracterizado qualitativamente e quantitativamente e deu origem à **Lei da Indução de Faraday** que é expressa matematicamente como:

$$|\varepsilon| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

Ou seja, a intensidade da força eletromotriz induzida (ε) é igual à variação do fluxo magnético no interior da espira. Esta é uma das quatro equações de Maxwell para o Eletromagnetismo.

Mas a unidade de indutância no SI é o henry (abreviação H) em homenagem ao americano Joseph Henry embora tenha publicado seus resultados para a indutância um pouco mais tarde que Faraday.

Faraday introduziu o conceito de campo de força ou simplesmente campo. Mesmo sem ter recebido instrução escolar completa, Faraday recebeu o Diploma Honorário da Universidade de Oxford em 1832. Ainda recebeu logo em seguida a medalha de Copley da Royal Instituição.

Em 1837 o físico percebeu que quando um capacitor recebe menos carga quando há vácuo entre as armaduras do que quando há um dielétrico entre elas. Então a unidade de capacitância foi chamada de farad (abreviação F) em homenagem a ele. 21 anos depois, começou a sofrer com uma doença que causava perda temporária de memória e acabou se afastando da vida pública.

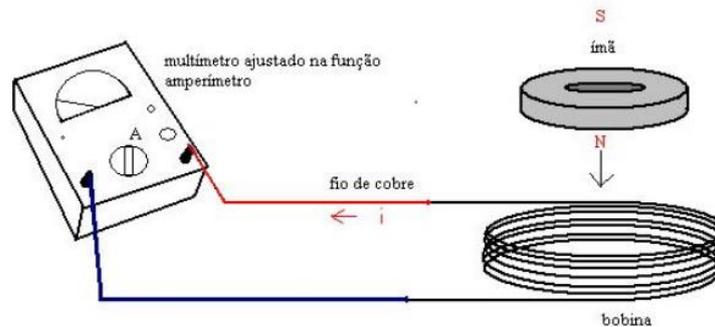
A partir de 1862, passou a maior parte de seu tempo em casa, onde veio a falecer em 25/08/1867. Einstein e Maxwell se apoiaram em seu trabalho para desenvolver o estudo do Eletromagnetismo e da Física Moderna.

A experiência de Faraday

Para a bobina faz-se um enrolamento de fios de cobre esmaltados ou fios de fiação elétrica residencial. O ímã pode ser retirado de um auto-falante sucateado, de potencia

média ou alta, como os de toca CD's. Usa-se um multímetro que será ajustado na função microampère, dependendo da quantidade de espiras da bobina e do potencial do ímã.

Conecta-se os terminais do multímetro nas duas extremidades do enrolamento de fios de cobre. Aproxima-se o ímã da bobina, conforme mostra a figura 01:



Observa-se o comportamento do ponteiro do multímetro.

A experiência de Faraday é de extrema importância para o estudo do Eletromagnetismo, pois baseado na análise da interação entre campo elétrico e magnético podem ser explicado muitos outros fenômenos relacionados a esta importante parte da Física.

A lei de Lenz

A lei de Faraday expressa somente a intensidade da força eletromotriz induzida. Então em 1834 Heinrich E. Lenz (1804-1865) define que a força eletromotriz é igual ao negativo da variação do fluxo magnético no interior da espira, assumindo a forma:

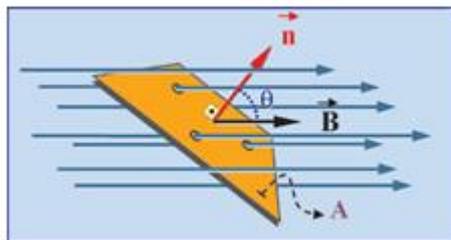
$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Ou seja, esta lei especifica o sentido da força eletromotriz induzida. Neste caso, o sentido da corrente elétrica é anti-horário para quando o norte do ímã se aproxima da espira ou conjunto de espiras.

SITE F

Fluxo Magnético e a Lei de Faraday**Fluxo Magnético**

Suponha uma superfície plana de área A que é colocada na presença de um campo magnético uniforme e de indução magnética B . Seja n normal à superfície e α o ângulo que n faz com a direção da indução magnética, veja:



Dessa forma, podemos definir fluxo magnético pela letra Φ (fi), como sendo o produto entre a indução magnética, a área da superfície plana e o cosseno do ângulo formado, ou seja:

$$\Phi = BA \cos \theta$$

Lembrando que a indução magnética trata-se de grandeza vetorial, sendo assim, ela possui módulo, direção e sentido. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de fluxo magnético é o weber, em homenagem ao físico alemão que viveu no século XIX e, juntamente com Gauss, estudou o magnetismo terrestre. A unidade da indução magnética (B) é o tesla (T).

O fluxo magnético pode ser entendido como sendo o número de linhas de indução que atravessam a superfície, assim sendo, podemos concluir que quanto maior o número de linhas que atravessam a superfície maior será o valor do fluxo magnético.

Lei de Faraday

Faraday realizou inúmeras experiências e em todas elas ele percebeu um fato bem comum que ocorria sempre que aparecia uma força eletromotriz induzida. Ao analisar todos os seus trabalhos, ele verificou que quando a força eletromotriz aparecia no circuito ocorria a variação do fluxo magnético nesse mesmo circuito. Faraday observou que a intensidade da f.e.m é cada vez maior quanto mais rápido ocorrer a variação do fluxo magnético. De forma mais precisa, ele verificou que durante um intervalo de tempo Δt o fluxo magnético varia $\Delta\Phi$, e dessa forma ele concluiu que a f.e.m é dada pela razão entre variação do fluxo magnético e a variação do tempo, veja:

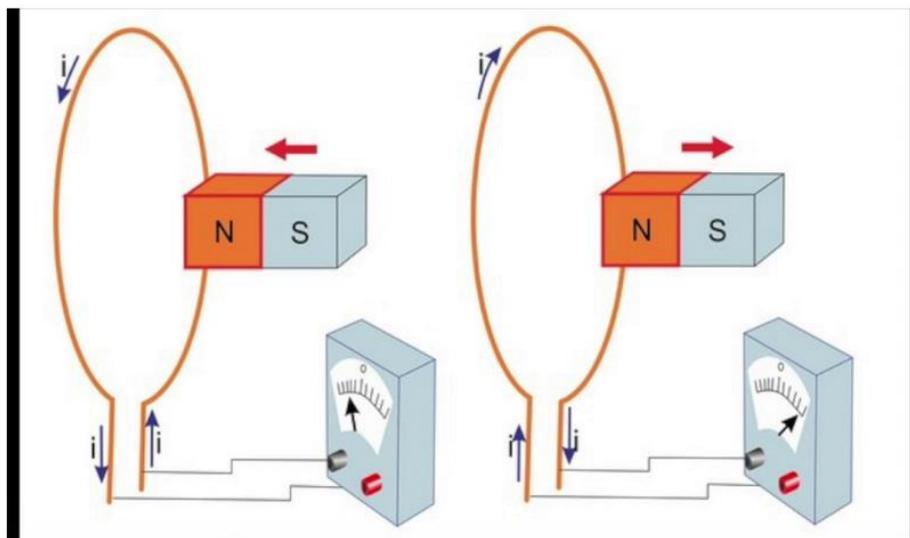
$$\varepsilon = \Delta\Phi / \Delta t$$

O aparecimento da força eletromotriz foi denominado de indução eletromagnética e a expressão descrita acima ficou conhecida como a Lei de Faraday da indução eletromagnética.

SITE G

Lei de Faraday, o que é, contexto histórico e contribuições à humanidade

Pela Lei de Faraday, quando tiver uma variação do fluxo magnético por meio de um circuito, aparecerá ali uma força eletromotriz induzida.



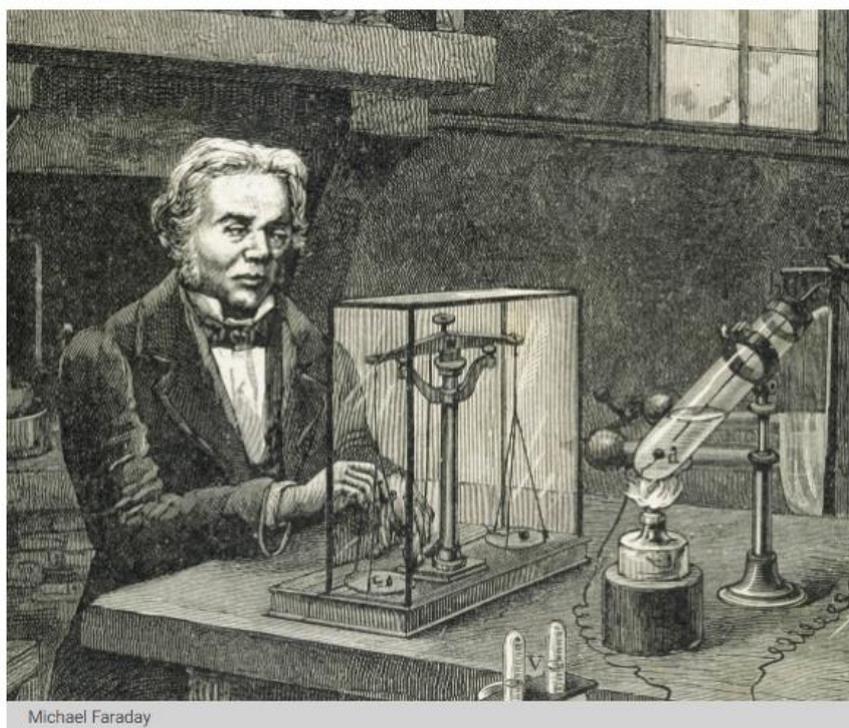
A Lei de Faraday dispõe que quando ocorrer uma variação em campo magnético, via circuito elétrico, ocorrerá uma força eletromotriz. Também chamada de Lei da Indução de Faraday, assim como Lei da Indução Eletromagnética.

Essa é uma lei essencial do Eletromagnetismo, posto que de seu estudo se criou os dínamos. Além disso, a partir dela foi possível a produção de energia elétrica em larga escala.

Nas usinas em que se gera energia elétrica, a variação do fluxo magnético se dá através da energia mecânica. É assim que nasce no gerador uma corrente induzida.

Contexto Histórico

Michael Faraday, em 1831, descobriu a indução eletromagnética e publicou pela primeira vez os resultados dos experimentos sobre o assunto.



Em 29 de agosto de 1831 ele realizou a pioneira demonstração experimental da indução eletromagnética. Ele uniu dois fios em lados opostos de um anel de ferro, sendo que um conectou a um galvanômetro e o outro, a uma bateria.

Uma corrente elétrica então passou de um lado ao outro, conquanto ele a denominou de onda de eletricidade.

Faraday se valeu da teoria de suas linhas de força para explicar a indução eletromagnética. No Eletromagnetismo, linha de força é a linha imaginária curva que tem uma tangente direciona o campo elétrico num ponto.

A Lei de Faraday estabelece que, quando acontecer a variação do fluxo magnético por um circuito, vai surgir nele uma força eletromotriz induzida. Essa lei estipulou as bases para a produção em grande escala da energia elétrica. Portanto seus estudos foram fundamentais para que a humanidade chegasse ao estágio evolutivo atual.

A fórmula da Lei de Faraday

Foi o físico alemão Franz Ernst Neumann quem criou a fórmula matemática da Lei de Faraday, posto que até hoje é usada. Ele a concebeu como:

Força Eletromotriz Induzida

Lei de Faraday:

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

- ε é a força eletromotriz induzida
- $|\Delta\Phi|$ é a variação fluxo magnético
- Δt é o intervalo de tempo

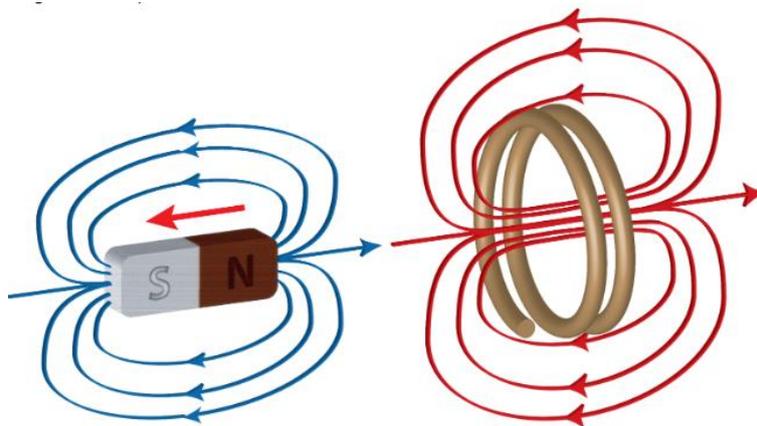
Explicando: “ ε ” = força eletromotriz induzida (fem) (V); “ $\Delta\Phi$ ” = variação do fluxo magnético (Wb); “ Δt ” = intervalo de tempo (s). Já o ponto negativo da fórmula demonstra que o sentido da “fem” induzida é em oposição à variação do fluxo magnético.

A Lei de Lenz

Encontramos a intensidade da corrente induzida se determinarmos o valor da “fem” induzida dentro de um circuito. E é com a Lei de Faraday que isso se torna possível. Só que a corrente induzida tem sentidos diferentes de acordo com a variação do fluxo magnético.

Para consertar isso, em 1834 o físico russo Heinrich Lenz criou uma regra, posto que desejava estipular o sentido da corrente induzida. Para seus experimentos a base foi a Lei de Faraday, conquanto tenha chegado a uma conclusão interessante. Lenz estabeleceu que o sentido do campo magnético que a corrente induzida produziu é o oposto da variação do fluxo magnético.

Dessa forma, se o fluxo magnético cresce, surge no circuito certa corrente induzida criadora de um campo magnético induzido. Este será em sentido oposto ao do campo magnético em que o circuito está imerso.



Na imagem acima vemos um ímã que se aproxima de uma espira. Tal aproximação produz uma aumento, no intervalo de tempo, do fluxo magnético pela espira.

VÍDEO A (Transcrição – 0 à 10min14s)

Bom, então a gente vai ver agora a indução, que é um fenômeno que encerra o eletromagnetismo, e como se chegou nas relações que a gente vai ver agora?

Na verdade, antes de se descobrir o fenômeno da indução, já se sabia que a carga elétrica em movimento, gerava campo magnético, já se sabia que era possível a partir de um fenômeno elétrico, tu ter uma manifestação magnética, mas a condição pra isso, é que a carga elétrica estivesse em movimento, daí ela ia gerar um campo magnético, que tu ia determinar lá pela regra da mão direita, essa carga ia sofrer uma força magnética, caso ela estivesse se movimentando num campo magnético, que é a regra lá do tapa, mas a partir disso, se começou a se perguntar, se tu consegue a partir da eletricidade, apresentar, fazer com que a matéria apresente uma manifestação magnética, o caminho contrário também é possível? É possível, seria possível, existiria essa simetria a partir de um fenômeno magnético, tu conseguir apresentar um fenômeno elétrico? E quem descobriu isso? Quem descobriu a condição para que isso acontecesse, para que o fenômeno magnético também apresentasse manifestação elétrica? Foi o Michael Faraday, e como ele chegou nessa conclusão? E como ele chegou nessa condição necessária? É o que a gente vai ver agora...

O Faraday fez uma série de experimentos que ajudaram ele a chegar nas suas conclusões, e dois desses experimento eu trago aqui para vocês, o primeiro deles, é esse aqui, é um ímã em forma de barra, eu só desenhei o campo de um lado, só me interessa por enquanto o campo de um lado, mas ele tem sim dois polos, o ímã sempre tem dois polos, e no campo magnético desse ímã, estava posicionada uma espira feita de um material condutor, e ainda ligada nessa espira tinha um amperímetro, que é o dispositivo que mede a corrente elétrica, e o que que o Faraday observava é que quando a espira estava parada, não circulava nenhuma corrente, nenhuma corrente era lida no amperímetro, então não tinha corrente elétrica, e quando ele movimentava a espira para frente, e para trás, enquanto a espira estava sendo movimentada, o amperímetro acusava a presença de corrente elétrica na espira, se ele voltasse soltar a espira, deixar ela em repouso no campo magnético, de novo o amperímetro, a leitura do amperímetro marcava zero.

Mexia, o amperímetro indicava corrente, deixava parado, o amperímetro mostrava que a corrente era zero.

O segundo experimento que Faraday realizou, ta aqui abaixo, ele tinha dois solenoides, o primeiro deles ligado a uma fonte de tensão, que podia fazer circular uma corrente por este solenoide, e uma chave para abrir e fechar o circuito, interromper ou não a corrente, do lado desse solenoide, tinha um outro solenoide, que não tinha nenhuma fonte de tensão acoplada nele, só tinha um amperímetro, que era para marcar se havia ou não corrente no solenoide, quando a chave estava aberta, nenhuma corrente circulava nesse solenoide, nenhuma campo magnético existia nesse solenoide, e o amperímetro aqui, não marcava nada, a leitura do amperímetro era zero, no momento

em que a chave era fechada, circulava uma corrente pelo solenoide, e aparecia no solenoide um campo magnético, então fechou a chave, surgiu no solenoide um campo magnético, e no momento do fechamento da chave, surgiu no amperímetro uma corrente elétrica, acusando que nesse solenoide começou a circular uma corrente elétrica.

Mas essa corrente logo voltava a ser zero, ela logo baixava, diminuía para zero de novo, era só no momento do fechamento da chave, e que surgia, o ponteiro batia no máximo e voltava pro zero, mostrando que a corrente só durou alguns instantes, a corrente só ia voltar a surgir quando a chave C era fechada, no momento em que a chave C era fechada, era desligado o campo magnético no solenoide, e surgia no outro solenoide, uma corrente no sentido contrário, que logo voltava pra zero, só no momento da abertura da chave, é que a corrente surgia, logo depois ela voltava a ser zero.

Então, era mais ou menos assim, quando o campo surgia, havia corrente, no momento em que surgia o campo, existia corrente no solenoide, no momento em que o campo ficava estável, não tinha nenhuma corrente nesse solenoide, sumia o campo nesse momento, surgia corrente, assim que se estabilizasse essa situação, a corrente voltava a ser zero. Essa corrente que surge no solenoide, ela é uma corrente alternada, porque hora ela ta num sentido, o ponteiro acusa a corrente numa direção, outra hora ela ta em outro sentido, o ponteiro acusa a corrente na outra direção, então essa corrente marcada pelo amperímetro é uma corrente alternada, e outra coisa importante de se destacar aqui, é que esse solenoide, como já foi dito antes, não está ligado a nenhuma fonte de tensão, não há voltagem nesse solenoide, então foi criado ai, de alguma maneira, uma diferença de potencial, uma ddp, que pôde fazer a corrente circular, na verdade, essa diferença de potencial, essa força eletromotriz que surge no solenoide, o Faraday chamou de força eletromotriz induzida, por que induzida? Porque ela foi induzida pela presença de campo magnético do outro solenoide, mas a simples presença desse campo magnético, não é suficiente para induzir uma força eletromotriz nesse solenoide, o Faraday percebeu que a força eletromotriz induzida que ia gerar corrente, só surgia no momento em que o campo aumentava ou diminuía, a simples presença do campo não bastava, ele precisava estar variando, o que Faraday conseguiu concluir é que sempre que surgia corrente no Amperímetro, sempre que surgia força eletromotriz induzida, o fluxo de campo magnético dentro desse solenoide aqui estava variando, e está a grande condição necessária para fazer o fenômeno magnético apresentar uma propriedade elétrica, o fluxo de campo magnético por dentro do condutor, deve estar variando, voltando lá para o outro exemplo, agora a gente consegue entender porque só surgia corrente nessa espira quando ela estava se movimentando, vamos botar aqui, a espira bem próxima do imã, e observe o número de linhas de campo que estão atravessando a espira, nessa situação o Faraday percebeu que não tinha nenhuma corrente circulando na espira, porque? Porque o fluxo de campo magnético aqui era constante, mas a partir do momento em que ele ia afastando a espira do imã, ele ia levando a espira para uma região onde o campo magnético era menor, diminuía o campo magnético, faz o fluxo

diminuir, observe que o número de linhas lá dentro, da espira, diminuiu, variou o fluxo, se eu afastar ainda mais, o fluxo diminuiu ainda mais, oh, levei para uma região onde o campo magnético é ainda menor, diminuiu o fluxo, então, enquanto a espira estava sendo afastada, o fluxo estava diminuindo, e surgia nessa espira, uma força eletromotriz induzida, que gerava uma corrente elétrica induzida se a espira fosse condutora, deixava a espira parada no lugar, o fluxo estabilizava, ficava constante, e nenhuma força eletromotriz é induzida na espira, voltava movimentar a espira, o fluxo voltava a variar, e voltava a surgir força eletromotriz induzida, lembrando que o fluxo ϕ (Phi) de campo magnético através da espira, depende da intensidade do campo, da área da espira, e da orientação da espira em relação ao campo magnético, existem diferentes ações que podem fazer o fluxo aqui dentro da espira variar, uma delas, a gente já viu, é modificar o campo magnético, levar a espira para regiões de campo magnético mais intenso ou regiões de campo, mais, menos intenso.

Outra ação que eu posso ter também é modificar a área da espira, eu posso aumentar a área da espira, aumentando o fluxo através dela, ou eu posso diminuir a área da espira, diminuindo o fluxo através dela, e a terceira e última ação que eu posso fazer o fluxo de campo magnético modificar dentro da espira, é mudar a orientação dela em relação ao campo magnético, fazer com que ela gire no campo magnético, o fluxo vai diminuir, ou então vai, aumentar, e isso vai fazer com que a força eletromotriz seja induzida na espira, então nos exercícios que te pedirem, para tu identificar situações que existe força eletromotriz induzida, ou corrente elétrica induzida, tu tem que procurar por situações que o fluxo de campo magnético esteja variando, situações em que o fluxo de campo magnético é estável, não te serve, não produz força eletromotriz induzida, e a intensidade dessa força eletromotriz induzida, vai ser dada pela variação do fluxo, dividido pelo intervalo de tempo onde ocorreu essa variação do fluxo, então a gente pode perceber dessa equação aqui, que é a lei de Faraday, essa equação aí é a lei de Faraday, a gente pode ver a partir dela, que quanto maior for a variação de fluxo, maior vai ser a força eletromotriz induzida, enquanto menos tempo essa variação ocorrer, quanto mais brusca ela for, quanto menos for o tempo que ela demorar para acontecer, maior vai ser a força eletromotriz induzida, a força eletromotriz induzida é medida numa unidade que a gente já conhece, é o volt, o tempo em segundos, e a variação do fluxo em Webber.

Ok? Então aí tá a lei de Faraday, e a condição para que ela aconteça, para que surja a força eletromotriz induzida, logo em seguida a gente vai algumas aplicações, e vamos ver também a lei de Lenz, que parte importante da lei de Faraday, mas por enquanto, era isso.

VÍDEO B (Transcrição – 0 à 12min55s)

Fala galera, tudo bem? Galera, para quem não me conhece, eu sou o professor Marcelo Boaro, professor de física, eu gravo vídeo aula de todo o conteúdo da física, ensino médio e pré-vestibular, ta bom? Nesse momento, meu querido, minha querida, to gravando vídeo aula de eletromag, eletromagnetismo, eletromag, eletromag.

Galera, você que ver como eu que gravei os outros conteúdos, entre no meu canal, ta, entre no canal do YouTube, faz uma pesquisa, você vai ver, eu dividi em playlists, eletromag, dinâmica, estática, cinemática, hidrostática, tudo, tudo.

Nesse momento, eu não gravei tudo ainda, conforme eu gravando ao longo da semana, dos meses, dos anos, eu vou fazendo tudo o trabalho, eu vou postando lá, conteúdo sempre divididinho, organizadinho para você, ta bom?

Eu gravo também resolução de alguns vestibulares, dicas pros pré-vestibulares, tudo mais, tudo mais. Nesse momento, meu querido, to gravando aula de eletromagnetismo, eletromag, eletromag.

Essa é a aula número 12, é uma aula sobre, ah, lei de Faraday, lei de Faraday-Neumann, foram os dois pensadores dessa época, lei de Faraday, chamada indução eletromagnética, vamos contextualizar, gente, é importante que você venha acompanhando estudo aula a aula, ta bom? Na aula 10, eu falei para vocês sobre fluxo magnético, quando eu tenho um ímã, por exemplo, quando eu tenho um ímã, quando eu tenho uma espira, deixa eu pegar minha espira didática aqui, eu tenho um ímã, próximo de uma espira, há um fluxo de campo magnético aqui, lembra? Aula 10, fluxo de campo magnético, se eu aproximo a espira, aumento o fluxo, se eu afasto a espira, diminuiu o fluxo, certo? Tudo bem, aula 10, fluxo magnético.

Aula 11, aula passada, inclusive apareceu o link lá pra você ir assistir, se você não viu, vai lá assista, para tu poder acompanhar, ta bom? Aula 11, lei de Lenz, lei de Lenz, o que que era a lei de Lenz mesmo? Heinrich, Lenz, o russo. O que era a lei de Lenz mesmo? Lei de Lenz é uma lei experimental, que diz o seguinte, quando eu aproximo o ímã a uma variação de fluxo na espira, uma variação de fluxo, se o fluxo aumenta, surge uma corrente elétrica, surge uma corrente elétrica na espira, que tende a compensar esse aumento, que se opõe a essa variação, a corrente elétrica que surge aqui, se opõe a variação, então se eu aproximo o norte, vai surgir um norte aqui ó, ao contrário, ta? Se eu aproximo norte, surge um norte contrário, tanto que é difícil aproximar, guarda assim meu querido ó, é difícil aproximar, se eu pego o meu ímã, norte, eu aproximo, é difícil aproximar, dai na hora de afastar, é difícil afastar, ta bom? Eu vou afastar, é difícil afastar, gente, claro que estou exagerando né, são recursos didáticos para você memorizar, você não faz tanta força assim, você puxa ele vai e vem né meu, então, se eu puxo assim ó, é difícil afastar, por quê? Porque quando eu afasto, diminuiu o fluxo lá dentro, se diminuiu o fluxo lá dentro, surge uma corrente elétrica na espira que tende a compensar, que se opõe, se opõe meu querido, se opõe, a essa

variação, no caso, é produzir uma favorável, é produzir um campo favorável, nesse minha espira, um campo favorável, surge um sul, ta? Então é assim ó, aproximo o norte, surge um norte, é difícil aproximar, afasta um norte, surge um sul, é difícil afastar, virei meu imã, aproxima o sul, aproxima o sul, surge um sul, é difícil aproximar, afasto um sul, afasto um sul, surge um norte, é difícil afastar, entendeu? Isso tudo eu discuti em detalhes na lei de Lenz, na aula 11, na aula passada.

Essa aula aqui meu querido, é sobre a lei de Faraday-Neumann, lei de Faraday, bom na lei de Faraday eu vou estudar então, essa força eletromotriz meu querido, essa força eletromotriz que surge ai, se eu faço variar o fluxo, surge uma força eletromotriz, surge uma corrente elétrica induzida gente, força eletromotriz induzida, uma corrente elétrica induzida, isso, então nesse momento, eu vou estudar, se você fez a aula 10, fez à aula 11, você entendeu bem o conceito, agora a gente vai calcular essa força eletromotriz, como ela é, qual é a corrente que surge na espira, e tudo mais, ta bom?

Galera, a lei, ah, a lei de Faraday-Neumann, lei de Faraday, diz o seguinte, a força eletromotriz induzida numa espira, à força eletromotriz que vai ser induzida, ou seja, a ddp que vai ser induzida na espira, é igual a menos a variação do fluxo pelo tempo, vou escrever aqui pra você, menos a variação do fluxo galera, isso daqui ó, é variação do fluxo, a variação do fluxo magnético, ta? A variação do fluxo magnético pelo tempo, pela variação do tempo meu querido, variação do fluxo pela variação do tempo, opa, então galera, então, se eu pegar minha espira, se eu aproximar rapidamente o imã, a variação do fluxo vai ser muito intensa, vai, vai, ó, ta lá longe, o fluxo é quase zero, eu trago aqui com tudo, o fluxo fica máxima, a variação é grande no tempo, a variação é grande Boaro? É, então vai surgir uma força eletromotriz grande aqui? Vai, então a corrente elétrica vai ser grande? Vai cara, mas se eu trazer lentamente, se eu trazer esse imã lentamente, vai haver uma variação de fluxo aqui dentro? Claro que vai né gente, se eu to aproximando, mesmo que lentamente vai haver uma variação de fluxo aqui, enquanto há uma variação de fluxo, há uma ddp, há uma corrente elétrica induzida, só que essa corrente elétrica induzida é pequenininha, se eu faço devagarinho a corrente elétrica é pequena, por quê? Porque a ddp né, a força eletromotriz aqui vai ser pequena, se eu aproximo com tudo, ou afasto com tudo, ai a variação é grande, se a variação é grande, a força eletromotriz é grande, se a força eletromotriz é grande, o que que vai acontecer meu querido? A corrente elétrica que surge aqui é intensa, a corrente elétrica induzida é intensa, ta bom?

Galera, to montando kits, to comprando kits, com tudo isso dessa aula, da aula passada, da aula anterior, eu vou montar um monte de experimentos, isso eu vou montar com certeza, com certeza, ao longo das semanas, dos meses, eu vou comprar coisinhas, umas coisas eu já fiz, eu já montei, umas coisas ainda não, mas eu já gravei, já postei, outras coisas eu to editando, é assim ó, minha vida, é assim ó, eu vou fazer sempre, sempre eu vou postando coisas, exercício resolvidos, e tudo mais, tudo no menu de conteúdo, ta bom? Os videozinhos de conteúdo esse, ta bom? Disso eu vou por também, você vai ver, eu vou botar o amperímetro la, vou colocar, se eu aproximo o

imã com tudo, a ponta do amperímetro vai com tudo, se eu aproximo devagarinho, a ponta do amperímetro vai só um pouco, entendeu?

Por quê? Por que a força eletromotriz induzida, o ϵ é a força eletromotriz induzida, e a ddp induzida aqui, depende da variação do fluxo, ta bom meu querido? Ta bom?

Então ó, ah, é comum também a gente dar essa variação na forma de gráfico, então eu apresentei para você aqui ó, gráfico do fluxo pelo tempo, galera, vocês já estão acostumados trabalhar com gráfico né meu, você estudou para caramba mecânica, você estudou para caramba outros, outras partes da física, e lá você viu muito gráfico, então aqui ó, o gráfico do fluxo pelo tempo, olha só que interessante, quando eu vou de 0 a 1s, por exemplo, esse gráfico eu inventei, de 0 a 1s, o fluxo o que meu querido? O fluxo o que? O fluxo aumentou Boaro, aumentou, o fluxo era dado em que mesmo? Vamos lembrar, unidade de fluxo é o? Webber, unidade de campo magnético é o? Tesla, lembra? Força, força magnética, força é Newton, carga, carga é o Coulomb, velocidade é o metro por segundos, tudo bem, até ai sem novidade, ai surgiu campo magnético, campo magnético é dado em tesla, meu querido, campo magnético é dado em tesla, campo magnético é dado em tesla, o fluxo magnético, fluxo magnético é dado em Webber, Webber, que é o tesla versus metro quadrado, é o Webber, ta? O fluxo magnético é dado em Webber, e a ddp? A ddp é volt né mesmo, a ddp é volt, ta bom?

Então ó, de novo, retomando, de 0 a 1s, galera, o fluxo magnético aumentou, o fluxo magnético ϕ aumentou, então se o fluxo ϕ aumentou, surgiu uma força eletromotriz nessa espira, nesse fio, nesse, nessa barra, na próxima aula, na aula 13, eu vou discutir uma barra metálica sendo deslocada na região de campo, eu posso colocar um trilho metálico, colocar essa barra, fazer ela deslocar, vai surgir uma variação de fluxo, vai surgir um campo magnético ali, vai ter corrente elétrica, vai ter força, tudo mais, isso eu discuto na aula 13, ta bom?

Legal galera, e depois de 1s meu querido? Olha lá, meu querido, minha querida, me ajuda, depois de 1s, o que acontece? Depois de 1 segundo galera, não tem mais variação de fluxo né? Se não tem mais variação de fluxo, eu pergunto para você, quando t igual a 2s, quando t igual a 2s, quanto vale a variação de fluxo? Ah não tem variação de fluxo Boaro, o fluxo não esta variando, isso mesmo, então se não tem variação de fluxo, o delta ϕ é zero, se delta ϕ é zero, quanto vale o ϵ ? Isso aluno atento, aluna atenta, se, a variação de fluxo for zero, não tem força eletromotriz né meu, se não tem variação, se não tem variação, não tem força eletromotriz, o ϵ é zero, ta legal? Tudo bem? É isso galera, você entendeu a lei de Lenz, a lei de Faraday é uma consequência, você consegue montar, matematizar a discussão teórica da lei de Lenz, esse sinal de menos aqui, para que que serve o sinal de menos? Ah? Galera, a lei de Lenz diz que, a corrente elétrica induzida que vai surgir na espira, é tal que se opõe a variação de fluxo, não é? Então esse sinal de menos vai dizer isso, vai surgir uma força eletromotriz contrária, que se opõe a variação de fluxo, fluxo aumenta, surge uma que tem a compensar, outra frase que eu gosto, que se opõe, e tende a compensar, você consegue memorizar, esse sinal de menos aqui é por causa disso, ta bom?

Resumo meu querido, resumo para você, nós tamo na aula 12 velho, nós tamo na aula 12 de eletromag cara, tu ta manjando muito eletromag agora hein, falta só à aula 13 e a aula 14, aula 13 eu vou colocar uma barra deslocando na região de campo, sobre um trilho também, aula 14, vou falar sobre transformadores, vou falar um pouquinho lá, sobre corrente de Foucault, umas coisinhas lá, e, fechamos eletromag, ai é exercício, é experimento que vou colocar para caramba para você.

Então resumo para você, eu tinha uma espira, peguei uma imã, aproximei, aproximei, o fluxo aqui dentro aumentou, o fluxo aqui dentro aumentou, surgiu uma corrente aqui que se opõe a essa variação, então se eu aproximo o norte, as linhas para dentro aumentam, então se eu aproximo o norte, surge aqui uma corrente que tende a compensar essa corrente, essa corrente gera aqui um polo norte também, se eu aproximo um norte, surge um norte, ó, é difícil aproximar, se eu afasto o norte surge um sul, se eu afasto o norte surge um sul, por quê? Porque é difícil afastar, ela não quer que eu aproxime gente, o sistema não quer que aproxime, mas depois que aproximou, não quer que afasta, por que? Porque ao aproximar varia o fluxo, ao afastar varia o fluxo, ela não quer que varia o fluxo, então, se eu aproximo surge um norte, se eu afasto surge um sul, porque ele quer segurar esse norte que ta indo embora, se eu inverter Boaro, se eu inverter? Mesma coisa né meu, se eu aproximo o sul, quem que vai surgir aqui? O sul, porque ele não quer que eu aproxima, ele não quer que varie o fluxo, se eu aproximo o sul surge um sul, se eu afasto o sul Boaro? Se eu afasto o sul, surge um norte, Se eu afasto o sul, surge um norte, por quê? porque ele não quer que afasta, ta bom? Ele não quer que varie o fluxo, saco meu querido? Essa é a discussão para você entender isso daqui, que vem lá da lei de Lenz, a lei de Faraday é isso matematizado, força eletromotriz induzida, a força eletromotriz induzida, vou até escrever isso aqui para você ó, o ϵ é a força eletromotriz induzida, força eletromotriz induzida na espira, ou numa barra, ou num, qualquer coisa, a força eletromotriz induzida é menos a variação do fluxo pelo tempo, ta? Força eletromotriz induzida é menos a variação do fluxo pelo tempo, esse sinal de menos vem da lei de Lenz, ok?

E ai o gráfico, você viu que se ficou constante, não tem variação de fluxo, ta legal?

VÍDEO C (Transcrição – 0 à 3min26s)

Para estudar a lei de Faraday, é necessário que, inicialmente façamos o estudo do fluxo magnético através de uma espira, que aqui chamei de φ (Phi) magnético, então temos uma espira circular, e linhas de campo magnético, passando por dentro dela, considere que A seja a área interna da espira, vetor \mathbf{N} é perpendicular à superfície da espira, o vetor normal a superfície, o ângulo θ é o ângulo entre as linhas de campo magnético e o vetor normal, o fluxo magnético no interior da espira, é dado pelo produto do módulo do campo magnético, pela área da espira, pelo cosseno do ângulo entre o campo magnético e o seguimento de reta normal, a unidade de fluxo magnético, é o Weber, então observe, a lei de Faraday afirma que, se houver variação do fluxo magnético por algum motivo, no interior da espira, teremos uma força eletromotriz que gera uma corrente induzida na espira, a força eletromotriz média em módulo é dado pela variação do fluxo magnético pelo tempo.

Agora, observemos como ficará a lei de Lenz com base nessa lei de Faraday, lei de Lenz, se o fluxo magnético no interior da espira aumenta por algum motivo, então surgirá na espira uma corrente induzida que, gera um campo magnético induzido oposto ao aumento do fluxo magnético, então, pela regra da mão direita, a corrente elétrica neste caso teria sentido anti-horário e o campo magnético é oposto ao aumento do fluxo magnético no interior da espira, continua valendo a lei da oposição, se, no entanto, o fluxo magnético no interior da espira diminuiu por algum motivo, há uma corrente induzida na espira que gera um campo magnético que se opõe a essa diminuição do fluxo, por tanto, pela regra da mão direita, temos que a corrente está no sentido horário, então lembre-se, o campo magnético induzido, é de tal forma que sempre é oposto a variação do fluxo magnético no interior da espira, seja pela intensidade do campo magnético, ou seja, pela variação da área da espira, seja pela inclinação da espira em relação as linhas de campo, se houver variação do fluxo magnético no interior da espira, teremos uma corrente induzida, que gera um campo magnético oposto a variação do fluxo no seu interior.

O sentido da corrente elétrica então é estabelecido pela regra da mão direita, a partir da definição de como é o campo magnético induzido no interior da espira.

VÍDEO D (Transcrição – 0 à 11min52s)

Bom dia, ah, hoje então a gente vai ver lei de Faraday e lei de Lenz, e, mas antes de ver a lei de Faraday e a lei de Lenz propriamente dita, vamos recapitular rapidamente algumas coisas que a gente viu sobre imã, o que que é um imã? O imã é um objeto que consegue atrair e repelir outros imãs, então, é, aqui tem um exemplo né, de dois imãs que eles podem se atrair ou se você virar um deles e tentar agora encostar, você sente que ele se repelem. E como é que os imãs conseguem interagir a distância, nós físicos, entendemos isso, ah, acreditando que o imã tem ao redor dele um campo magnético, esse campo magnético é uma coisa invisível, não tem matéria propriamente dita, mas ele tá aqui, e ele consegue, esse campo magnético que esse imã gera, consegue influenciar o campo magnético desse outro imã aqui, e é assim que eles conseguem interagir um com outro, na verdade, se a gente fosse tentar entender a fundo esse imã aqui, ele tem cargas elétricas, elétrons, girando ao redor do núcleo do átomo, e quando essas cargas ficam em presença do campo magnético desse outro imã, elas sofrem ação da força magnética, e vice e versa, esse imã também tem cargas elétrica em movimento ao redor do núcleo, e quando essas cargas ficam imersas no campo magnético desse imã, elas também sofrem a ação dessa força magnética, e é assim que um consegue interagir com outro, portanto, eles criam ao redor deles, estabelecem ao redor dele, ao redor deles, um campo magnético, como se fosse uma áurea, entre aspas, obviamente, uma áurea invisível que consegue fazer com que eles atuem a distância.

Essa ideia de campo, não é, ah, não é estranha para vocês, tem o próprio campo gravitacional, a gente tá aqui na terra, e a gente fica preso na terra, ou a gente solta os objetos, e os objetos caem, ah, e a gente entende o cair dos objetivos, ou essa tendência de ser puxado pra baixo da mesma maneira, a terra, ela pelo fato dela ter massa, ela cria um campo gravitacional, fazendo que todos os outros objetos que também tenham massa, sejam atraídos em direção a ela, a Terra. No caso do imã, é pouco diferente porque o imã pode atrair ou repelir, mas a ideia de campo continua presente, eles conseguem interagir a distância graças ao campo que eles criam chamado campo magnético, é importante não confundir o campo magnético criado por imãs com o campo elétrico criado por cargas elétricas, as cargas ela podem existir sozinhas, uma carga positiva sozinha, uma carga negativa sozinha, enquanto que no imã o polo norte e o polo sul vem sempre junto, na forma de dipolos magnéticos, então é um pouco diferente, e é também diferente o formato do campo, as cargas elétricas que ficam lá no próton e os elétrons, elas geram campos diferentes dos campos magnéticos, ah, diferente no que eu quero dizer é na forma, como que é que a gente desenha, representa graficamente o campo magnético gerado por um imã, a gente primeiro, um imã, ele tem um polo norte e um polo sul, e para representar as linhas de campo, do campo magnético gerado pelo imã, a gente representa assim ó, as linhas, ops, as linhas de campo, as linhas de campo do imã, elas são fechadas, e a gente pode ver aqui, elas são fechadas, e aqui eu tô representando duas linhas de indução magnética, mas na verdade existe inúmeras, infinitas, e elas tem algumas propriedades, essas linhas, elas tem as seguintes propriedades, elas são sempre fechadas, elas são sempre fechadas, e fora do imã ela vai do polo norte pro polo sul, enquanto dentro do imã, ela vai do polo sul pro polo norte.

Uma outra propriedade é o seguinte, falei que o imã gera um campo magnético, essas linhas, chamadas de linhas de indução magnética, elas servem para representar a direção, o sentido e a intensidade do campo, em cada ponto do espaço do campo gerado por essa imã, então por exemplo, se eu quiser saber como é o campo nesse

ponto, é simples, o campo ele vai ter a mesma direção e o mesmo sentido das linhas de indução, e a intensidade dele, o valor dele, quantos Teslas ele vale, 10 Teslas, 1 Tesla, meio Tesla, ou quantos, ou o quão forte ele é, vai depender da proximidade dessas linhas, quanto maior for o número de linhas juntas, aglomeradas por unidade de volume mais intenso será o campo magnético, então por exemplo, nesse ponto aqui ó, o campo magnético é mais forte, portanto deveria representar um vetor maior, do que nesse ponto aqui, porque, porque aqui as linhas de indução são mais perto do que aqui, aqui elas são mais afastadas uma das outras, olha a distância entre elas aqui, e olha a distância entre elas aqui, aqui elas são mais pertinho, e quanto mais perto elas forem, mais densas, quanto maior for a densidade de linhas, maior o número de linhas por unidade de volume, mais forte o campo magnético daquele ímã, portanto repare que um, um ímã, ele tem campos magnéticos mais perto, mais, desculpa, mais forte, perto dos polos, e mais fraco longe dos polos, quanto mais distante você for dos polos, mais separadas ficam as linhas, mais fraco, mais fraco é o campo. Ah, é por isso que se vocês, deve ter visto aquela experiência da limalha de ferro, tem na internet, só pegar lá se vocês quiserem depois ver, você joga limalha ao redor do ímã, como o ferro é ferro magnético, ele se imanta na presença do campo magnético do ímã, e aí ele mesmo, aqueles, aquelas fiapinhos de ferro, eles se tornam ímãs, e aí eles se, eles se rodeiam o ímã no formato dessas linha de indução, e se você fizer essa experiência, vai poder constatar que a maior quantidade de limalha de ferro fica perto aqui dos polos, e menos ferro ao redor do ímã, ah, e é óbvio que se você começasse afastar muito o ímã, esse campo magnético tende a zero, em teoria, ele não vai ser zero nunca, ele poderia ir até o infinito, mas ele vai ficando tão fraco, tão fraco que os efeitos que eles causam em qualquer outro ímã, em qualquer outro objeto, vai ser praticamente nulo, então agora, eu acho que a gente já tem condições de introduzir um pouquinho da lei de Faraday e da lei de Lenz para vocês.

Bom, a gente já viu que, a gente já viu, que quando eu tenho um circuito e uma lâmpada nesse circuito, colocar, e uma lâmpada nesse circuito, uma pilha, uma pilha pode acender a lâmpada, e fazer a lâmpada brilhar né, gerar luz, como é que a pilha faz isso, a pilha estabelece uma diferença de potencial, essa diferença de potencial faz com que os elétrons do fio de cobre comecem a se movimentar no fio de cobre, no filamento da lâmpada, começa a se movimentar, e aí quando esses elétrons passam pelo filamento da lâmpada, a gente viu que por incandescência a lâmpada acende, brilha, mas o importante aqui é o seguinte, teve alguém que teve que estabelecer uma diferença de potencial para que os elétrons se movimentassem e a lâmpada acendesse. Nesse caso aqui, quem estabeleceu a diferença de potencial foi a pilha, lembra, diferença de potencial que é dada em Volts, o caso daquelas pilhas comuns 1,5 Volts, mas é isso a máxima ddp, ela tem resistência interna dela, então fica um pouquinho menor, mas isso não importa, de qualquer forma ela estabelece uma diferença de potencial e que faz com que os elétrons se movimentem, ou a gente pode também pensar, em numa outra maneira de pensar, é que ela estabelece um campo elétrico em todo o fio, campo elétrico que faz força nos elétrons, todos numa mesma direção, e faz com que os elétrons comecem a se mexer, todos em uma direção só, e aí quando os elétrons estão passando pelo filamento eles colidem com os íons da rede metálica do filamento, e os íons ficam super, o filamento fica superaquecido, emitindo luz por incandescência, isso a gente já viu, e eu acho que vocês já estão familiarizados com isso, mas é importante entender a ideia de que a pilha estabelece um campo elétrico em todo fio, filamento, campo elétrico esse que vai forçar os elétrons a se movimentar numa mesma direção, e elétrons em movimento numa mesma direção é o que a gente chama de corrente

elétrica, e é a corrente elétrica que faz com que a lâmpada acende.

No entanto, quem foi o responsável aqui, por gerar esse campo elétrico, a pilha, não é mesmo? Foi à pilha que foi a responsável por fazer isso, o que a lei de Faraday diz, é que eu posso tirar a pilha, tirar a pilha e gerar a corrente elétrica de uma outra maneira, que não pelas reações químicas que a pilha faz, ah, a pilha ela consegue estabelecer uma diferencial de potencial separando as cargas dentro dela através de reações químicas, ela deixa carga positivas e de um lado e negativas do outro, que a gente chamada polo positivo da pilha e polo negativo da pilha, através de reações químicas, mas é possível a gente estabelecer uma diferença de potencial, estabelecer um, uma diferença, ou um campo elétrico nesse fio, sem a pilha, como?

A lei de Faraday diz que se a gente variar o fluxo do campo magnético no interior desse circuito, a variação do campo magnético no interior desse circuito faz com que surge nesse circuito um campo elétrico, na mesma maneira que a pilha havia ocasionado, gerado um campo elétrico no fio para que os elétrons se movimentassem, da mesma maneira a variação do campo magnético nesse, nessa região desse circuito, também estabelece um campo elétrico, que também faz os elétrons, forçam os elétrons a se movimentar e faz então a lâmpada acender, então repara que, ah, a variação do campo magnético tem o mesmo efeito de uma pilha, ou seja, ela estabelece uma voltagem.

VÍDEO E (Transcrição – 0 à 8min2s)

Secretaria da Educação do estado de São Paulo, Diretoria de Ensino de Itapeva, Escola estadual Dr. Raul Venturelli, Capão Bonito – SP.

Lei da Indução de Faraday

Michael Faraday foi um físico e químico inglês que viveu no século XIX (1791 - 1867). A partir da experiência de Oersted (fio condutor percorrido por uma corrente elétrica cria em em torno de si um campo magnético), Faraday ajudou a estabelecer as relações entre a eletricidade e o magnetismo.

Atividade desenvolvida em sala de aula conforme currículo da Secretaria Estadual de Educação, estado de São Paulo. Tempo aproximado 30 minutos.

Materiais utilizados

Bobina confeccionada com fio de cobre encapado e enrolado em uma embalagem de CD, multímetro digital, ímã de auto-falante. Observe o conjunto interligado para realização da experiência.

A lei de indução de Faraday mostra que a variação do fluxo magnético no interior de uma espira faz surgir nessa espira uma corrente elétrica. Essa corrente é chamada de..... Corrente Induzida.

Observe nesse vídeo como o fluxo magnético do ímã em movimento induz corrente elétrica na bobina. A corrente é registrada no visor do multímetro.

Gerando eletricidade com o ímã. Materiais utilizados, ímã de autofalante, fio comum, desses utilizados em residência, em aparelho de som, embalagem de CD, dessas de plástico, facilmente encontrada, e um multímetro, onde a nossa intenção, é mostrar a passagem da corrente elétrica. Observe, são materiais simples, fácil de ser encontrados, vamos demonstrar agora a indução da corrente elétrica, vamos pegar o ímã e movimentar no interior da bobina, mas antes, vamos ligar o amperímetro e observar que não acusa nenhuma passagem da corrente elétrica, enquanto o ímã está em repouso. A partir do momento que começamos a movimentar o ímã no interior da bobina, observamos que o fluxo do campo magnético induz a passagem da corrente elétrica, que é registrada no amperímetro.

Observe também que o movimento de aproximação e afastamento, registra no amperímetro sinal positivo e negativo, indicando a inversão da corrente elétrica, corrente induzida pelo fluxo do campo magnético no interior da bobina. Observe que ao parar o ímã, deixei ele em repouso no interior da bobina, o amperímetro deixa de registrar a passagem da corrente elétrica, ficando claro que é o fluxo do campo magnético é que induz a corrente elétrica pelo fio condutor, registrando no amperímetro.

Essa atividade foi desenvolvida em uma escola pública no município de Ribeirão Grande, no estado de São Paulo, dentro da proposta da secretaria municipal, é estadual de educação, com algumas modificações. Algumas modificações, é a substituição, de uma segunda bobina interligada a primeira por meio de uma bússola, pelo

amperímetro. Mas o resultado é o mesmo, a proposta é mostrar a indução da corrente elétrica.

A medida que aumentamos a velocidade do fluxo, a intensidade da corrente elétrica também aumenta, o que é demonstrado na prática, a lei de Faraday e a lei de Lenz.

Ficou claro que no movimento de aproximação a corrente elétrica induzida tem um sentido e no movimento de afastamento o sentido se inverte. O sinal negativo registrado indica a inversão da corrente elétrica induzida.

A lei de Lenz

Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804- 1865), Físico alemão. Assim como Oersted e Faraday, Lenz contribuiu para estabelecer as relações entre o magnetismo e a eletricidade. Quando diminui o fluxo magnético indutor (afastamento do ímã) a corrente induzida cria um campo magnético com o mesmo sentido do fluxo. Quando aumenta o fluxo magnético indutor (aproximação do ímã), a corrente induzida inverte o sentido e cria um campo magnético com sentido oposto ao do fluxo.

Fotos da atividade em sala de aula.

Escola estadual Dr. Raul Venturelli, Capão Bonito, São Paulo. Física no Ensino Médio noturno. Fazendo o possível, prof: Cristóvão.

VÍDEO F (Transcrição – 0 à 5min4s)

Olá, bem vindo ao quadro! Hoje nossa aula é sobre a lei de Faraday-Neumann. E essa lei vai nos ajudar a calcular a força eletromotriz induzida média que ocorre por causa de uma variação do fluxo magnético que atravessa o circuito, a lei de Faraday-Neumann diz o seguinte, suponha que em um instante t o fluxo magnético que atravessa um circuito é igual Φ_i , num instante t mais Δt , ou seja, Δt é a unidade de tempo após o instante inicial, suponha que o fluxo seja igual à Φ_i mais $\Delta \Phi_i$, a lei de Faraday-Neumann diz que a força eletromotriz induzida média, por isso subscrito m , é igual a menos o cociente entre a variação de fluxo e a variação de tempo, esse sinal negativo vem justamente por causa da lei de Lenz, e a força eletromotriz induzida é negativa porque ela se opõe a variação de fluxo que induziu essa força eletromotriz. Então vamos fazer um exemplo com números para ficar um pouquinho mais fácil.

Aqui nós temos uma espira retangular, cujo os lados medem 4 e 10 centímetros, num instante $t=0$, esta espira é atravessada por um campo de indução magnética cujo o módulo é igual $2 \times 10^{-3} \text{T}$ (Tesla), passados 4s, esta mesma espira retangular não é mais atravessada por este campo magnético, ou seja, o campo magnético que atravessa a espira é igual a zero, o nosso objetivo nesse problema, é descobrir quanto vale a força eletromotriz induzida média nesse circuito, para começar nós precisamos calcular a variação de fluxo, que é igual ao fluxo quando não temos campo magnético, nós vamos chamar de Φ_2 , menos o fluxo magnético inicial, nós vamos chamar de Φ_1 , nós já vimos que fluxo é igual a B vezes A vezes cosseno de θ , onde θ é o ângulo entre as linhas de indução e o vetor normal a superfície atravessada por essas linhas de indução, nesse caso o vetor normal é este aqui, paralelo as linhas de indução e o ângulo entre este vetor normal e as linhas de indução é igual a 0, portanto esse cosseno é igual 1, agora nós temos que calcular B e A para esses dois instantes, então vamos começar calculando a área, que não muda de um instante pro outro, esta área é igual a 4×10^{-2} , porque aqui nós temos as dimensões em centímetro, então temos que escrever em metros, vezes 10×10^{-2} , portanto, essa área que a área de um retângulo é igual a $4 \times 10^{-3} \text{m}^2$, no primeiro instante nós temos um campo magnético igual a $2 \times 10^{-3} \text{T}$ que multiplica uma área de $4 \times 10^{-3} \text{m}^2$, portanto, o fluxo magnético é igual 8×10^{-6} Weber, 4 segundos depois, o fluxo magnético é igual a zero, porque o campo magnético é igual a 0, então, a variação de fluxo é igual a zero menos 8×10^{-6} , zero é o fluxo magnético no instante $t=4\text{s}$, e 8×10^{-6} é o fluxo magnético no instante $t=0$, portanto, a variação de fluxo é igual a menos 8×10^{-6} Weber. O intervalo de tempo é igual a 4s, afinal de contas, o campo variou de $2 \times 10^{-3} \text{T}$ para 0 em quatro segundos, portanto, a força eletromotriz induzida média nesse intervalo de tempo, é igual a menos, menos 8×10^{-6} dividido por 4, esta força eletromotriz induzida média é igual a, menos vezes menos mais, 8 por 4 dois, vezes 10^{-6} que é o mesmo que micro volts.

É isso aí pessoal, um grande abraço e até a próxima aula.

VÍDEO G (Transcrição – 0 à 7min48s)

Aqui está um assunto muito atual, que é geração de energia elétrica, então tenho três situações aqui, os aero geradores transforma a energia eólica, a energia dos ventos em energia elétrica, aqui a ITAIPU, a energia da queda da água, a energia mecânica da água, girando turbinas que gera energia elétrica, e aqui é Angra dos Reis, uma reação nuclear cria ai um vapor que gira turbinas também que gera energia elétrica, ou seja, todos eles, todas essas três situações tem o que nós denominados de geradores elétricos, pega uma energia não elétrica, no caso a energia mecânica, e transforma em energia elétrica, o símbolo você já conhece, que é esse daqui, corrente elétrica saindo do polo positivo, é o mesmo símbolo do receptor, só que o que muda aqui é o sentido da corrente, certo?

Então vamos ver o princípio de funcionamento do gerador elétrico, como que isso funciona, é algo muito interessante, vamos supor o seguinte, olha, isso daqui você já conhece um ímã, essas linhas são as linhas de indução, a gente não enxerga né, a gente tem que colocar lá as limalhas de ferro para enxergar, nasce no norte e morre no sul, esse ímã ta parado em relação ao um anel, aqui eu fiz aqui uma espira, é um pedaço de cobre, um fio de cobre que eu enrolei, e forma uma espira, não acontece nada, obviamente, se eu deixar parado em relação ao outro, não vai acontecer nada, agora, percebeu se que, se eu por exemplo, aproximar o ímã né, tiver um movimento relativo, ah, entre o ímã e a espira, vai aparecer uma corrente elétrica, ou seja, uma corrente diferente de zero, nesse caso, num sentido horário, agora notasse-se o seguinte, se é sentido horário, olha o que você já sabe, sentido horário, ele funciona como se fosse um polo sul de um ímã, certo? Polo sul, campo entrando, campo magnético lá no centro entrando, ai o que que acontece, é, um cientista chamado Lenz, ele falou assim, o polo que vai surgir aqui, o que vai aparecer aqui de corrente induzida né, a gente chama isso dai de indução eletromagnética, vai tentar contrariar a causa, ah, que ta provocando isso, então veja só tem um polo sul se aproximando, então o polo que vai aparecer aqui, vai ser um polo que vai tentar contrariar essa aproximação, por isso Sul, você sabe que o Sul repele Sul, certo? Então vai aparecer aqui um polo que vai tentar contrariar essa aproximação, então o polo que vai aparecer sempre vai tentar se do contra, contrariar o movimento desse ímã, vamos ver se você entendeu, vamos, vamos pegar mesma situação, só que agora eu vou afastar o ímã, então note ó, o polo sul vai ser afastar do ímã, então o polo que vai aparecer aqui vai tentar contrariar o afastamento, se vai tentar contrariar o afastamento, vai tentar atrair o sul, e que polo atrai o Sul? O Norte, corrente sentido anti-horário e campo magnético saindo, certo?

Muito simples, se eu virasse o ímã, se eu colocasse polo norte desse lado ó, polo norte se aproximando continua valendo a lei de Lenz né, então o polo que vai aparecer aqui vai tentar contrariar essa aproximação do norte, vai tentar repelir o norte, então vai ser que polo? Norte, corrente sentido anti-horário, campo saindo, certo? E ao contrário, é o ímã se afastando, o norte afastando, vai aparecer um polo que vai tentar aproximar polo sul, sentido horário, campo entrando.

Essa é a lei de indução eletromagnética, quer dizer aparece uma corrente elétrica sempre que eu fizer um ímã se aproximar ou se afastar de um pedaço de fio como esse daqui certo? E qual polo vai aparecer aqui na espira? Vai obedecer à lei de Lenz, é muito simples né? Então se eu fizer um ímã se movimentar próximo de um fio, eu vou ter nesse fio ai uma corrente elétrica, certo? Ai o que Faraday fez, um outro cientista, foi esse calcular esse valor, então, ah, suponha o seguinte, eu tenho aqui uma espira, ta?

Esse A é área da espira né, a área desse círculo, πR^2 , suponha agora que eu tenha um vetor normal a essa espira, então você nunca vai enxergar esse vetor, é uma abstração, vetor perpendicular a superfície da espira, e coloque essa espira num campo magnético, então esse vetor normal vai formar um ângulo θ com o campo, então vejam só, θ não é o ângulo entre a espira e o campo, é o ângulo entre esse vetor normal e o campo, certo?

Denominados fluxo, fluxo magnético nessa espira né, nessa letra Φ , como sendo o valor do campo magnético uniforme, vezes a área da espira, vezes o cosseno desse ângulo θ , esse fluxo é medido em Weber, ta? O nome do cientista que estudou isso daí, note que esse fluxo na verdade ele representa a quantidade de campo magnético que passa dentro desse, dessa espira, então a intensidade é a quantidade de campo, o fluxo é isso, é como se fosse fluxos de carro, fluxo de água, enfim, é a quantidade de campo magnético que passa nessa espira, então, um caso particular, vamos imaginar a situação aqui ó, quanto que vale θ , cuidado hein, a espira esta 90 graus da linhas, mas o θ é o ângulo entre essa normal e o campo, então no caso 0, quanto que vale cosseno de 0? É o máximo né, vale 1, então eu vou ter ai o fluxo máximo. É se você parar para pensar para eu ter a maior quantidade de linhas passando ai dentro eu tenho que colocar a espira dessa forma, e em contrapartida, se eu colocar a espira agora deitada, repare ó, o ângulo entre essa normal e o B , o campo magnético, é 90, e ai se eu faço a conta de cosseno de 90 da quanto? Zero, daí o fluxo vai ser 0, vai ser o mínimo fluxo, então nessa condição não passa o campo pela parte interna da espira, não passa campo magnético a dentro, então eu digo que nesse caso o fluxo é nulo, ta? Fluxo mínimo ai.

Ótimo, o que o cientista Faraday percebeu foi o seguinte, que sempre que eu aproximar então ou afastar o imã, é, vai ocorrer uma indução eletromagnética, vai aparecer um polo, e aqui vai aparecer no fundo, porque apareceu uma corrente elétrica, vai aparecer uma diferença de potencial, e uma voltagem né, ai, essa voltagem quer dizer, isso daí vai funcionar como se fosse um gerador, ele obtém através dessa expressão, né, a força eletromotriz, é o nome científico correto, utilizado para isso né, é dado pela variação do fluxo, a variação da quantidade de campo magnético passa aqui em relação ao tempo, esse menos é referente a lei de Lenz, ok? Muito bem, essa daí é conhecida como lei de Faraday, que foi ele que calculou essa força eletromotriz do gerador, então note, para criar o gerador, é uma ideia muito simples, basta eu fazer o fluxo magnético variar aqui nessa espira, então por exemplo, eu posso manter esse imã, parado, e girar com minha mão, com uma manivela ai, esse, essa espira, a medida que ela gira, varia o fluxo, criasse-se uma força eletromotriz, e ai eu vou ter uma corrente elétrica induzida, vou ter uma indução eletromagnética, e esse, é o principio de funcionamento de todos os geradores elétricos, muito legal né? E muito útil no nosso dia-a-dia também. Então é isso ai, até mais.