



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

ARNALDO GONÇALVES DE MATOS

**INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE FÍSICA E QUÍMICA NO ENSINO
MÉDIO ENVOLVENDO PRÁTICAS EXPERIMENTAIS**

**SANTARÉM-PA
2020**

ARNALDO GONÇALVES DE MATOS

**INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE FÍSICA E QUÍMICA NO ENSINO
MÉDIO ENVOLVENDO PRÁTICA EXPERIMENTAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) no curso de Mestrado Profissional em Ensino De Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr.Damião Pedro Meira Filho.
Co-orientadora: Prof. Dr. Nilzilene Gomes de Figueiredo.

**SANTARÉM-PA
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA
Catalogação de Publicação na
Fonte. UFOPA - Biblioteca Unidade Rondon

Matos, Arnaldo Gonçalves de.

Interdisciplinaridade no ensino de física e química no ensino médio envolvendo práticas experimentais / Arnaldo Gonçalves de Matos. - Santarém, 2020.

82f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Orientador: Damião Pedro Meira Filho.

1. Interdisciplinaridade. 2. Física. 3. Práticas Experimentais. I. Filho, Damião Pedro Meira. II. Título.

UFOPA/Sistema Integrado de Bibliotecas

CDD 23 ed. 530.07



Aos vinte dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte, às 09h, no âmbito da plataforma virtual e online do youtube, instalou-se a banca examinadora de dissertação de mestrado do discente Arnaldo Gonçalves de Matos. A banca examinadora foi composta pelo Professor Dr. GLAUCO COHEN FERREIRA PANTOJA, UFOPA, examinador interno, Professor Dr. FABIO ROGERIO RODRIGUES DOS SANTOS, UFOPA, examinador externo, e Professor Dr. Damiao Pedro Meira Filho, IFPA, orientador. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do Professor Dr. Joao Roberto Pinto Feitosa, coordenador do Programa, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer sobre a tramitação da defesa, passou a presidência dos trabalhos ao Professor Damiao Pedro Meira Filho, que de imediato solicitou ao candidato que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE FÍSICA E QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO ENVOLVENDO PRÁTICAS EXPERIMENTAIS., estabelecendo um tempo de 40 minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o Professor Damiao Pedro Meira Filho, presidente da banca, passou a palavra ao examinador externo, Professor Dr. FABIO ROGERIO RODRIGUES DOS SANTOS, para arguir o candidato, e, em seguida, a palavra foi transferida para o examinador interno, Professor Dr. GLAUCO COHEN FERREIRA PANTOJA quem procedeu com sua arguição; após o que fez suas considerações sobre o trabalho em julgamento; tendo sido aprovado o candidato, conforme as normas vigentes na Universidade Federal do Oeste do Pará. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa, no prazo de 30 dias; contendo as modificações e correções exigidas por parte dos examinadores e constante na folha de correção anexa. Conforme o Artigo 43 da Resolução 072/2004 - CONSEPE, o candidato não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Dr. JOSE ANTONIO OLIVEIRA AQUINO, UFOPA

Examinador Externo ao Programa

Dr. FABIO ROGERIO RODRIGUES DOS SANTOS, UFOPA

Examinador Externo ao Programa

Dr. GLAUCO COHEN FERREIRA PANTOJA, UFOPA

Examinador Interno

Dr. EDNILSON SERGIO RAMALHO DE SOUZA, UFOPA

Examinador Interno

Damiao Pedro Meira

Filho:51286076234

Assinado de forma digital por

Damiao Pedro Meira

Filho:51286076234

Dados: 2020.11.20 15:05:27 -03'00'

DAMIAO PEDRO MEIRA FILHO, USP

Presidente

ARNALDO GONÇALVES DE MATOS

Mestrando

Dedico este trabalho a todas as pessoas que contribuíram e apoiaram o seu desenvolvimento, em especial ao meu Pai, Dagoberto Matos, à minha Mãe, Silvandira Alves, às minhas irmãs, à minha filha, Clara Matos, e esposa, Nilma Abreu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade e graça de estar vivo e conseqüentemente poder realizar mais este sonho.

Aos meus pais que sempre me incentivaram e apoiaram em todas as minhas atividades e, sem dúvida, na principal, no meu desenvolvimento enquanto pessoa.

Aos meus filhos que são fonte de alegria e perseverança.

Às minhas irmãs que me incentivam e apoiam constantemente durante toda a minha vida pessoal, profissional e acadêmica.

Aos meus irmãos, Hildemberg e Urias, pelas conversas extra-acadêmicas.

Aos meus sobrinhos pelo apoio moral.

Aos meus colegas do Mestrado Profissional em Ensino de Física, em especial Nicolas Marinho e Fábio Rego pelas conversas acadêmicas.

À Sociedade Brasileira de Física por oportunizar a realização deste mestrado.

À Universidade Federal do Oeste do Pará, por ofertar o curso.

A todos os professores que contribuíram com toda manifestação cognitiva, e em especial ao meu orientador, Dr. Damião Meira Filho, e à co-orientadora, Dr^a Nilzilene Gomes de Figueiredo, pelo apoio e pela compreensão durante o processo dissertativo.

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

O educador necessita estar sempre incomodado. É ele que contribui para despertar a busca, a pesquisa e o desenvolvimento de novas competências (FAZENDA, 2008, p. 136).

RESUMO

O trabalho dissertativo teve como objetivo avaliar a eficácia das práticas experimentais em uma abordagem interdisciplinar no ensino de Física e Química no Ensino Médio envolvendo práticas experimentais, já que é importante que as disciplinas possam dialogar no ambiente escolar, contribuindo, desta forma, para o melhor entendimento dos fenômenos da natureza. A escolha do local da pesquisa foi determinada pela melhor colocação do estabelecimento de ensino público no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb). Optou-se também pela pesquisa participativa, visto que a ideia foi desenvolver um pensamento crítico e reflexivo por meio de práticas experimentais vinculadas às disciplinas de física e química em uma ação interdisciplinar, em que o pesquisador atuou como professor de Química no desenvolvimento das práticas com os discentes e com o professor titular de Física da turma. O produto educacional desenvolvido consiste em um material instrucional, destinado aos professores, que apresenta três propostas experimentais para abordagem interdisciplinar de física e química no ensino médio. Para a dissertação foi aplicada as três propostas: chama que suga a água e a corrente elétrica pela água, em uma abordagem disciplinar; e o motorzinho elétrico, aplicado em uma abordagem interdisciplinar, seguindo as seguintes etapas: no primeiro momento foi utilizado o experimento como demonstrativo da teoria, e no segundo momento o experimento foi utilizado como motivador para o estudo da teoria. A aula de física e química com auxílio de práticas experimentais contribuiu para discussão no ambiente escolar, fazendo com que os estudantes começassem a perceber que para a compreensão de um problema de forma mais ampla, várias áreas de conhecimento podem contribuir em uma perspectiva interdisciplinar. Isso implica em dizer que a visão dos discentes começou a mudar sobre o estudo da física.

Palavras chaves: Interdisciplinaridade. Física. Práticas Experimentais.

ABSTRACT

The dissertation work aimed to evaluate the effectiveness of experimental practices in an interdisciplinary approach in teaching Physics and Chemistry in High School involving experimental practices, since it is important that the subjects can dialogue in the school environment, thus contributing to a better understanding of the phenomena of nature. The choice of the research location was determined by the better placement of the public school in the Basic Education Development Index (Ideb). We also opted for participatory research, since the idea was to develop a critical and reflective thinking through experimental practices linked to the disciplines of physics and chemistry in an interdisciplinary action, in which, the researcher acted as a professor of Chemistry in the development of practices with the students, and with the professor of Physics of the class. The educational product developed consists of instructional material, intended for teachers, which presents three experimental proposals for an interdisciplinary approach to physics and chemistry in high school. For the dissertation, the three proposals were applied, the flame that sucks water and the electric current through water in a disciplinary approach, and the small electric motor applied in an interdisciplinary approach, following the following steps: in the first moment, the experiment was used as demonstration of the theory and, in the second moment, the experiment was used as a motivator for the study of the theory. The physics and chemistry class with the aid of experimental practices contributed to the discussion in the school environment, making the students begin to realize that to understand a problem more widely, several areas of knowledge can contribute in an interdisciplinary perspective. This implies saying that the students' views began to change about the study of physics.

Keywords: Interdisciplinarity. Physics. Experimental Practices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Elementos de densidade de corrente elétrica num condutor volumétrico...	28
Figura 02: Elementos do fluxo de cargas em uma superfície.....	29
Figura 03: Campo magnético gerado por corrente elétrica.....	30
Figura 04: Modelo de biot-savart para o caso volumétrico.....	31
Figura 05: Elementos de força entre dois circuitos.....	32
Figura 06: Lei da indução.....	39
Figura 07: Elementos de um circuito movimentado por um campo magnético fixo.....	41
Figura 08: Lei de lenz.....	44

LISTA DE SIGLAS

LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.
CNE	Conselho Nacional de Educação.
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais.
BNCC	Base Comum Nacional Curricular.
UFPA	Universidade Federal do Pará.
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará.
SBF	Sociedade Brasileira de Física.
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica.
UFLA	Universidade Federal de Lavras.
SEDUC	Secretária Estadual de Educação do Pará.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Interdisciplinaridade	15
2.1.1 Trabalhos envolvendo interdisciplinaridade	15
2.1.2 Interdisciplinaridade no contexto educacional	16
2.2 A experimentação no ensino de física e química	22
3 A FÍSICA DO MOTOR ELÉTRICO	27
3.1 Eletromagnetismo clássico.....	27
3.1.1 Corrente elétrica	27
3.1.2 Densidade de corrente elétrica	27
3.1.3 Cálculo de campo magnético gerado por corrente elétrica	29
3.1.4 Força entre circuitos	31
3.1.5 Lei Circuital de Ampère	34
3.1.6 Lei da indução eletromagnética	38
3.1.7 Teorema do Rotacional	43
3.1.8 Lei de lenz	43
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	45
4.1 Caracterização da Escola	45
4.2 Caracterização dos professores de física e química	45
4.2.1 Pesquisador e docente de química	45
4.2.2 Docente de física	46
4.3 Etapa da pesquisa	46
4.4 Procedimentos e Instrumentos para coleta de dados	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
5.1 O desenvolvimento da proposta em sala de aula	50
5.1.1 Relato de experiência com enfoque na demonstração da teoria	50
5.1.2 Relato da experiência como motivador para o estudo da teoria	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICES	59
APÊNDICE A - Carta de autorização/Anuência	60
APÊNDICE B – Carta de Autorização para participação na Pesquisa de Dissertação e Produto Educacional	61
APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Discentes e seus Responsáveis	62
APÊNDICE D - Formulário de Entrevista	64
APÊNDICE E – Produto Educacional	65

1 INTRODUÇÃO

Atuar como professor de química, desde o ano de 1999, nas escolas públicas e em cursinhos da cidade de Altamira, Estado do Pará, foi um fator importante no que se refere a conhecer os aspectos relevantes a essa ciência, e isto implica mencionar as práticas experimentais realizadas em sala de aula para os alunos do ensino básico, práticas estas úteis para demonstração de fenômenos, os quais podem ser explicados de maneira simples e de forma contextualizada. Diferentemente da química, a física foi relevante durante a graduação, em que as disciplinas experimentais levavam a informação de uma física diferente do propalado nas escolas, pois o ensino médio deixava como coadjuvante a matematização do ensino de física.

As práticas experimentais realizadas nas disciplinas de física e química durante os anos de atuação no ensino básico foram essenciais para detectar uma conexão entre elas nas atividades desenvolvidas. Neste contexto, surgiu a ideia de construir um trabalho dissertativo baseado no diálogo entre ambas, e essa interação seria baseada na interdisciplinaridade, já que, de acordo autora Fazenda (2013, p. 72), “o conhecimento adquirido por meio dos conteúdos específicos das diferentes disciplinas na escola deve perpassar o ter de aprender, o saber sistematizado, fragmentado, isolado do todo, da vida”. Nesta perspectiva, “a superação da fragmentação não está na destruição das especialidades – especificidades – disciplinas” (JANTSCH; BIANCHETTI, 2011, p.31).

Os editores da revista ‘Nova Escola’, do ano de 1997, já enfatizavam a importância do diálogo entre os saberes, visto que seus leitores consideravam que a química escolar possuía conexões importantes com outras ciências (SANTOS; MALDANER, 2010). Ainda segundo os autores,

Os documentos da área disciplinar de Química nos PCNEM reforçam essa ideia, na medida em que o ensino sobre a sobrevivência e suas implicações, como desenvolvimento socioambiental sustentável, requer não apenas o conhecimento químico específico, mas também as interações entre esse e os outros tipos de conhecimento, como os físicos, os biológicos e os geológicos (SANTOS; MALDANER, 2010, p. 84).

Para Rosa e Rossi (2008, p. 255), “desenvolver vínculos entre conteúdos escolares de aspectos da realidade vivencial dos estudantes é um desafio que não pode ser visto como algo simples”. Neste sentido, Fazenda (2013, p. 30) menciona

que a “interdisciplinaridade mostra-se fundamentada na intersubjetividade, tornando-se presente através da linguagem como forma de comunicação e expressão humana”.

Na atualidade, a necessidade de diálogo entre as disciplinas ainda persiste, e isto é possível verificar com a implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que foi homologada pela Portaria nº 1.570, publicada no Diário Oficial da União (DOU), de 21/12/2017, Seção 1, página 146. No novo ensino médio, a contextualização e a interdisciplinaridade são apresentadas como fator de desenvolvimento do ensino e favorecimento da aprendizagem. Neste sentido, a BNCC coloca em evidência que

Contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas. Decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem (BRASIL, 2018, p. 16).

Sendo assim, surgiu a indagação sobre a possível falta de interação que há entre química e física no ambiente escolar, especificamente do ensino médio. Será que estas disciplinas não possuem possibilidade de dialogar em nível de fenômenos da natureza? No âmbito escolar existem práticas que podem ser desenvolvidas pelos professores de física e química que se enquadrem no processo interdisciplinar?

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar a eficácia das práticas experimentais em uma abordagem interdisciplinar no ensino de Física e Química no Ensino Médio.

Quanto à organização da dissertação, o texto está constituído em cinco capítulos. No primeiro capítulo está inserida a introdução do trabalho, que traz informações no âmbito da interdisciplinaridade e práticas experimentais, bem como a justificativa e o objetivo. Já o segundo capítulo apresenta o referencial teórico, que aborda a interdisciplinaridade e a experimentação.

No terceiro capítulo, apresenta-se a parte da física em que o conteúdo abordado é de nível superior, que está relacionado com o experimento que foi aplicado para os alunos do segundo ano do ensino médio.

No capítulo quarto, expõe-se a metodologia da pesquisa, em que consta a caracterização dos professores participantes, procedimentos adotados para coleta de informações e as etapas da pesquisa realizada com os discentes.

Por fim, o capítulo quinto traz os resultados e discussões, que contém o relato de experiência com enfoque na demonstração da teoria e o relato da experiência como motivador para o estudo da teoria.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Interdisciplinaridade

2.1.1 Trabalhos envolvendo interdisciplinaridade

A pesquisa sobre interdisciplinaridade foi desenvolvida no ambiente virtual da Sociedade Brasileira de Física (SBF), na parte referente às informações do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), e tal escolha foi baseada na proposta vinculada ao programa. E, nesse sentido, os trabalhos dissertativos defendidos poderiam colaborar e nortear a pesquisa sobre interdisciplinaridade envolvendo física e química.

Inicialmente, foi realizada a pesquisa com o título de interdisciplinaridade para encontrar possíveis trabalhos vinculados à temática, e foram encontradas duas dissertações:

1. Interdisciplinaridade no Ensino de Física: uma abordagem por TIC (RODRIGUES, 2016).
2. Interdisciplinaridade entre Física e Biologia em turmas do 8º ano do Ensino Fundamental: possibilidade para o ensino de ciências (VARELA, 2016).

Em relação a primeira dissertação, defendida em 2016, o objetivo foi relacionar as disciplinas de física e biologia em uma ação interdisciplinar, na qual ocorreu a atividade em duas seções: 1) contextualização do ensino de ondas, no tocante às ondas cerebrais, e, posteriormente, através do coração; 2) aplicação no ensino de ondas à fisiologia cardíaca.

Já na segunda dissertação, defendida em 2016, o objetivo foi a ação interdisciplinar que envolveu física e biologia, tendo vínculo com práticas experimentais.

No momento em que a pesquisa foi feita com o título interdisciplinar, foram encontradas três dissertações abordando a temática:

3. Tecnologias baseadas na luz: abordagem contextualizada e interdisciplinar entre física e química (CIPRIANO, 2017).
4. Elaboração, aplicação e avaliação de um Curso Online Aberto e Massivo (MOOC) interdisciplinar entre Física e Matemática (SICILIANI, 2016).

5. Proposta Interdisciplinar: Compreendendo o Mundo das Cores e as Ilusões Produzidas pelo Cérebro (ARAÚJO, 2016).

No que se refere a terceira dissertação, defendida em 2017, a temática envolvida utiliza procedimentos experimentais e relaciona a física e a química, na qual o objetivo era abordar uma sequência de procedimentos educacionais voltada à contextualização e a interdisciplinaridade entre os componentes curriculares.

A quarta dissertação, defendida em 2016, aborda a interdisciplinaridade envolvendo física e matemática, sem levar em consideração a experimentação na área de física. O objetivo dessa era a elaboração e aplicação de um MOOC¹ pautado no método de instrução cognitivista e na perspectiva de ensino interdisciplinar.

Na quinta dissertação, defendida em 2016, objetivou-se na abordagem do tema escolhido atender as especificidades da 3ª série do ensino médio. Para tanto, escolheu-se uma abordagem interdisciplinar, possibilitando uma integração das ciências, apresentando-se aspectos Físicos, Químicos e Biológicos da Visão vinculados ao processo experimental.

Dessa maneira, é possível verificar que, das dissertações pesquisadas, somente duas possuem a temática interdisciplinar com envolvimento entre física e química.

2.1.2 Interdisciplinaridade no contexto educacional

O ambiente escolar é um local de multi-informações que são disseminadas através das disciplinas que fazem parte do currículo, o que oportuniza, desta forma, a construção dos conhecimentos a partir das várias disciplinas que norteiam e possibilitam a solução de problemas ou compreensão de um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista (BRASIL, 2006).

Sendo assim, Carvalho (2010, p. 12) menciona que “os documentos oficiais são claros em frisar a necessidade de se formarem cidadãos prontos para trabalhar, atuar e participar da sociedade contemporânea”.

A história da humanidade, pelo menos no mundo ocidental, é marcada por disciplinamentos. Na história da ciência, e também na história da educação,

¹ Massive Online Open Course.

essas marcas se fazem bastante visíveis. Talvez se pudesse colocar nas três grandes revoluções científicas – copernicana, lavoisierana, darwiniana – as certidões de nascimento de disciplinas como a Física, a Química e a Biologia e, então, o adensamento de cada vez mais posturas disciplinares, marcadas por uma rígida compartimentalização de disciplinas, tornando-se essas áreas quase impermeáveis e incomunicáveis entre si. Além disso, em cada uma dessas disciplinas se criaram campos dos saberes tão particulares que passaram a se caracterizar como novas disciplinas. Por exemplo, a Química se esfacela – escolhi muito o propósito a ação e o tempo verbal -, dentre outras, em disciplinas como Físico-química, a Química Inorgânica, a Química Orgânica (ROSA; ROSSI, 2008, p. 217).

Nesse sentido, é importante salientar que as disciplinas que perpassam o ambiente escolar desempenham um papel importante para que os discentes possam iniciar o entendimento sobre os fenômenos da natureza. Entretanto, é necessário compreender que os aspectos relacionados ao conhecimento são mais amplos e complexos, pois, de acordo com Fazenda (2013, p. 23), “a civilização da qual somos parte tem nos apresentado a natureza como algo separado de nós. Forjou em nossas mentes uma concepção de mundo onde os fatos, os fenômenos, a existência se apresentam de forma fragmentada”.

Imbernón (2016) aponta que

Enquanto a sociedade se move em um amplo conceito de flexibilidade e em uma especialização flexível ou de competências, os processos de ensino-aprendizagem continuam ancorados em uma fragmentação dos saberes e com um professorado que tem cada vez mais dificuldades para estabelecer e ensinar as relações entre saberes. A fragmentação é grave, e não é uma questão metodológica, mas de impacto profundo, já que provoca uma desconstrução dos saberes e, portanto, introduz na educação uma atomização, uma superficialidade dos conhecimentos (IMBERNÓN, 2016, p. 56).

Com base nessa perspectiva, surge a necessidade de sistematizar as informações dadas pelas disciplinas, fazendo com que ocorra um diálogo, surgindo, dessa forma, a ação interdisciplinar. Carvalho (2010) aponta que

Tanto na LDB como nos PCNs, a interdisciplinaridade aparece descrita como a possibilidade de relacionar diferentes disciplinas em projetos e planejamentos de ensino da escola. Os PCNs fazem questão de frisar que a interdisciplinaridade não deve diluir as disciplinas, mas sim manter a individualidade de cada uma e, simultaneamente, congrega temas relacionados (CARVALHO, 2010, p. 6).

Segundo Santos e Maldaner (2010, p. 79), “conceitos como integração e interdisciplinaridade ganharam maior visibilidade no contexto social brasileiro e

acabaram por ser incorporados a diferentes documentos curriculares”. Vale ressaltar que a integração e a interdisciplinaridade possuem diferenças, apesar dos seus conceitos serem indissociáveis (FAZENDA, 2008).

A interdisciplinaridade perpassa todos os elementos do conhecimento, pressupondo a integração entre eles. Porém, é errado concluir que ela é só isso. A interdisciplinaridade está marcada por um movimento ininterrupto, criando ou recriando outros pontos para a discussão. Já na ideia de integração, apesar do seu valor, trabalha-se sempre com os mesmos pontos, sem a possibilidade de serem reinventados (FAZENDA, 2013, p. 41).

A escola possui, no seu planejamento pedagógico, projetos de ação que são denominados de interdisciplinares. No entanto, observa-se que na prática não ocorre diálogo entre as disciplinas.

Inúmeras vezes, na atividade educacional, temos feito referências à interdisciplinaridade. Principalmente por ocasião da elaboração dos planejamentos anuais, fala-se em integrar algumas disciplinas, mas nunca chega-se a um consenso de como fazê-lo. Quase sempre a não efetivação dessa prática decorre da ausência de conhecimento do seu significado, falta alguém que tome para si o compromisso de levá-la adiante ou, ainda, as normas educacionais apresentam-se como obstáculo naturais à construção da interdisciplinaridade do conhecimento (FAZENDA, 2013, p. 76).

A partir da minha experiência profissional, enquanto professor do ensino básico, foi possível observar que no cenário escolar determinados projetos que agrupam docentes para realização de tarefas com alunos, que são relacionadas a torneios de futebol ou variadas modalidades de esporte, em que os profissionais da educação devem participar na observação dos alunos ou até mesmo auxiliando na quadra com pranchetas para regular a entrada e saída de alunos praticantes de uma modalidade esportiva.

Equívocos quanto à sua definição, que, ao ser interpretada por muitos autores – multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, transdisciplinaridade – corre o risco de perder a sua característica maior que é a concepção única do conhecimento. Há ainda os que confundem e empobrecem a noção de interdisciplinaridade, estreitando o seu campo de atuação, comparando-a com as definições de integração, interação ou inter-relação (FAZENDA, 2013, p. 39).

A interdisciplinaridade é um fator importante para o diálogo entre disciplinas no ambiente escolar, mas, para Fazenda (2008, p. 22), a “pesquisa interdisciplinar somente torna-se possível onde várias disciplinas se reúnem a partir de um mesmo

objeto”. Nesse viés, Santos e Maldaner (2010, p. 85) mencionam “que a comunidade de ensino de Química defende a abordagem interdisciplinar sem abrir mão dos conceitos constituídos disciplinarmente”.

O prefixo inter, dentre as diversas conotações que podemos lhe atribuir, tem o significado de troca, reciprocidade e disciplina, de ensino, instrução, ciência. Logo, a interdisciplinaridade pode ser compreendida como sendo um ato de troca, de reciprocidade entre disciplinas ou ciências – ou melhor, de áreas do conhecimento (FAZENDA, 2013, p. 27).

Nessa lógica, concordo com os autores Santos e Maldaner (2010) que defendem os conteúdos, as concepções e as perspectivas que constroem e caracterizam a comunidade disciplinar para que possam permanecer, tendo em vista que não poderiam ser abandonados em um processo interdisciplinar.

A interdisciplinaridade não poderá jamais consistir em reduzir as ciências a denominador comum, que sempre acaba destruindo a especificidade de cada uma, de um lado, e dissolve cada vez mais os conteúdos vivos em formalizações vazias, que nada explicam, podendo, pelo contrário, transformar-se em estratégias de exclusão e de domínio absoluto. Pelo contrário, deverá ser um mediador que possibilita a compreensão da ciência, além de formas de cooperação a um nível bem mais crítico e criativo entre os cientistas (JANTSCH; BIANCHETTI, 2011, p. 83).

Para Fazenda (2012, p. 45), a “interdisciplinaridade curricular exclui toda tendência à hierarquização dominante, e requer a colaboração de diferentes matérias escolares em termos de igualdade”. A própria Base Nacional Comum Curricular menciona a necessidade das disciplinas específicas.

Na BNCC, o Ensino Médio está organizado em quatro áreas do conhecimento, conforme determina a LDB. A organização por áreas, como bem aponta o Parecer CNE/CP nº 11/200925, ‘não exclui necessariamente as disciplinas, com suas especificidades e saberes próprios historicamente construídos, mas, sim, implica o fortalecimento das relações entre elas e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo trabalho conjugado e cooperativo dos seus professores no planejamento e na execução dos planos de ensino’ (BRASIL, 2018, p. 32).

Apesar de ser mencionada e discutida no meio educacional na atualidade, a interdisciplinaridade encontra-se como foco de debates desde as décadas de 60 e

70, com os trabalhos de Hilton Japiassú², e a partir década de 80 com os trabalhos de Ivani Fazenda, ambos realizados no século 20 (SANTOS; MALDANER, 2010).

A interdisciplinaridade, nascida há muito tempo e refletida a partir do final da década de 1960 – há mais de 40 anos, portanto -, já se encontra na maioria. São mais de cinco mil volumes escritos e difundidos no mundo todo. Pesquisadores e centros de referências se encontram em diferentes países, como, principalmente, França, Canadá, Suíça, Estados Unidos, Portugal, Chile, Brasil e Espanha (FAZENDA; TAVARES; GODOY, 2015, p. 11).

Segundo Fazenda (2013, p.93), “a interdisciplinaridade estimula a competência do educador, apresentando-se como uma possibilidade de reorganização do saber para a produção de um novo conhecimento”. A autora enfatiza que “a interdisciplinaridade na formação profissional requer competências relativas às formas de intervenção solicitadas e às condições que concorrerem para o seu melhor exercício” (FAZENDA, 2008, p.23).

Dessa forma, a interdisciplinaridade é vista no ambiente escolar pelos profissionais da educação como uma forma estratégica de tornar as aulas mais atrativas para os discentes, e, ao mesmo tempo, a forma disciplinar é colocada como algo ruim e prejudicial à educação. Por isso, Fazenda (2012, p. 125) enfatiza que “a preparação para educação interdisciplinar não é a única questão. A qualidade da preparação disciplinar é igualmente importante”.

Ainda segundo a autora Fazenda (2012, p. 46), “a perspectiva interdisciplinar não é, portanto, contrária à perspectiva disciplinar; ao contrário, não pode existir sem ela e, mais ainda, alimenta-se dela”. Nesse sentido, Jantsch e Bianchetti (2011, p. 134) citam que “o interdisciplinar deve saciar-se em seu próprio espaço, compreender seus limites e assumir-se enquanto problema parcial e situado”.

Não se trata, aqui, de valorizar a interdisciplinaridade apenas como um conceito ou proposição teórica, mas valorizá-la como atitude e postura

²Hilton Japiassú (1934-2015) foi doutor em filosofia pela Universidade de Grenoble, França. Professor adjunto do departamento de filosofia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sendo responsável pelas disciplinas de epistemologia e história das ciências nos cursos de graduação e pós-graduação em filosofia. Ele também escreveu de inúmeras obras no campo da epistemologia e da história das ciências, dentre as quais destacam-se: *Nascimento e morte das ciências humanas*; *O mito da neutralidade científica*; *Questões epistemológicas*; *A pedagogia da incerteza*; *Psicanálise: ciência ou contradição?*; *Ciência e destino humano*; *O eclipse das ciências humanas*, e *Desistir do pensar? Nem pensar*

cotidianamente vivenciadas nos coletivos organizados em contexto escolar, mediante interações não lineares e assimétricas pelos grupos de sujeitos diversificados. O que mais conta no trabalho coletivo é a permanente necessidade uns dos outros, cada um e todos na condição tanto de portadores quanto de produtores de conhecimentos escolares significativos e socialmente relevantes (SANTOS; MALDANER, 2010, p. 115).

Para Fazenda (2012, p. 41), “se o sentido interdisciplinar precisa ser redimensionado quando se trata do saber teórico, ele precisa ser construído quando se trata do fazer prático”. Ainda conforme a autora, “rompidas às fronteiras entre as disciplinas, mediações do saber, na teoria e na pesquisa, impõe-se considerar que a interdisciplinaridade é condição também da prática social”.

Logo, quando se menciona interdisciplinaridade no ensino médio é comum falar também em contextualização, sendo importante, pois, segundo Carvalho (2010, p. 32), “essa busca de significado é reforçada nos PCNs+, ao considerarem a contextualização como condição indispensável para a interdisciplinaridade”.

Toda vez que contextualizamos determinado assunto ou tentamos entender fenômenos cotidianos, estaremos estabelecendo inter-relações entre diferentes saberes, uma vez que a complexidade do mundo atual é responsável pela dinâmica cada vez mais presente das relações entre saberes (SANTOS; MALDANER, 2010, p. 91).

É comum associar a contextualização com o cotidiano dos alunos e atribuir certo valor aos saberes no ambiente escolar, com a finalidade de contornar situações em que os alunos não estejam compreendendo os fenômenos relacionados ao ensino de ciências na escola. Entretanto, essa forma de considerar tal situação é equivocada, já que enfoca apenas como fator motivador da aprendizagem (CARVALHO, 2010).

Contextualizar as aprendizagens em química é trabalhar em função de propostas interdisciplinares, ainda que sua concretização na escola se dê muito mais no âmbito de propostas de educadores químicos e pesquisadores do que para professores efetivamente atuando em sala de aula, pois prevalece o discurso disciplinar da Química (SANTOS; MALDANER, 2010, p. 317).

Para Santos (2007, p. 4), deve-se ter muito cuidado na caracterização das situações, visto que “muitos professores consideram o princípio da contextualização como sinônimo de abordagem de situações do cotidiano, no sentido de descrever,

nominalmente, o fenômeno com a linguagem científica”. Além, disso, ainda de acordo Santos (2007),

[...]para muitos, a simples menção do cotidiano já significa contextualização. Mas será que a simples menção de processos físicos, químicos e biológicos do cotidiano torna o ensino dessas ciências mais relevante para o aluno? Será que o aluno aprenderá ciência mais facilmente com tal ensino? Muitas vezes, essa aparente contextualização é colocada apenas como um pano de fundo para encobrir a abstração excessiva de um ensino puramente conceitual, enciclopédico, de cultura de almanaque (SANTOS, 2007, p. 4).

Nesse viés, Rosa e Rossi (2008, p. 256) mencionam que “a contextualização não pode ser vista de forma simplista, como se fosse uma estratégia de ensino ou uma metodologia a mais”. Sendo assim, é importante mencionar que tal “abordagem não pode ser vista como uma vara mágica, no sentido de que ela, por si só, vai resolver os problemas da educação, ou seja, como se o fato de o professor contextualizar suas aulas já fosse suficiente para que os alunos aprendam” (SANTOS, 2007, p. 5).

O problema da relação entre teoria e realidade é mais evidente. Os futuros professores, frequentemente, aprendem a estrutura formal da física, mas tem dificuldade em relacioná-la com o mundo real. Parece haver um abismo entre os saberes formais e a realidade. Em certa medida, isso se deve a um ensino excessivamente apoiado na resolução de problemas e exercícios, sem discussões conceituais. Para entender melhor essa relação entre teoria e realidade é preciso compreender que a Ciência constrói modelos e, por conseguinte, modifica o real (CARVALHO, 2010, p. 35).

2.2 A experimentação no ensino de física e química

Pozo e Crespo (2009, p. 191) apontam que “a física desenvolvida no ensino médio busca explicar e analisar o comportamento do mundo que nos rodeia, como funcionam os diferentes aparelhos e dispositivos que utilizamos. Mas, para isso, precisa recorrer a representações idealizadas e simplificadas”. Contrariando o que diz Carvalho (2010, p. 57), que informa a necessidade de ter “um ensino que tenha por objetivo levar os alunos a se alfabetizarem cientificamente, preparando os nossos jovens para uma participação ativa na sociedade”.

É fato que apesar de ser o principal recurso determinante da atividade escolar em aulas de física, o uso generalizado do manual didático tem sido, em nossos dias, continuamente questionado. Com relação aos manuais de física, destinados ao ensino médio, são comuns os discursos escritos ou falados que a eles se referem como portadores de conteúdos fragmentados,

verdades absolutas, excesso de fórmulas em detrimento de exposições mais conceituais, conteúdos desatualizados, grandes ênfase na solução de exercícios e ausência de controvérsias e conflitos próprios da produção científica (ALMEIDA, 2012 p. 37).

Considerando o fator disciplinar que é a forma característica do ensino médio, que não considera a relação existente entre outras disciplinas com a física, Imbenón (2016, p. 55) cita que “embora pareça superado, a fragmentação profissional deve voltar à mesa das discussões relativas à educação. Um deles é a revisão do ensino das disciplinas, de forma de aprender os múltiplos saberes”.

Mais que em outras áreas, no caso do ensino das ciências de modo geral, e da Física em particular, isso se torna evidente, pois, ao mesmo tempo em que os alunos convivem com acontecimentos sociais significativos estreitamente relacionados com as ciências, e a tecnologia e seus produtos, recebem na escola um ensino de ciências que se mostra distante dos debates atuais. Muitas vezes, os alunos acabam por identificar uma ciência ativa, moderna, e que está presente no mundo real, todavia, distante e sem vínculos explícitos com uma Física que só funciona na escola. Não é por outra razão que os professores frequentemente apontam a falta de interesse e motivação dos alunos como um dos obstáculos para aprendizagem (CARVALHO, 2010, p. 29).

A Física e a Química são consideradas ciências que têm como foco as práticas experimentais que objetivam o desenvolvimento das aulas. No entanto, essas atividades práticas não são desenvolvidas sob o argumento da falta de tempo e espaço. Contudo, o motivo principal da ausência de experimentação está relacionado à carência de profissionais com a formação específica em química e física, causando dificuldades no desenvolvimento das práticas experimentais no ambiente escolar (GIBIN; SOUZA FILHO, 2016).

A carência de profissionais habilitados nas disciplinas de Física e Química ocasionam um ensino voltado para uma aprendizagem dos conteúdos por meio de transmissão como foco principal, em que o livro didático é a única forma de apoio didático.

Nesse contexto, Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 22) mencionam que “todos os trabalhos investigativos existentes mostram a gravidade de uma carência de conhecimento da matéria, o que transforma o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos do livro texto”.

Para Santos e Maldaner (2010, p. 317), “aprender química também significa munir-se de ferramentas culturais que contribuem para colocar em ação o conhecimento construído”. Assim, Rosa e Rossi (2008, p. 196) mencionam que “os

jovens estudantes esperam que os professores sejam abertos ao diálogo, ajudem-nos a se situar, a perceber a relação que as matérias escolares têm com a realidade”.

Por essas razões é necessário superar a cultura da nota, buscando valorizar mais o processo de aprender. Nesse sentido, é necessário redefinir o conceito de prova, passando a ser o todo o meio capaz de apresentar evidências de aprendizagens ou de não aprendizagens. Registros de observações, textos produzidos pelos alunos, relatos escritos e orais, resumos, relatórios de investigações, respostas a testes escritos, produtos de construções de materiais concretos, registros de habilidades e atitudes manifestadas em aulas práticas, entre muitos outros, são possíveis formas de explicação de aprendizagens ou de dificuldades de aprender. São esses meios que contribuem para a identificação de evidências, base para tomada de decisão, pelo professor, sobre o que fazer para superar as dificuldades de aprendizagem ou para propor situações que estimulem os alunos a avançar mais (SANTOS; MALDANER, 2010, p. 324).

Apesar das pesquisas sobre ensino de química avançar no sentido de contornar os problemas do aprendizado dessa ciência tão importante para entender os fenômenos da natureza, os estudos demonstram que há existência de dificuldades conceituais na aprendizagem da disciplina de química, mesmo depois de anos de instrução por parte dos discentes (POZO; CRESPO, 2009). Dessa maneira, é importante que a química possa contribuir com o aprendizado dos alunos, utilizando processos de ensino que busque a socialização desta ciência, fazendo com que ocorra uma aprendizagem significativa.

Aprendizagem significativa se dar na linguagem, com intenso envolvimento na proposição de perguntas e na busca de respostas, possibilitando não apenas a aprendizagem conceitual, mas também um amplo conjunto de capacidade que, em ação, envolvem habilidades, atitudes e valores. Vivências dessa natureza contribuem para que os alunos possam atuar de forma participativa nos contextos em que vivem (SANTOS; MALDANER, 2010, p. 319).

A química é algo presente em nossa vida diária, muito mais familiar do que a maioria pensa. Apesar disso, é verdade que aprender química não é simples, tal como mostra a experiência de muitos professores (POZO; CRESPO, 2009, p. 139). No entanto, se houver uma mudança conceitual no processo de ensino, o discente poderá alcançar o objetivo final que é o de aprender.

Quando o ensino é voltado para o desenvolvimento da competência a ação do sujeito é mobilizada para solucionar problemas, o que transcende o conhecimento teórico puro e simples. Assim sendo, o foco sobre as capacidades superiores desvela a aprendizagem na sua complexidade, superando o caráter linear (SANTOS; MALDANER., 2010, p. 317).

É importante ressaltar que quando não é levado em consideração o desenvolvimento das competências no ensino, o processo de aprender é dificultado, já que os discentes, “na maioria das vezes, não conseguem perceber o significado ou a importância do que estudam” (PONTES et al., 2008, p. 1). Dessa forma,

[...]os conteúdos são trabalhados de forma descontextualizada, tornando-se distantes da realidade e difíceis de compreender, não despertando o interesse e a motivação dos alunos. Além disso, os professores de química demonstram dificuldades em relacionar os conteúdos científicos com eventos da vida cotidiana, priorizando a reprodução do conhecimento, a cópia e a memorização, esquecendo, muitas vezes, de associar a teoria com a prática (PONTES et al., 2008, p. 1).

Neste contexto, ainda para Pontes et al. (2008, p. 6), “a ausência de práticas experimentais acaba por fazer com que o ensino de química torne-se algo virtual, ou seja, o aluno não consegue imaginar como os fenômenos ocorrem, dificultando o aprendizado e diminuindo o interesse pela disciplina”.

Para Gibin e Souza Filho (2016, p. 18), a experimentação é fundamental no ensino de Ciências, “entretanto, muitos dos resultados pouco animadores sobre o uso da experimentação no ensino, se devem à falta de distinção dos objetivos pelos professores”. Neste sentido, Cruz e Galhardo Filho (2004, p. 9) mencionam que no que se refere a um ensino de ciências “apoiado na experimentação é pouco utilizado em nosso país e a maioria das escolas que dele se valem fazem-no de maneira esporádica e sem sistematização”.

Carvalho (2010) menciona que

[...]desde o século XIX as aulas práticas experimentais fazem parte do planejamento do ensino de física da escola média, tendo por objetivo proporcionar aos alunos um contato mais direto com os fenômenos físicos. Apesar de as atividades experimentais estarem a quase 200 anos nos currículos escolares e apresentarem uma ampla variação nos possíveis planejamentos, nem por isso os professores têm familiaridade com essa atividade. A grande maioria destes laboratórios se traduz em aulas extremamente estruturas com guias do tipo receitas de cozinha (CARVALHO, 2010, p. 53).

A respeito da experimentação de um modo geral, é possível constatar dois enfoques que estão inseridos no contexto do ensino de ciências, que possuem vínculos com a validação de teorias e o com o uso de experimentação sem sistematização (CRUZ; GALHARDO FILHO, 2004).

A escola tradicionalista considera experimentação como um meio de testar e verificar os conceitos teóricos que já foram desenvolvidos na aula teórica. O experimento teria apenas a função de mostrar a validade da teoria desenvolvida. Caso o experimento não ofereça o resultado esperado, é descartado, afirmando-se que não deu certo, isto é, não serve para confirmar a teoria desenvolvida. Por outro lado, algumas teorias, consideram que a única forma aceitável de aprender é partir de experimentos e casos concretos, permitindo aos alunos, por si só, desenvolverem conceitos e formularem teorias explicativas (CRUZ; GALHARDO FILHO, 2004, p. 9).

Na primeira abordagem o aluno é robotizado e segue à risca as informações pré-determinadas do professor ou do guia experimental, sem utilizar um processo crítico-reflexivo, e, nesse caso, de acordo Carvalho (2014, p. 71), é recorrente, ao final de aulas de laboratório falas de aluno como: “a experiência não deu certo, não chegamos ao resultado esperado, tivemos de cozinhar os dados para fazer o relatório”.

A primeira abordagem é desestimulante para os alunos que, em diversas situações, já sabem previamente o resultado. Nestes casos, a única atração é o ambiente diferente do laboratório. Perde-se dessa forma a principal característica do trabalho laboratorial que é apresentar-se como caso aberto, não completamente delimitado e, com isso, rico no desenvolvimento de observações e na capacidade de estimular proposições explicativas (CRUZ; GALHARDO FILHO, 2004, p. 10).

Sendo assim, “o ensino de física é voltado para o acúmulo de informações e o desenvolvimento de habilidades estritamente operacionais, em que, muitas vezes, o formalismo matemático e outros modelos simbólicos carecem de contextualização” (CARVALHO, 2010, p. 57).

Visão deformada é a que considera a ciência como algo rígido, algorítmico, exato e infalível. Nessa concepção, a ciência é vista apenas como uma sequência de etapas, realizadas de modo mecânico. O método científico é supervalorizado, visto apenas como uma sequência de etapas e, além disso, concebido como uma forma de verdade absoluta. Nessa concepção não é considerada a criatividade envolvida na produção do conhecimento científico (GIBIN; SOUZA FILHO, 2016, p. 21).

Já na segunda situação experimental o discente é instigado a desenvolver as práticas experimentais, como enfatiza Carvalho (2014, p. 46), haja vista que o aluno “sai da posição passiva, deixando de ser apenas um observador das aulas, passando a ter grande influência sobre ela, e não é mais um conhecedor de conteúdo, passando a aprender atitudes e desenvolver habilidades”.

3 A FÍSICA DO MOTOR ELÉTRICO

3.1 Eletromagnetismo clássico

Alguns subtópicos do eletromagnetismo clássico foram escolhidos de modo a compor parte do capítulo de física voltado para o nível superior, em virtude de a ação interdisciplinar envolver atividade experimental e fundamentos de eletricidade e magnetismo.

3.1.1 Corrente elétrica

Corrente elétrica é definida aqui como fluxo de cargas elétricas em um movimento ordenado durante um intervalo de tempo. Podemos definir a corrente elétrica média como:

$$I_M = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1)$$

sendo $\Delta Q = \rho \cdot \Delta V$

ρ → Densidade volumétrica de
 ΔV → Elemento de volume
 $\Delta Q = \rho \cdot \Delta V$ → Elemento de carga elétrica

Aplicando o limite quando o intervalo de tempo tende a zero sobre a corrente elétrica média, temos a corrente elétrica instantânea

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} I_M = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \quad (2)$$

Logo,

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (3)$$

3.1.2 Densidade de corrente elétrica

O fluxo de carga elétrica ΔQ através de uma superfície de área dS durante um intervalo de tempo Δt é representado por um vetor de densidade volumétrica da

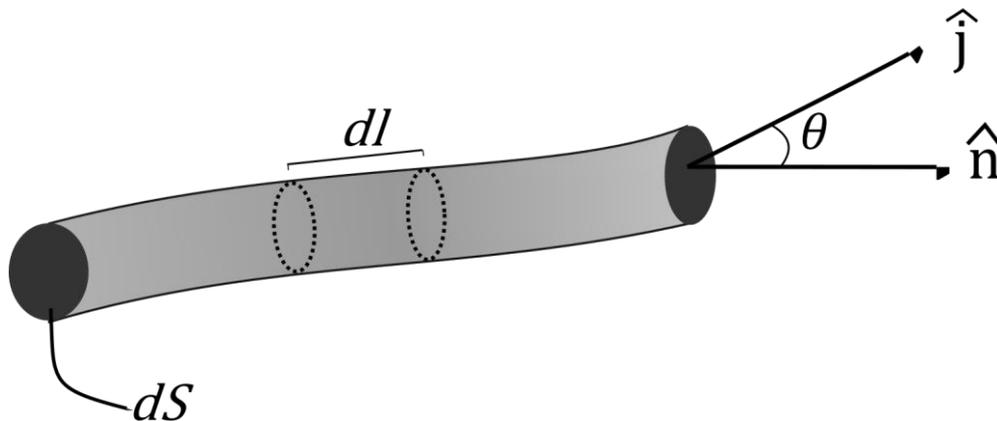
corrente elétrica, definido por \vec{j} , tal que a intensidade de corrente elétrica ao longo de um fio condutor com geometria tridimensional cilíndrica é escrito como

$$I = \iint_{\text{Superfície}} \vec{j} \cdot \hat{n} dS \quad (4)$$

Em que:

- dS é um elemento infinitesimal de área da superfície;
- \hat{n} o versor perpendicular à superfície;
- \vec{j} o vetor densidade volumétrica de corrente elétrica.

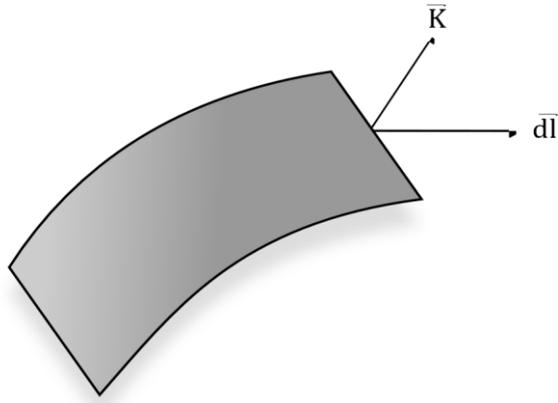
Figura 01 - Elementos de densidade de corrente elétrica num condutor volumétrico.



Fonte: Mestrando e orientador (2019).

O fluxo de cargas elétricas através de um fio condutor material com geometria bidimensional planar é definido por um vetor densidade superficial de corrente elétrica \vec{k} ao longo do elemento de linha $d\vec{l}$, cuja ilustração está apresentada pela figura 02.

Figura 02 - Elementos do fluxo de cargas em uma superfície.



Fonte: Mestrando e orientador (2019).

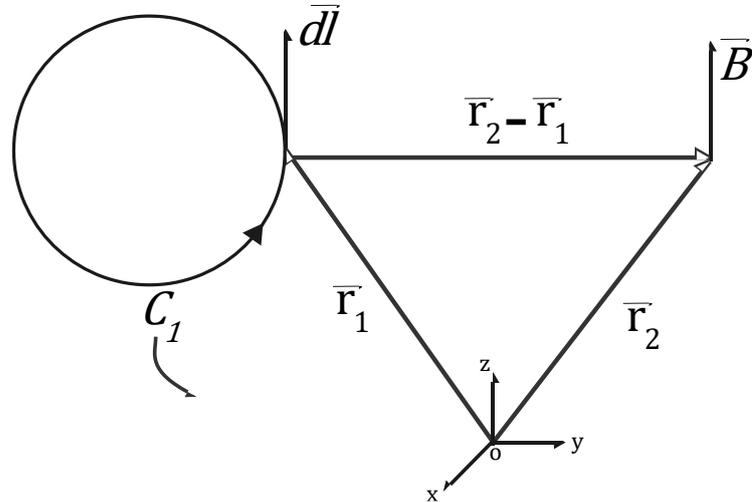
Matematicamente, a intensidade de corrente elétrica é definida como a integral do produto escalar do vetor densidade superficial de corrente elétrica \vec{k} com o elemento infinitesimal de caminho $d\vec{l}$, conforme expresso na Equação 5.

$$I = \int_{\text{Contorno}} \vec{k} \cdot d\vec{l} \quad (5)$$

3.1.3 Cálculo de campo magnético gerado por corrente elétrica

Consideramos a situação física na qual um campo magnético é gerado por uma corrente elétrica que percorre um fio qualquer.

Figura 03 – Campo magnético gerado por uma corrente elétrica.



Fonte: Mestrando e orientador (2019).

A expressão que descreve o campo magnético é dada por

$$d\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left\{ \frac{(I d\vec{l}_1) \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\}$$

Considerando que a corrente elétrica percorre um fio fechado, aplicamos a integral de linha em ambos os lados

$$\oint d\vec{B}(\vec{r}_2) = \oint_{C_1} \frac{\mu_0}{4\pi} \left\{ \frac{(I d\vec{l}_1) \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} \quad (6)$$

O campo magnético pode ser escrito como

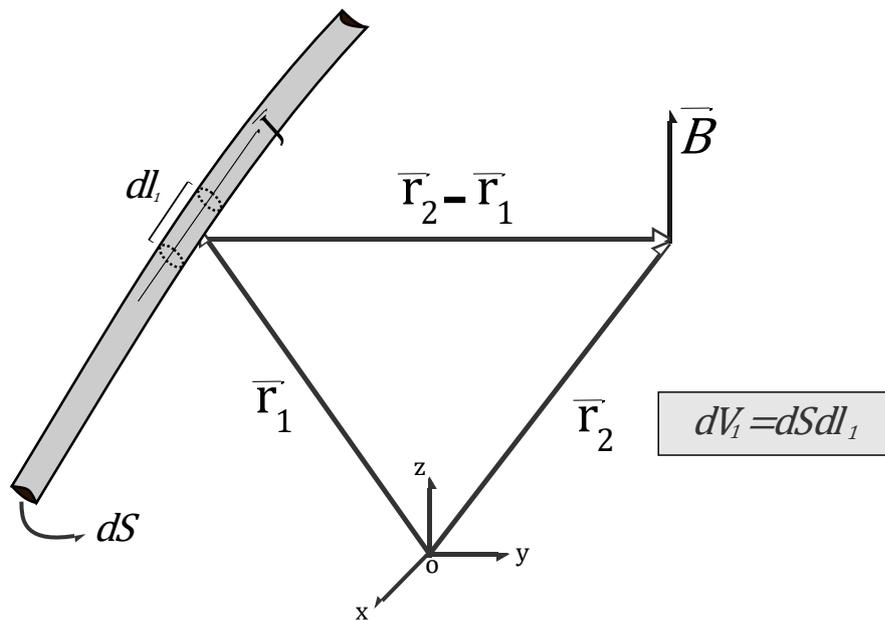
$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{C_1} \left\{ \frac{(I d\vec{l}_1) \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\}$$

Para o caso de uma densidade volumétrica de corrente elétrica, de volume V_1 , caracterizado pelo vetor \vec{J} , temos:

$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \frac{\vec{J}(\vec{r}_1) dV_1 \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3}$$

$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \frac{\vec{J}(\vec{r}_1) \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} dV_1 \quad (7)$$

Figura 04 - Modelo de Biot-Savart para o caso volumétrico.

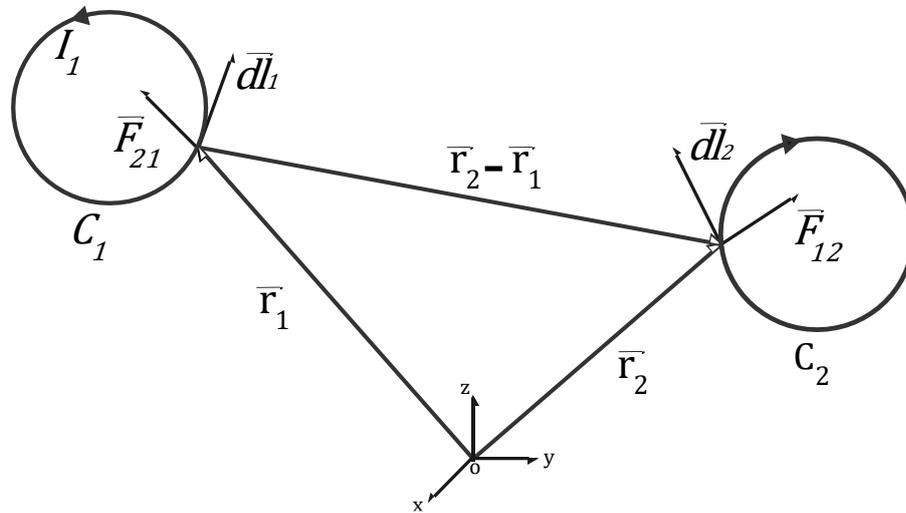


Fonte: Mestrando e orientador (2019).

3.1.4 Força entre circuitos

A força entre circuitos é direcionada para o centro da circunferência, de modo que a força é perpendicular ao vetor deslocamento da carga elétrica, e, neste caso, torna-se notório em razão da operação de produto escalar que a velocidade tangencial não se modifica pela ação do campo magnético.

Figura 05 - Elementos de força entre dois circuitos.



Fonte: Mestrando e orientador (2019).

- \vec{F}_{12} : Força que o circuito 1 exerce sobre o circuito 2.
- \vec{F}_{21} : Força que o circuito 2 exerce sobre o circuito 1.

$$\vec{F}_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} I_1 I_2 \oint_{C_1} \oint_{C_2} \frac{d\vec{l}_2 \times \{d\vec{l}_1 \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)\}}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \quad (8)$$

$$\vec{F}_{12} = \oint_{C_2} I_2 d\vec{l}_2 \times \left\{ \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{C_1} \frac{I_1 d\vec{l}_1 \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} \quad (9)$$

$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{C_1} \frac{I_1 d\vec{l}_1 \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \quad (10)$$

$$\vec{F}_{12} = \oint_{C_2} I_2 d\vec{l}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) \quad (11)$$

Generalizando para o caso tridimensional, obtemos

$$\vec{F}(\vec{r}) = \iiint \vec{J}(\vec{r}') \times \vec{B}(\vec{r}') dV' \quad (12)$$

Sendo:

- $\vec{J}(\vec{r}')$: vetor densidade volumétrica de corrente elétrica.
- $\vec{B}(\vec{r}')$: campo magnético.
- dV' : elemento infinitesimal de volume.

Observação:

$$I = \iint \vec{J} \cdot \hat{n} dS$$

Considerando

$$\vec{J} \parallel \hat{n} \Rightarrow \vec{J} \cdot \hat{n} = |\vec{J}| \cdot |\hat{n}| \cos 0^\circ = |\vec{J}|$$

$$|\vec{J}| = \text{constante}$$

Tem-se,

$$I = \iint |\vec{J}| dS = |\vec{J}| \iint dS = |\vec{J}| \Delta S$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta Q = I \cdot \Delta t \Leftrightarrow \Delta Q = |\vec{J}| \Delta S \Delta t$$

$$\rho = \frac{\Delta Q}{\Delta V_1} \Leftrightarrow \Delta Q = \rho \cdot \Delta V_1$$

Igualando as equações,

$$|\vec{J}| \Delta S \Delta t = \rho \cdot \Delta V_1 \Leftrightarrow |\vec{J}| \Delta S \Delta t = \rho \cdot \Delta S \Delta l \Leftrightarrow |\vec{J}| = \rho \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

Como $\frac{\Delta l}{\Delta t}$ é uma medida de velocidade, segue que

$$|\vec{J}| = \rho |\vec{v}|$$

$$\vec{J} = \rho \vec{v}$$

(13)

Considerando o vetor densidade volumétrica de corrente elétrica

$$\vec{J}(\vec{r}') = \rho(\vec{r}') \vec{v}$$

É possível reescrever a expressão (12) como

$$\vec{F}(\vec{r}) = \iiint_{V'} \rho(\vec{r}') \vec{v} \times \vec{B}(\vec{r}') dV'$$

Considerando que \vec{v} , \vec{B} e $\rho(\vec{r}')$ são constantes dentro do volume V' , tem-se:

$$\vec{F}(\vec{r}) = \{\rho\vec{v} \times \vec{B}\} \iiint_{V'} dV' \quad (14)$$

Como $\iiint_{V'} dV' = \Delta V'$, tem-se

$$\vec{F}(\vec{r}) = (\rho\Delta V')\vec{v} \times \vec{B} \quad (15)$$

Fazendo uso da expressão $\rho\Delta V' = \Delta q$, a equação (15) assume a forma

$$\vec{F}(\vec{r}) = \Delta q\{\vec{v} \times \vec{B}\} \quad (16)$$

A equação (16) descreve a força magnética. A força eletromagnética, por outro lado, é dada por:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{eletro} &= \Delta q \vec{E} + \Delta q\{\vec{v} \times \vec{B}\} \\ &= \Delta q\{\vec{E} + (\vec{v} \times \vec{B})\} \end{aligned} \quad (17)$$

3.1.5 Lei Circuital de Ampère

A Lei Circuital de Ampère descreve a relação entre um campo magnético e a corrente elétrica associada a um circuito fechado.

$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \frac{\vec{J}(\vec{r}_1) \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} dV_1 \quad (18)$$

O rotacional do vetor campo magnético $\vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2)$ pode ser obtido da seguinte maneira

$$\begin{aligned} \vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) &= \vec{\nabla}_2 \times \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \frac{\vec{J}(\vec{r}_1) \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} dV_1 \\ &= \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \vec{\nabla}_2 \times \left\{ \frac{\vec{J}(\vec{r}_1) \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} dV_1 \end{aligned} \quad (19)$$

Observação:

$$\vec{\nabla} \times (\vec{A} \times \vec{B}) = \vec{A}(\vec{\nabla} \cdot \vec{B}) - \vec{B}(\vec{\nabla} \cdot \vec{A}) + (\vec{B} \cdot \vec{\nabla})\vec{A} - (\vec{A} \cdot \vec{\nabla})\vec{B}$$

Fazendo o uso da observação acima, tem-se:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla}_2 \times \left\{ \frac{\vec{J}(\vec{r}_1) \times (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} = \vec{J}(\vec{r}_1) \left\{ \frac{\vec{\nabla}_2 \cdot (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} - \frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \vec{\nabla}_2 \cdot \vec{J}(\vec{r}_1) + \\ \left\{ \frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \cdot \vec{\nabla}_2 \right\} \vec{J}(\vec{r}_1) - \left\{ \vec{J}(\vec{r}_1) \cdot \vec{\nabla}_2 \right\} \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] \end{aligned} \quad (20)$$

Uma vez que $\vec{\nabla}_2 \cdot \vec{J}(\vec{r}_1) = 0$ e $\left\{ \frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \cdot \vec{\nabla}_2 \right\} \vec{J}(\vec{r}_1) = 0$ a equação (19) pode ser reescrita como

$$\begin{aligned} \vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \vec{J}(\vec{r}_1) \left\{ \frac{\vec{\nabla}_2 \cdot (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} dV_1 \\ - \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \left\{ \vec{J}(\vec{r}_1) \cdot \vec{\nabla}_2 \right\} \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] dV_1 \end{aligned} \quad (21)$$

Fazendo uso do método de integração por partes no segundo termo e assumindo as seguintes propriedades, a saber:

- 1) $\oiint_S \vec{A}(\vec{B} \cdot \hat{n}) dS = \iiint_V \vec{A}(\vec{\nabla} \cdot \vec{B}) dV + \iiint_V (\vec{B} \cdot \vec{\nabla})\vec{A} dV$
- 2) $\vec{\nabla}_2 f(|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|) = -\vec{\nabla}_1 f(|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|)$

Considerando ainda que S representa uma superfície fechada, é possível escrever

$$\begin{aligned} \iiint_{V_1} \left\{ \vec{J}(\vec{r}_1) \cdot \vec{\nabla}_2 \right\} \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] dV_1 = - \iiint_{V_1} \left\{ \vec{J}(\vec{r}_1) \cdot \vec{\nabla}_1 \right\} \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] dV_1 \\ = \iiint_{V_1} \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] (\vec{\nabla}_1 \cdot \vec{J}(\vec{r}_1)) dV_1 - \oiint_S \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] (\vec{J}(\vec{r}_1) \cdot \hat{n}) dS_1 \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned}
\vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) &= \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \vec{J}(\vec{r}_1) \left\{ \frac{\vec{\nabla}_2 \cdot (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} dV_1 \\
&+ \frac{\mu_0}{4\pi} \oiint_S \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] (\vec{J}(\vec{r}_1) \cdot \hat{n}) dS_1 \\
&- \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] (\vec{\nabla}_1 \cdot \vec{J}(\vec{r}_1)) dV_1
\end{aligned} \tag{23}$$

De acordo com a lei da conservação da carga elétrica,

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \tag{24}$$

e assumindo que a densidade volumétrica da carga elétrica não depende explicitamente do tempo, obtemos $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$, de modo $\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0$, e, portanto,

$$\vec{\nabla}_1 \cdot \vec{J}(\vec{r}_1) = 0 \tag{25}$$

Usando esse resultado, a equação (23) assume a forma

$$\begin{aligned}
\vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) &= \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \vec{J}(\vec{r}_1) \left\{ \frac{\vec{\nabla}_2 \cdot (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} dV_1 \\
&+ \frac{\mu_0}{4\pi} \oiint_S \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] (\vec{J}(\vec{r}_1) \cdot \hat{n}) dS_1
\end{aligned} \tag{26}$$

Observação:

Admitindo que as densidades volumétricas da corrente elétrica $\vec{J}(\vec{r}_1)$ são limitadas no espaço, observamos

$$\lim_{|\vec{r}_1| \rightarrow \infty} |\vec{J}(\vec{r}_1)| = 0 \tag{27}$$

Como consequência da equação (27), tem-se

$$\lim_{|\vec{r}_1| \rightarrow \infty} \frac{\mu_0}{4\pi} \oiint_S \left[\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right] (\vec{J}(\vec{r}_1) \cdot \hat{n}) dS_1 = \vec{0} \tag{28}$$

Portanto, conclui-se que no limite em que $|\vec{r}_1| \rightarrow \infty$, tem-se

$$\vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \vec{J}(\vec{r}_1) \left\{ \frac{\vec{\nabla}_2 \cdot (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \right\} dV_1 \quad (29)$$

Observação:

$$\vec{\nabla}_2 \left(\frac{1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|} \right) = -\frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3}$$

Assim, pode-se escrever

$$\vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \vec{J}(\vec{r}_1) \vec{\nabla}_2 \cdot \left\{ \vec{\nabla}_2 \frac{1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|} \right\} dV_1 \quad (30)$$

Fazendo uso da propriedade

$$\vec{\nabla}_2 \cdot \vec{\nabla}_2 \left(\frac{1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|} \right) = -4\pi \delta(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$$

sendo $\delta(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$ denominada função de distribuição em espaço contínuo, conhecida como Delta de Dirac. Portanto, a equação (30) é rescrita como:

$$\vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint_{V_1} \vec{J}(\vec{r}_1) 4\pi \delta(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) dV_1 \quad (31)$$

Sabendo que $\int f(x)f(x - x_0)dx = f(x_0)$, obtém-se:

$$\vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) = \mu_0 \iiint_{V_1} \vec{J}(\vec{r}_1) \delta(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) dV_1 \quad (32)$$

$$\vec{\nabla}_2 \times \vec{B}(\vec{r}_2) = \mu_0 \vec{J}(\vec{r}_1) \quad (33)$$

Generalizando, tem-se

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \times \vec{B}(\vec{r}) &= \mu_0 \vec{J}(\vec{r}) \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} &= \mu_0 \vec{J} \end{aligned} \quad (34)$$

Aplicando integral dupla de superfície aberta sobre a equação 34, tem-se

$$\begin{aligned} \iint_{S.A} (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \cdot \hat{n} \, dS &= \iint_{S.A} \mu_0 \vec{J} \cdot \hat{n} \, dS \\ &= \mu_0 \iint_{S.A} \vec{J} \cdot \hat{n} \, dS \end{aligned} \quad (35)$$

ressaltando que $S.A.$ indica integral dupla de superfície aberta.

Sabe-se que $\iint_{S.A} \vec{J} \cdot \hat{n} \, dS = I$, portanto,

$$\iint_{S.A} (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \cdot \hat{n} \, dS = \mu_0 I \quad (36)$$

Tomando como base o teorema de Stokes, reescreve-se a equação (36) na forma

$$\iint_{S.A} (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \cdot \hat{n} \, dS = \oint_{C.F} \vec{B} \cdot d\vec{l} \quad (37)$$

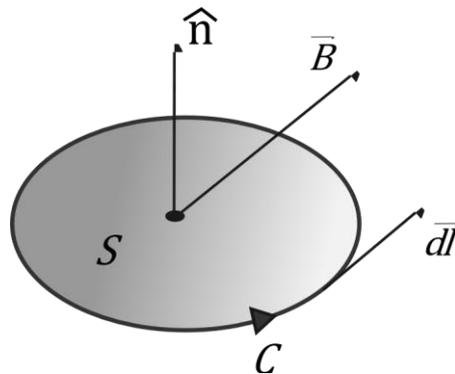
Na qual $C.F.$ refere-se a integral de linha ou contorno fechado. Das equações (36) e (37) obtêm-se a Lei Circuital de Ampère, expressa por meio da equação 38, abaixo.

$$\oint_{C.F} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I \quad (38)$$

3.1.6 Lei da indução eletromagnética

A lei da indução eletromagnética consiste na relação entre o surgimento de uma corrente elétrica em condutor imerso em um ambiente com variação de fluxo de campo magnético.

Figura 06 - Lei da indução.



Fonte: Mestrando e orientador (2019).

Sabe-se que

$$\Phi_c = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \iint \vec{B} \cdot \hat{n} dS \quad (39)$$

Com base no fato de que Φ somente depende do contorno fechado C , e não da superfície S , é possível escrever

$$\oiint_{S.F} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad (40)$$

Usufruindo do teorema de Gauss-Ostrogradski

$$\oiint_{S.F} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \iiint \vec{\nabla} \cdot \vec{B} dV$$

e da expressão (40), tem-se

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (41)$$

Seja R a espira C . A Lei de Indução de Faraday pode ser enunciada da seguinte maneira:

$$I = -\frac{1}{R} \frac{d\Phi_c}{dt} \quad (42)$$

A existência dessa corrente na espira está associada a uma F.E.M.

$$\varepsilon = RI = -\frac{d\Phi_c}{dt} \quad (43)$$

Caso 1: Circuito C movimentado por um campo \vec{B} fixo.

Considerando que o fio se move com velocidade \vec{V} em um campo \vec{B} fixo, os elétrons livres transportados com essa velocidade, estão submetidos à força

$$\vec{F} = -e\vec{V} \times \vec{B} \quad (44)$$

Como essa é uma força de origem não-eletrostática, é conveniente associar um campo elétrico

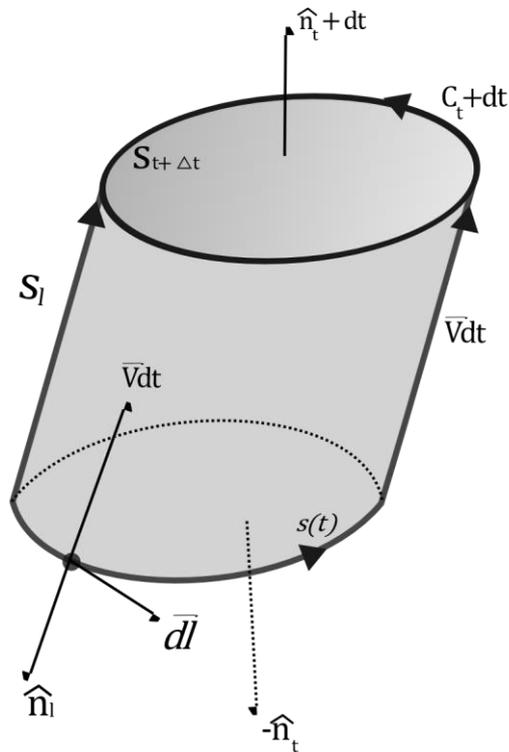
$$\vec{E}^{eq} = \vec{V} \times \vec{B} \quad (45)$$

$$\vec{F} = -e\vec{E}^{eq} \quad (46)$$

A F.E.M. ao longo do circuito C

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E}^{eq} \cdot d\vec{l} = \oint_C d\vec{l} \cdot (\vec{V} \times \vec{B}) \quad (47)$$

Figura 07: Elementos de um circuito movimentado por um campo magnético fixo.



Fonte: Mestrando e orientador, 2019.

Observação:

$$d\vec{l} \times \vec{v}dt = \hat{n}_l ds = d\vec{s}_l$$

\hat{n}_l normal externa da superfície lateral do volume cilíndrico gerado pelo deslocamento de C.

As superfícies das bases S_t e $S_{t+\Delta t}$ formam com S_l um cilindro

$$S \equiv S_t + S_{t+\Delta t} + S_l$$

Sabe-se que

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Logo,

$$\iint_{S_{t+\Delta t}} \vec{B} \cdot d\vec{S} + \iint_{S_t} \vec{B} \cdot d\vec{S} + \iint_{S_l} \vec{B} \cdot d\vec{S}_l = 0$$

$$\iint_{S_{t+\Delta t}} \vec{B} \cdot \hat{n}_{t+\Delta t} dS + \iint_{S_t} \vec{B} \cdot (-\hat{n}_t) dS + \iint_{S_l} \vec{B} \cdot d\vec{S}_l = 0$$

Fazendo uso do produto vetorial $d\vec{l} \times \vec{v} dt = \hat{n}_l ds = d\vec{s}_l$, pode-se escrever

$$\Phi_{C_{t+dt}} - \Phi_{C_t} + \iint_{S_l} (d\vec{l} \times \vec{v} dt) \cdot \vec{B} = 0$$

$$\iint_{S_l} d\vec{l} \times \vec{v} dt \cdot \vec{B} = -(\Phi_{C_{t+dt}} - \Phi_{C_t}) = -d\Phi_C$$

A propriedade de produto vetorial dada por

$$(\vec{b} \times \vec{c}) \cdot \vec{a} = \vec{b} \cdot (\vec{c} \times \vec{a})$$

Permite-nos escrever

$$(d\vec{l} \times \vec{v}) \cdot \vec{B} = d\vec{l} \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

Substituindo na integral dupla de superfície acima

$$dt \iint_{S_l} (d\vec{l} \times \vec{v}) \cdot \vec{B} = -d\Phi_C$$

$$dt \oint_C d\vec{l} \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = -d\Phi_C$$

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E}^{eq} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_C}{dt} \quad (48)$$

A equação (48) representa a Lei de indução de Faraday na forma integral.

Caso 2: Circuito C fixo e \vec{B} variável

Se o circuito C permanece fixo e \vec{B} varia com o tempo, não há força magnética sobre os elétrons, mas a estrutura do resultado permanece válido.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_C}{dt} \quad (49)$$

$$\Phi_C = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (50)$$

Das equações (49) e (50), temos

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt} \left(\iint \vec{B} \cdot d\vec{S} \right) = -\iint \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (51)$$

Não havendo força magnética, a força eletromotriz corresponde a um campo elétrico \vec{E} que varia com o tempo e adquire uma circulação diferente de 0 ao longo de uma curva fechada C .

$$\varepsilon = \oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = - \iint \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (52)$$

3.1.7 Teorema do Rotacional

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \iint_S \vec{\nabla} \times \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (53)$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = - \iint \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (54)$$

$$\iint_S \left[\vec{\nabla} \times \vec{B} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right] \cdot d\vec{S} = 0 \quad (55)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \vec{0} \quad (56)$$

A equação (56) representa a forma diferencial da Lei de Indução de Faraday.

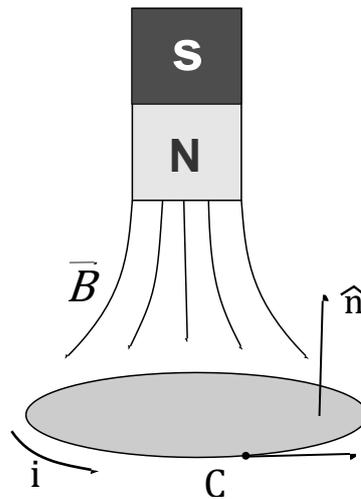
Observação:

Para um campo magnético variável com o tempo tem-se um campo elétrico dependente do tempo.

3.1.8 Lei de lenz

A Lei de lenz se caracteriza por possuir um sentido em que a corrente induzida gera um campo magnético que se opõe à variação do fluxo magnético que a produziu.

Figura 08 - Lei de Lenz.



Fonte: Mestrando e orientador (2019).

$$\vec{B} \cdot \hat{n} < 0 \Rightarrow \Phi_C = \iint \vec{B} \cdot \hat{n} < 0$$

À medida que o ímã se aproxima, Φ_C aumenta. Para $\Phi_C < 0$ implica

$$\frac{d\Phi_C}{dt} < 0$$

Tem-se

$$\varepsilon = \oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} > 0 \quad (57)$$

Ou seja, $\vec{B} \cdot d\vec{l} > 0$.

É gerado na espiral um dipolo magnético cujo polo norte defronta-se com o polo norte do ímã, produzindo, uma força magnética repulsiva sobre o ímã, que tende a afastá-lo da espiral, isto é, opondo-se ao seu movimento. Concluimos então que o sentido da corrente induzida gera efeito de oposição à variação do fluxo através da espira.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 Caracterização da Escola

A escolha do local da pesquisa foi determinada pela melhor colocação do estabelecimento de ensino público no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), por considerar que a escola teria práticas diferenciadas que pudessem colaborar com o desenvolvimento da atividade dissertativa e geração do produto educacional.

A escola onde foi realizada a pesquisa está localizada na zona urbana do município de Santarém, no Estado do Pará, e em termos de estrutura para as práticas relacionadas ao ensino, conta com biblioteca e quadra de esportes. Apresenta laboratório de ciências e informática e atende o ensino regular para o fundamental e médio.

4.2 Caracterização dos professores de física e química

4.2.1 Pesquisador e docente de química

O professor pesquisador que assumiu a parte de Química no desenvolvimento das práticas experimentais e a aplicação do produto educacional possui formação em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Pará (UFPA), campus de Altamira, em que obteve a titulação no ano 2004. Sua carreira profissional foi iniciada no ano de 1999 com a docência no ensino médio, ministrando aulas de Química na Rede Estadual de Ensino Médio do Estado Pará (Seduc). Porém, com a necessidade de formação mínima para exercer a função de professor de Química, fez uma especialização no ano de 2008, na Universidade Federal de Lavras (UFLA).

No ano de 2010 iniciou, na UFPA, a graduação em Licenciatura Plena em Física, no campus de Marabá, curso este desejado no término do ensino médio. Para estudar física foi necessário frequentar as aulas no período intervalar (janeiro, fevereiro, julho, agosto), haja vista ter seu trabalho como professor de ciências e matemática no ensino fundamental no período regular.

Exercendo tal função foi possível trabalhar práticas experimentais com os alunos do nono ano, que estudavam os conteúdos das disciplinas de física e química,

e, nesse momento, foi possível perceber a conexão existente entre ambas, principalmente, na experimentação.

No ano de 2016, o professor concluiu o curso de física, e, no mesmo ano, começou a docência na (Seduc), exercendo função de professor de física e química.

4.2.2 Docente de física

As informações aqui contidas são baseadas em uma entrevista com o professor de Física, ocorrida em 17 de maio de 2019, e para coleta das informações foi utilizada a gravação em áudio com auxílio do aparelho de celular.

De acordo o professor, a sua formação em nível de graduação é em Licenciatura Plena em Física, pela Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), em que obteve a titulação no 2012. Este ressaltou que durante sua formação na graduação obteve informações no âmbito da interdisciplinaridade, já que seu curso era interdisciplinar.

A docência na disciplina de física iniciou no ano de 2009 em cursinhos da cidade de Santarém, e somente no ano de 2013 iniciou no ensino médio nas escolas públicas mantidas pela Secretaria Estadual do Pará (Seduc), como professor temporário, na mesma cidade anteriormente mencionada. No ano de 2019, ainda exerceu a função de professor de física como temporário, e, segundo ele, no ambiente escolar em que atua, sempre está atento para estabelecer ações de interdisciplinaridades, pois existem projetos que incluem os docentes da instituição para realizarem trabalhos em conjunto, e que haveria, brevemente, o desenvolvimento de um projeto de horta na escola.

De acordo com o professor, as práticas experimentais são desenvolvidas com frequência em sala de aula, pois acredita que é importante para relacionar o conteúdo visto de forma expositiva.

4.3 Etapa da pesquisa

Fazenda (2012, p. 133) enfatiza que o mundo não é mais o mesmo, assim como as pessoas. Assim sendo, “a simples constatação da velocidade em que ocorrem transformações em nossa vida cotidiana já nos mostra que estamos diante de uma nova sociedade, outra realidade, que nos envolve e nos desafia”.

Nesse contexto, este trabalho foi desenvolvido sob o olhar da pesquisa em ensino, utilizando o método qualitativo, no qual houve entrevista (Apêndice D) com os personagens do ensino no ambiente escolar, a fim de caracterizar os profissionais que desenvolvem o ensino. Optou-se também pela pesquisa participativa, visto que a ideia foi desenvolver um pensamento crítico e reflexivo por meio de práticas experimentais vinculadas às disciplinas de física e química em uma ação interdisciplinar, que, nesse viés, viesse a colaborar com a docência. Nesse sentido, a citação de Moreira (2011, p. 91) é importante quando menciona que “os professores são incentivados a questionar suas próprias ideias e teorias educativas, suas próprias práticas e seus próprios contextos como objetivos de análise e crítica”.

Para realização do trabalho dissertativo e geração do produto educacional, foi preciso buscar informações no âmbito da interdisciplinaridade, (FAZENDA; 2008, 2012, 2013, 2015), e experimentação nas áreas de física e química, (CARVALHO; 2010, 2011, 2012, 2014, 2015).

Para a realização da pesquisa foi entregue o documento oficial da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), pedindo autorização para pesquisa denominada de interdisciplinaridade entre física e química no ensino médio envolvendo práticas experimentais, e nesse mesmo momento foi conversado sobre como seria a pesquisa com a equipe gestora e também com os docentes que participaram diretamente das atividades propostas.

Após a conversa sobre a pesquisa dissertativa e a confecção do produto educacional, ocorreu aceitação verbal dos discentes, e, logo em seguida, foi colocada à disposição a carta de autorização/anuência para gestora do estabelecimento escolar, como é possível observar no Apêndice A.

Já no apêndice B é possível observar a carta de autorização para participação na pesquisa para os docentes que ministram aulas de Física e Química na escola.

No mesmo dia em que foi conversado com a gestora e professores, foi também falado com os discentes do segundo ano do ensino médio sobre a proposta de realização de uma pesquisa com eles, em que seriam aplicados alguns experimentos envolvendo física e química nos horários destinados às aulas dos professores participantes da pesquisa.

Para a realização da pesquisa em sala de aula com os discentes foi solicitado que houvesse uma aceitação por escrito. Nesse caso, levaram um termo de

consentimento livre e esclarecido para discentes e seus responsáveis, para que houvesse permissão oficial, como modelo observado no apêndice C.

Na aplicação do produto educacional, a turma do segundo ano do ensino médio participou de dois momentos da pesquisa: no primeiro momento foram utilizados os experimentos para demonstração da teoria, em que os discentes assistiram aulas com o professor pesquisador sobre os assuntos de química e física, vinculados às atividades experimentais, como é possível averiguar em anexo.

No segundo momento, foi utilizado o experimento como motivador para o estudo da teoria, e, para realização da atividade, a turma foi dividida em três grupos, sendo apresentado o experimento do ‘motorzinho eletromagnético’ para o primeiro grupo, com a presença do professor pesquisador para explicar a parte de química; o segundo grupo com a presença do professor titular de física; e o último grupo com a presença dos dois professores, sendo um o titular de física e outro o pesquisador para falar sobre a parte química.

4.4 Procedimentos e Instrumentos para coleta de dados

Para construção do relato e análise das informações foram utilizados os instrumentos metodológicos nos dois momentos da aplicação do produto educacional. No primeiro momento, para a experimentação, foram utilizados os experimentos denominados de “chama que suga água” e “corrente elétrica pela água”. Os dois foram utilizados para a demonstração da teoria, e compareceram na aula experimental 31 alunos no primeiro dia e 28 no segundo dia. Em ambas as situações, os discentes receberam papel sulfite (A4) no formato de caderno, para escreverem tudo o que achavam a respeito da atividade realizada.

No segundo momento, foi utilizado o motorzinho eletromagnético na aula, que teve como objetivo motivador o estudo da teoria, comparecendo neste dia 26 alunos. Para a realização da atividade da aplicação do produto, a turma foi dividida em três grupos, em que houve a gravação em áudio, com auxílio do celular, e a organização dos participantes seguiu a ordem da frequência. O primeiro grupo teve a demonstração do experimento com auxílio do professor pesquisador, que o mostrou com objetivo de discutir com os discentes os aspectos químicos.

No segundo grupo, o desenvolvimento da atividade ocorreu com a presença do professor de física, que mostrou o experimento e objetivou discutir os aspectos relacionados à disciplina. Já para terceiro grupo, foi mostrado o experimento

com auxílios dos dois professores, que objetivava a discussão com os discentes relacionando as duas disciplinas em igualdade de condições, visto que o sentido era complementar para analisar a prática experimental de forma não fragmentada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O produto educacional elaborado para essa dissertação apresenta três experimentos que podem ser trabalhados de forma interdisciplinar por docentes de física e química. Para a aplicação dos experimentos denominados de “chama que suga a água” e “corrente elétrica pela água” foram utilizados, em um primeiro momento, na prática desenvolvida em sala de aula, com o enfoque demonstrativo da teoria, com abordagem dos assuntos relacionados às duas disciplinas em um contexto disciplinar.

No primeiro momento da aula, foi apresentado o primeiro experimento denominado “chama que suga água”, e os assuntos abordados foram formas de propagação de calor e suas consequências, para a disciplina de física, e reação de combustão e suas consequências, para disciplina de química. Já no segundo experimento apresentado para os alunos, a “corrente elétrica pela água”, os assuntos abordados foram movimentação de cargas, para a disciplina de física, e funções sais e o processo de dissociação iônica, para a química.

Já em um segundo momento, foi trabalhado o experimento “motorzinho eletromagnético” em uma perspectiva interdisciplinar, em que os assuntos abordados foram eletromagnetismo, para disciplina de física, e reações de oxirredução em uma pilha, para a química.

O relato dos momentos e as análises das atividades desenvolvidas estão contidas nas próximas seções.

5.1 O desenvolvimento da proposta em sala de aula

5.1.1 Relato de experiência com enfoque na demonstração da teoria

No primeiro dia de atividades foram abordados temas relacionados a disciplina de química, onde os assuntos foram as funções sais e o processo de dissociação iônica, além da reação de combustão e suas consequências, em que ocorreu a caracterização de como identificar uma substância como sendo um ácido, base, sal e óxido. Fizeram parte da aula, também, os conceitos relacionados às interações entre as funções ácidas, básicas e sais, que, em contato com a água, sofrem processos de ionização e dissociação iônica.

Após a explicação dos assuntos anteriormente mencionados, foi iniciado o procedimento do experimento de “corrente elétrica pela água”. Para essa prática foi

pedido para o professor que exerce a docência da disciplina de física que buscasse água para colocar nos dois recipientes de garrafa pet. Uma pergunta se fez necessária antes da atividade de corrente elétrica: a água conduz eletricidade? A resposta do discente 01 foi imediata: '- claro que sim, professor'. "- Tem certeza?" "- Vai, professor, para um lugar que tenha água e coloque eletricidade lá e fique para saber!"

O professor chegou com a água e foi dado início à prática experimental, que começou com a passagem da corrente elétrica por um fio de cobre, que foi colocado em contato com a água diretamente. Nesse momento, foi possível verificar que a lâmpada que estava em uma das extremidades do fio não acendeu, e os alunos começaram a perguntar o que o pesquisador tinha feito para não acender. Após o primeiro procedimento, foi colocado sal dentro do outro recipiente e utilizado o mesmo procedimento do fio em contato com a água, e, nesse instante, foi evidenciado por parte dos alunos que a lâmpada havia acendido.

Pergunta e indagações surgiram perante o experimento, visto que eles tinham a água (H₂O) como condutora de corrente elétrica. Todavia, foi explicado para os discentes que, na verdade, o que conduz corrente elétrica são os íons presentes na solução, e água da torneira possui poucos íons presentes.

A perspectiva do discente 02 no âmbito da aula ministrada foi importante, quando mencionou o cotidiano, já que o professor pode utilizar a vivência sociocultural do discente para que a aprendizagem ocorra de forma significativa, uma vez que os alunos trazem informações que colaboram para o processo de ensino-aprendizagem. Como aponta Moreira (2011),

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2011, p. 13).

Nesse mesmo dia, foi colocado em evidência também um experimento denominado de "vela que suga água", e os conceitos de química envolvidos na prática, tais como: combustão da vela que consome o gás oxigênio e libera dióxido de carbono para o meio ambiente.

A combustão da vela é uma reação química entre os hidrocarbonetos da vela e o oxigênio do ar, e forma gás carbônico e vapor de água. O ar aquecido ao

redor da chama da vela se expande, tornando-se rarefeito. Esse é aprisionado quando se tampa a chama com o copo.

Quando foi mencionada no experimento químico a reação envolvida, que seria de combustão, foi possível falar sobre balanceamento de uma equação química, retratada pela fala do discente 02, que enfatizou a importância de utilizar uma técnica de balanceamento não vista até o momento. Essa menção foi bastante importante na relação entre a prática experimental e a teoria vista em sala, já que o discente percebeu que as aulas podem ter um formato diferente.

A fala do discente 03 retrata o ambiente que foi proporcionado em sala, visto que o aluno mencionou que a aula foi legal, pois conseguiu entender o que foi ministrado, apesar de não gostar de química e física.

Em primeiro lugar, compreender a química envolveria uma mudança na lógica a partir da qual o aluno organiza suas teorias (mudança epistemológica). A passagem dessas primeiras teorias intuitivas dos alunos para uma visão científica dos diferentes problemas implica superar concepções organizadas em torno daquilo que temos chamado de realismo ingênuo, como uma visão do mundo centrada em seus aspectos perceptivos (as coisas são como nós as vemos), e substituí-las pelo que temos chamados de construtivismo ou realismo, caracterizado por uma interpretação da realidade a partir de modelos, de tal maneira que conceitos como, por exemplo, números quânticos, orbitais, etc., não precisam ser entes reais, senão que são aceitos como construções abstratas que ajudam a interpretar a natureza da matéria e suas propriedades (POZO; CRESPO, 2009, p 142).

No dia 7 de junho de 2019, ocorreu a segunda aula com os discentes do 2º ano do ensino médio, e, nesse momento, os assuntos abordados foram calorimetria e corrente elétrica, conteúdos vinculados à física, com o apoio do professor da disciplina no seu mesmo horário.

O discente 01 mencionou que a aula foi importante, pois colocou exemplos do cotidiano e estimulou a participação. Logo, o ensino de física no ambiente escolar deve buscar relação com cotidiano, já que a física está presente mesmo quando os alunos não sabem ou não conseguem mensurar a relação existente. Por isso, é importante que se coloque as informações pertinentes a esta ciência, para que possibilite a socialização desse saber. Nesse viés, Carvalho (2010, p. 107) menciona a necessidade de “considerar o ensino mais do que apenas o trabalho com conceitos e ideias científicas: a escola precisa também ensinar os alunos a perceber os fenômenos da natureza e a examiná-los na busca por explicações”.

Nessa aula foram abordados os conceitos que são vistos no cotidiano de forma equivocada, como temperatura e calor. Na linguagem do senso comum, calor é identificado como algo quente e a temperatura é vinculada a quantidade de calor do corpo, conceitos estes diferentes dos usados no meio científico, que conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Após explicar os conceitos e suas características, um aluno enunciou que a vida dele era uma mentira, pois sempre falou “calor” como algo que sentia, e agora o professor estava falando de forma diferente. Questionou por que então não é falado de forma correta?

A partir disso, é possível observar que o ensino de física não está sendo socializado para disseminar o valor científico, haja vista ser importante para tratar dos conhecimentos vinculados aos fenômenos relacionados à natureza. Dessa forma, concordo com Carvalho (2015), que considera que

a linguagem do professor é uma linguagem própria – a das ciências ensinadas na escola, construídas e validadas socialmente -, visto que uma das funções da escola é fazer com que os alunos se introduzam nessa nova linguagem, apreciando sua importância para dar novo sentido às coisas que acontecem ao seu redor, entrando em um mundo simbólico que representa o mundo real. (CARVALHO, 2015, p.09).

Ademais, foi possível, também, na mesma aula do dia 07 de junho, abordar os assuntos relacionados aos processos de propagação de calor que ocorrem na natureza, como, no caso, condução, convecção e radiação. A explicação dos conteúdos teve a relação com o cotidiano dos alunos e também a visão da contextualização inerente à física.

Após a parte teórica, foi mostrado o experimento da “vela que suga a água” novamente, mas com o olhar direcionado para aspectos físicos, pois a vela aquece o ar que está confinado no copo, principalmente, pelo processo de irradiação e convecção, provocando a sua dilatação térmica. Quando ela apaga, o ar esfria e a pressão interna ao copo diminui, uma vez que pressão e temperatura são grandezas diretamente proporcionais. Como a pressão atmosférica está atuando na parte externa do copo e é maior do que a pressão interna, a água do prato é, então, empurrada para dentro do copo, devido a essa diferença de pressão.

5.1.2 Relato da experiência como motivador para o estudo da teoria

A atividade com o primeiro grupo foi gravada em áudio a conversa e também observada pelo pesquisador as ações dos discentes. Após mostrar o experimento, aqui denominado de “motorzinho eletromagnético”, o professor pesquisador perguntou aos alunos o que eles tinham achado da atividade, e esses falaram sobre a movimentação do fio de cobre, que na verdade era a bobina feita com o material citado por eles. Porém, não conseguiram no experimento evidenciar mais princípios químicos mostrados na prática experimental. Também foi disponibilizado aos alunos um vídeo de eletroquímica, mencionando as características de uma pilha e sua função quando ocorre uma reação química, que possibilita a geração de corrente elétrica, contudo nenhum dos alunos tinha assistido o vídeo que foi enviado pelo professor de física da turma para o grupo dos alunos no WhatsApp.

Após as indagações realizadas pelo pesquisador aos discentes, tais como: o que significa esse polo positivo e negativo? Por que uma pilha deixa de funcionar? Em seguida, detalhou-se a função da pilha naquele experimento, visto, a priori, como somente físico, mas na verdade pode ser usado em uma aula de física e química com a presença dos dois professores para fazer uma explanação completa da atividade.

Nesse momento, um dos alunos mencionou que ficaria bem mais interessante se tivéssemos mais aulas desse tipo, pois ficaria mais fácil de compreender os assuntos de física e química, já que existe uma relação entre os conteúdos. Nesse caso, a ação interdisciplinar agiria de forma dialógica entre as disciplinas, em que na ótica de Fazenda (2013) ocorreria uma reciprocidade entre as disciplinas, possibilitando o entendimento de todo fenômeno envolvido.

No mesmo dia, chamou-se o segundo grupo para observarem a prática experimental do “motorzinho eletromagnético”. Nessa atividade seria vista a parte da física, e, para tanto, foi enviado um vídeo para o grupo dos discentes sobre o assunto de eletromagnetismo, com uma semana antecedência. Os alunos informaram que tiveram acesso à videoaula, no entanto não a assistiram.

Dando continuidade ao processo, mostrado o experimento, perguntou-se aos alunos o que tinham achado do experimento e de que disciplinas eram. A resposta dada foi “Física, por estar movimentando o fio de cobre. É cobre, eu acho”. Então perguntou-se, “Mas, observaram mais alguma coisa no experimento?”. Um dos alunos

mencionou a presença de um ímã em cima da pilha, mas não soube relatar a sua função na experiência.

De acordo as indagações feitas ao segundo grupo, o professor da disciplina de física começou a explicar o assunto relacionado ao experimento que tinha como parte a ser mencionada, o eletromagnetismo. Segundo o professor, a passagem de corrente através de um material ferromagnético possibilitava a geração de um campo magnético que agia semelhante a um ímã natural, enquanto a corrente estivesse fluindo pelos condutores de metal, como, no caso, o cobre.

Ainda no mês de junho, ocorreu a última atividade vinculada às práticas com os discentes do segundo ano da escola em que a pesquisa foi realizada, e o experimento de eletromagnetismo foi mostrado novamente, mas, nesse momento, a prática envolveu os dois professores, sendo um de física e o outro de química.

Dessa forma, após mostrar o experimento, os alunos informaram que a prática era de física. Entretanto, um dos alunos tinha assistido aos vídeos que foram enviados para o grupo, que foram o de eletromagnetismo e de eletroquímica, e mencionou que a corrente que passava pelo fio de cobre tinha haver com a pilha, que é um processo que ocorre através de uma reação química.

Após mostrar o experimento, começou-se a falar sobre os assuntos pertinentes a cada uma das disciplinas. O professor titular da turma falou a respeito da corrente elétrica e do eletromagnetismo, e o professor pesquisador fez a abordagem da química explicando os assuntos relacionados às reações químicas e à eletroquímica. Um dos alunos, por sua vez, mencionou que já tinha visto o experimento via internet, mas que a abordagem e a explicação do fenômeno tinham sido para disciplina de física, e, nesse momento, mencionou-se que a proposta da prática realizada com eles era de mostrar para os professores uma possibilidade diferente de trabalhar os conteúdos, a qual seria por meio de um trabalho interdisciplinar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na realização de práticas que envolvam situações em que os discentes possam observar fenômenos que tenham a ver com a física e química, é importante que o planejamento das disciplinas possa fomentar e facilitar a ação interdisciplinar, e não somente observar a ação fragmentada das disciplinas, já que tal situação poderia prejudicar cognitivamente o entendimento e dificultar o processo de ensino-aprendizagem.

Nesse contexto, é necessário que os projetos no ambiente escolar levem em consideração o diálogo entre as disciplinas. No caso, em específico, a física e a química possuem ações experimentais, que interagem e possibilitam o entendimento dos assuntos relacionados aos fenômenos da natureza, que são fragmentados em disciplinas.

Sendo assim, foi possível observar na prática experimental que o ensino de física e química continua não socializando as informações em termos de conhecimentos científicos, pois os discentes ainda consideram que a água é pura, sendo um erro conceitual, já que descarta a presença de outras substâncias associadas na solução que contém moléculas de H_2O , que possibilitam a condução de corrente elétrica. Logo, a aula de física e química com auxílio de práticas experimentais contribuiu para discussão no ambiente escolar, fazendo com que os estudantes começassem a perceber que, para obter compreensão de um problema de forma mais ampla, várias áreas de conhecimento podem contribuir em uma perspectiva interdisciplinar.

Portanto, na atividade experimental envolvendo os assuntos de química, foi constatado que os alunos tiveram mais interesse no primeiro dia de aula, ministrada pelo professor pesquisador, haja vista o experimento ter chamado mais atenção, por ser algo novo. Entretanto, quando o pesquisador utilizou o mesmo experimento para a aula de física não houve tanta manifestação no âmbito do experimento, visto que esse já tinha sido realizado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria José P. M. de. **Meio século de educação em Ciências: foco nas recomendações ao professor de física.** São Paulo: editora livraria da física, 2012.

BRASIL, Base nacional Comum Curricular – BNCC. **Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia,** 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso em: 01/10/2019.

BRASIL, Orientações Curriculares para o Ensino Médio - **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** 2006. Disponível em: < http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf > Acesso em: 01/10/2019.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org). **Calor e temperatura: um ensino por investigação.** - São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática.** – São Paulo – SP: Cengage Learning, 2015.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Coord.). **Ensino de Física.** – São Paulo: Cengage Learning, 2010. – (coleção ideias em ação)

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉRES, Daniel. **Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações; revisão técnica Anna Maria Pessoa de Carvalho.** – 10ª edição e 3ª reimpressão. São Paulo: Cortez, 2011. - (Questões da nossa época; v. 28).

CRUZ, Roque; GALHARDA FILHO, Emílio. **Experimentos de química: microescala, materiais de baixo custo e do cotidiano.** 1ª ed. – São Paulo: editora Livraria da Física, 2004.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes (Org.). **O Que é interdisciplinaridade?** — São Paulo: Cortez, 2008.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes (Org.). **Didática e Interdisciplinaridade.** – 17ª ed. – Campinas, SP: Papyrus, 2012. (coleção práxis)

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes (Coord.). **Práticas Interdisciplinares na Escola.** – 13ª ed. rev. e ampl. – São Paulo: Cortez, 2013.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes; TAVARES, Dirce Encarnacion; GODOY, Herminia Prado. **Interdisciplinaridade na Pesquisa Científica.** - Campinas, SP: Papyrus, 2015. (Coleção Práxis)

GIBIN, Gustavo Bizarria; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de. **Atividades Experimentais Investigativas em Física e Química: Uma abordagem para o Ensino Médio.** – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. – (série ensino de química)

IMBERNÓN, Francisco. *Qualidade do Ensino e Formação do Professorado: uma mudança necessária*. Tradução Silvana Cobucci Leite. São Paulo: Cortez, 2016.

JANTSCH, Ari Paulo; BIANCHETTI, Lucídio (Orgs). **Interdisciplinaridade**: para além da filosofia do sujeito. 9 ed. atualizada e ampliada – Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

MOREIRA, Marcos Antonio. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marcos Antonio. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estudos Avançados, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v32n94/0103-4014-ea-32-94-00073.pdf>>. Acesso em: 10/10/2019.

MOZENA, Erika Regina; OSTERMANN, Fernanda. **Dialogando sobre a interdisciplinaridade** em ivanicatarinaarantes fazenda e alguns dos integrantes do grupo de estudos e pesquisa em interdisciplinaridade da Puc-SP (GEPI). Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/interdisciplinaridade/article/view/32444>>. Acesso e: 10/10/2019.

PONTES et al., Altem Nascimento. O Ensino de Química no Nível Médio: **Um Olhar a Respeito da Motivação**. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ). Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Sociais e Educação. Ano 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0428-1.pdf>>. Acesso em: 01/10/2019.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico; tradução Naila Freitas. – 5ª ed. – Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROSA, Maria Inês Petrucci; ROSSI, Adriana Vitorino. **Educação Química no Brasil**: Memórias, políticas e tendências. – Campinas, SP: Editora Átomos, 2008.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. **Contextualização no Ensino de Ciências por meio de Temas CTS em uma Perspectiva Crítica**. *Ciência & Ensino*, vol. 1, número especial, novembro de 2007. Disponível em: <https://www.academia.edu/27297895/Contextualização_no_ensino_de_ciências_por_meio_de_temas_CTS_em_uma_perspectiva_crítica>. Acesso em: 20/10/2019.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MALDAMER, Otavio Aloisio (Organizadores). **Ensino de Química em foco**. Coleção educação em química. Ijuí, RS: Ed. Unijuí, 2010. 368 p.

SILVA, André Luís Silva da; MOURA, Paulo Rogerio Garcez de. **Ensino Experimental de Ciências** - uma proposta: atividade experimental problematizada (AEP). – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Carta de autorização/Anuência

Eu, _____,
(Cargo/Função) _____ estando de acordo com a metodologia proposta autorizo a execução da pesquisa intitulada **Interdisciplinaridade entre Física e Química no Ensino Médio envolvendo Prática (s) Experimental (is)** no 2º ano do ensino médio da EEEFM - Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio _____. A ser desenvolvida pelo pesquisador mestrando em Ensino de Física **Arnaldo Gonçalves de Matos**, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – MNPEF, Polo Ufopa (Universidade Federal do Oeste do Pará), nessa Instituição na turma M2TR01, 2º ano do turno Vespertino. Para isto, será disponibilizado ao pesquisador o uso do espaço físico necessário para efetivação da pesquisa. Assim como está autorizada a realizar atividades pedagógicas em sala de aula, com apoio e acompanhamento do (a) professor (a), nas aulas de Física e Química perfazendo carga horária de oito (08) no total.

Ass. e Carimbo do (a) Gestor (a) ou seu representante.

Santarém-PA, _____ de 2019.

APÊNDICE B – Carta de Autorização para participação na Pesquisa de Dissertação e Produto Educacional

Eu, _____,
(Cargo/Função) _____ estando ciente da metodologia proposta no desenvolvimento da Dissertação e do Produto Educacional pelo pesquisador mestrando em Ensino de Física **Arnaldo Gonçalves de Matos**, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – MNPEF, Polo Ufopa (Universidade Federal do Oeste do Pará), autorizo a realização do mesmo na turma M2TR01. Assim como está autorizado a realizar atividades pedagógicas em sala de aula, com meu apoio e acompanhamento nas aulas de Física e Química perfazendo carga horária de quatro (04) em cada disciplina.

Assinatura do (a) Professor (a).

Santarém-PA, _____ de 2019.

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Discentes e seus Responsáveis

Título da Pesquisa: Interdisciplinaridade entre Física e Química no Ensino Médio, envolvendo Práticas Experimentais.

Prezado (a) Senhor (a):

Convido o (a) adolescente sob sua responsabilidade para participar da pesquisa, a ser realizada na **EEEFM - Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio São _____** que tem como objetivo geral mostrar a importância da interdisciplinaridade no ensino de Física e Química no ensino médio envolvendo prática(s) experimental(is) no 2º ano do ensino médio, na turma M2TR01.

A participação é voluntária e se dará da seguinte forma: **participação nas aulas, debates, dinâmicas de grupos, utilização de experimentação**. O tempo para o desenvolvimento das atividades serão de oito (08) aulas envolvendo Física e Química. Informo ainda que as informações do (a) adolescente serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa.

Objetiva-se também que os (as) alunos (as) se sintam instigados a refletir sobre o que sabem a respeito dos conteúdos de Física e Química e consigam fazer uma relação com as informações científicas, dialogadas e recebidas sobre o título da pesquisa, percebendo a importância do conteúdo e quais as implicações para a sua vida pessoal e para a sociedade.

Caso o (a) senhor (a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar o mestrando em Ensino de Física **Arnaldo Gonçalves de Matos**, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – MNPEF, Polo Ufopa (Universidade Federal do Oeste do Pará): (91)991186928; email: arn.goncalves@hotmail.com.

Santarém/PA, ____ de _____ de 2019.

Assentimento Livre e Esclarecido do Responsável

Eu _____, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa concordo com a participação **voluntária** do (a) _____.

Assinatura: _____

Santarém/PA, ___ de _____ de 2019.

Assentimento Livre e Esclarecido do Adolescente

Eu _____, aluno regularmente matriculado no 2º ano turma M2TR01, **EEEFM** São Raimundo Nonato, tendo sido totalmente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente**.

Assinatura: _____

Santarém/PA, ___ de _____ de 2019.

APÊNDICE D - Formulário de Entrevista

1 – Boa tarde, professor! Poderia me informa seu nome, por favor? (somente para constar, mas não vai aparecer na dissertação. E constará se tiver autorização).

2 – Qual a sua formação acadêmica (graduação e pós-graduação) e Instituição?

3 -Teve na sua formação acadêmica informações sobre interdisciplinaridade?

Se sim, foi na graduação e/ou pós-graduação? De que forma foi abordada?

4 – Atuação profissional: Quantos anos e qual o nível de ensino?

Se em níveis diferentes: qual a diferença notou no processo de ensino-aprendizagem?

5- Já ocorreu cursos de capacitação na escola sobre interdisciplinaridade?

Se sim, de que forma foi apresentada a interdisciplinaridade?

6- No ambiente escolar é colocado em prática a ação interdisciplinar?

7- As práticas experimentais são desenvolvidas na escola?

Se sim, de que forma é colocada para os alunos?

APÊNDICE E – Produto Educacional



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

ARNALDO GONÇALVES DE MATOS

**PRODUTO EDUCACIONAL: PROPOSTAS EXPERIMENTAIS PARA
ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR DE FÍSICA E QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

**SANTARÉM-PA
2020**

ARNALDO GONÇALVES DE MATOS

**PRODUTO EDUCACIONAL: PROPOSTAS EXPERIMENTAIS PARA
ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR DE FÍSICA E QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

Produto educacional apresentado como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Damião Pedro Meira Filho
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Nilzilene Gomes de Figueiredo

**SANTARÉM-PA
2020**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	5
2.1 Chama que suga a água	5
2.1.1. Materiais necessários.....	5
2.1.2. Assuntos abordados	5
2.1.3. Proposta metodológica	5
2.1.4. Interpretação do fenômeno ocorrido sob o enfoque da Física e da Química.....	7
2.1.5. Sugestões de outras fontes de consulta	8
2.2 Corrente elétrica pela água	9
2.2.1 Materiais necessários.....	9
2.2.2 Assuntos abordados	9
2.2.3 Proposta metodológica	9
2.2.4 Interpretação do fenômeno ocorrido sob o enfoque da Física e da Química.....	11
2.2.5 Sugestões de outras fontes de consulta	12
2.3 Motorzinho eletromagnético	13
2.3.1 Materiais necessários.....	13
2.3.2 Assuntos abordados	13
2.3.3 Proposta metodológica	13
2.3.4 Interpretação do fenômeno ocorrido sob o enfoque da Física e da Química.....	15
2.3.5 Sugestões de outras fontes de consulta	15
3 CONCLUSÃO	16
REFERÊNCIAS	17

1 INTRODUÇÃO

O produto educacional aqui apresentado faz parte de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física e consiste em um material instrucional destinado aos professores que desejam desenvolver atividades experimentais no ensino médio em uma perspectiva interdisciplinar com foco na Física e na Química.

O material apresenta três possibilidades de experimentos com indicação dos materiais, possibilidades metodológicas, explicações sobre os fenômenos físicos e químicos ocorridos, bem como indicação de fontes onde o professor pode encontrar mais informações para a abordagem daquele experimento.

Parte-se do pressuposto que “a experimentação no ensino potencializa a capacidade de aprendizagem, visto que contribui para a superação de obstáculos cognitivos” (SILVA; MOURA, 2018. p. 13). O fato de a Física e a Química serem Ciências relacionadas à compreensão da natureza e de caráter eminentemente experimental (GIBIN; SOUZA FILHO, 2016) também favorece a interdisciplinaridade no ensino. Dessa forma, o uso de abordagem interdisciplinar entre essas duas áreas de conhecimento apresenta-se como uma possibilidade de reorganização do saber para a produção de um novo conhecimento (FAZENDA, 2013).

É possível perceber que muitas vezes a carência de profissionais com a formação específica em Química e Física é uma das principais causas na dificuldades para o desenvolvimento das práticas experimentais no ambiente escolar (GIBIN; SOUZA FILHO, 2016). Por outro lado, também, a ausência de discussões interdisciplinares durante os cursos de formação inicial ou continuada não incentivam os professores a começarem a desenvolver esse tipo de prática necessária e emergente. Em vários documentos educacionais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino médio de 2006 (BRASIL, 2006), a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018) e os documentos do novo ensino médio falam da necessidade de contextualização e interdisciplinaridade como fator de desenvolvimento do ensino e favorecimento da aprendizagem.

Assim, espera-se que este material instrumental seja útil para um primeiro passo que os professores de Física e de Química possam dar para o desenvolvimento de atividades interdisciplinares nas escolas.

2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Apresentamos a seguir três experimentos: Chama que suga a água, Corrente elétrica pela água e Motorzinho eletromagnético. Para cada experimento são apresentados os materiais necessários, assuntos abordados referente à Química e à Física, proposta metodológica para a abordagem, interpretação do fenômeno ocorrido sob o enfoque das duas áreas e sugestões de outras fontes de consulta para que os professores possam aprofundar o que julgarem necessário.

2.1 Chama que suga a água

2.1.1. Materiais necessários

- 01 vela comum
- 01 copo de vidro transparente
- 01 prato
- 200 ml de água
- 01 caixa de fósforo ou isqueiro
- Tinta guache ou anilina para bolo (opcional).

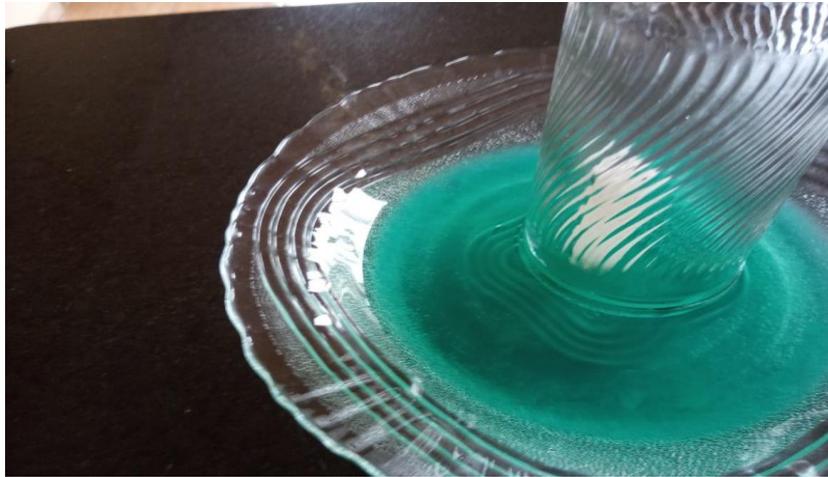
2.1.2. Assuntos abordados

- Física: Formas de propagação de calor e suas consequências;
- Química: Reação de Combustão e suas consequências.

2.1.3. Proposta metodológica

Esse é um experimento aparentemente simples que aparece em muitos livros didáticos tanto de Física quanto de Química. A proposta consiste em fixar uma vela sobre um prato com um pouco de cera derretida, acrescentar água no prato e em seguida acender a vela. Se for adicionado algum produto que deixe a água colorida (guache ou anilina, por exemplo) fica mais nítido o fenômeno que será observado. Ao colocar um copo de vidro vazio cobrindo a vela como indica a figura 01, observa-se que a chama da vela apaga e a água que está no prato é sugada para dentro do copo de vidro transparente, como indica a figura 02.

Figura 1 – Experimento com a vela apagada



Fonte: O autor (2020).

Figura 02 – Água sendo sugada para dentro do copo



Fonte: O autor (2020).

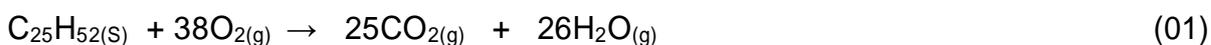
O professor que desejar utilizar esse experimento como motivador para o estudo da teoria vista em sala de aula, pode mostrar o experimento aos alunos para que eles acompanhem o que ocorre enquanto a vela apaga e criem suas hipóteses do porquê a água é sugada quando a vela apaga. É provável que as hipóteses dos estudantes sejam tanto de aspectos físicos quanto de aspectos químicos e poderá já ser uma boa oportunidade para o professor discutir com a turma o fenômeno sob um ponto de vista interdisciplinar.

Outra possibilidade é utilizar o experimento para demonstração da teoria vista em sala de aula. Nesse caso, o professor pode abordar a teoria dos fenômenos

físicos e químicos e em seguida apresentar o experimento demonstrando essas teorias e ressaltando que é possível compreender o experimento a partir de diferentes áreas de conhecimento e que elas podem ser complementares para compreender o fenômeno com um todo.

2.1.4. Interpretação do fenômeno ocorrido sob o enfoque da Física e da Química

Quando a vela queima ela sofre um processo químico conhecido como combustão. Esse processo precisa de um combustível que fornece energia para a queima (representado no experimento pela parafina da vela que é um Hidrocarboneto), um comburente que é a substância que vai reagir quimicamente com o combustível (o oxigênio do ar, nesse caso) e uma fonte de calor que vai desencadear a reação química do combustível com o comburente (o fósforo ou isqueiro nesse caso). A reação de combustão pode ser escrita genericamente como observado na equação 01:

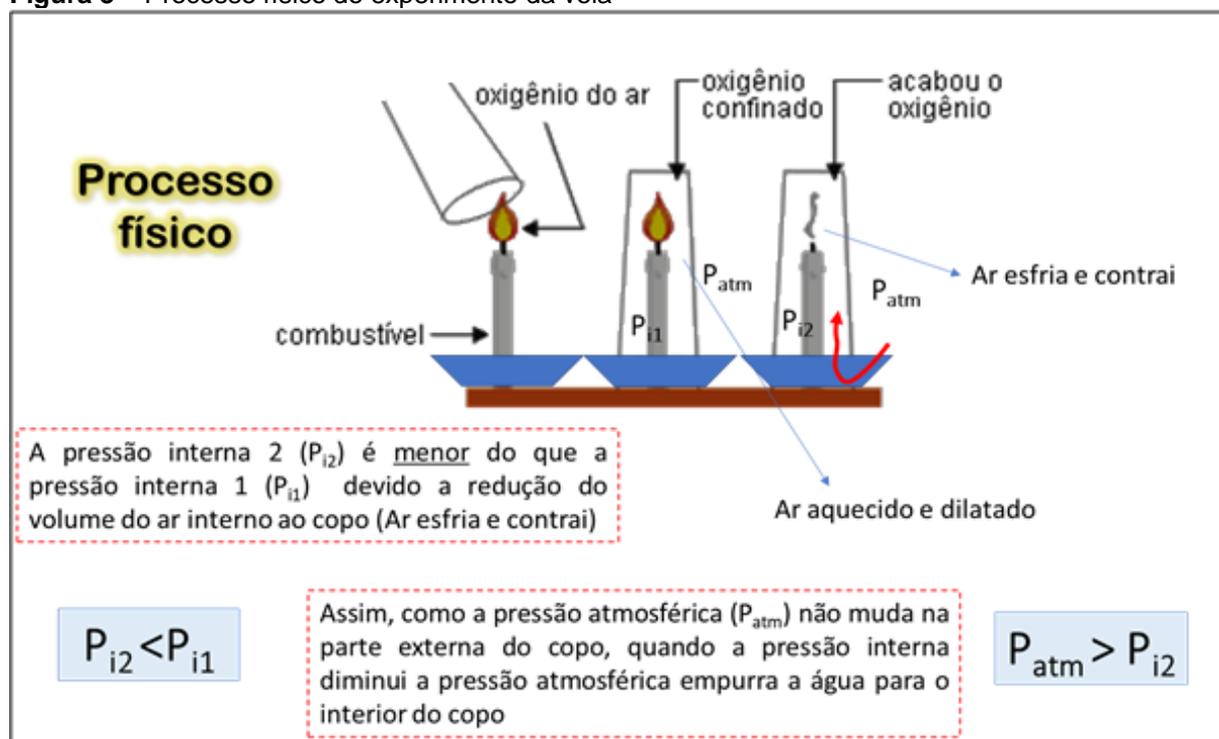


Observe que o produto dessa reação é gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), em forma de vapor que irá posteriormente condensar). Dessa forma, quando coloca-se o copo sobre a vela acesa você está confinando uma pequena parte do ar atmosférico nessa região próximo à vela e o comburente (O_2) fica limitado. Assim, quando a combustão consome todo o gás oxigênio que está confinado no copo, a vela irá apagar.

No entanto, porque ao apagar ela suga a água? Em alguns livros didáticos esse fenômeno de sugar a água é explicado pelo fato de haver consumo de oxigênio e portanto o volume de ar iria diminuir dentro do copo, o que levaria a água a ocupar parte do copo para compensar essa perda de volume interno. No entanto, podemos perceber na reação de combustão que há consumo de oxigênio, mas como produto origina gás carbônico (CO_2) e água (H_2O). Além disso, Lavoisier ainda no século XVII publicou a Lei de conservação da massa em um sistema isolado, que diz que a massa total em uma reação se conserva, o que nos leva a crer que essa explicação não satisfaz.

Dessa forma, podemos pensar então sob o ponto de vista dos fenômenos físicos que ocorrem. A vela aquece o ar que está confinado no copo principalmente pelo processo de irradiação e convecção, provocando a sua dilatação térmica. Quando a vela apaga o ar irá esfriar e a pressão interna ao copo irá diminuir, pois pressão e temperatura são grandezas diretamente proporcionais. Como a pressão atmosférica está atuando na parte externa do copo e é maior do que a pressão interna, a água do prato é então empurrada para dentro do copo devido a essa diferença de pressão. A figura 3 sintetiza o processo físico do experimento.

Figura 3 – Processo físico do experimento da vela



Fonte: O autor (2020)

2.1.5. Sugestões de outras fontes de consulta

Indicamos abaixo outros materiais referentes a esse experimento para aprofundamento que os professores podem consultar.

- Experiência da Vela (4). Disponível em: <https://redes.moderna.com.br/2016/10/31/o-experimento-da-vela/>. Acesso em 28/02/2020.
- A vela que levanta água. Disponível em: <https://sites.unipampa.edu.br/pibid2014/files/2017/08/efeitos-da-diferenca-de-pressao-lucas-fagundes-de-souza.pdf>. Acesso em 28/02/2020.

2.2 Corrente elétrica pela água

2.2.1 Materiais necessários

- 01 copo becker ou recipiente de 500 ml de garrafa pet
- 06 pilhas de 1,5 V
- 02 placas de metais diferentes (zinco e cobre)
- 01 fio de cobre esmaltado
- 01 Lâmpada Led Bulbo

2.2.2 Assuntos abordados

- Física: Cargas elétricas e corrente elétrica;
- Química: Funções sais (eletrólitos e não eletrólitos) e o processo de dissociação iônica.

2.2.3 Proposta metodológica

Esse é um experimento que chama atenção dos discentes, já que, é comum ter a ideia que água pode conduzir corrente elétrica, e tal questão é retratada em muitos livros didáticos tanto de Física quanto de Química. A proposta para desenvolvimento do experimento é colocar seis pilhas associadas em série, e nas extremidades do filamento, um fio de cobre ligado ao polo positivo e negativo. As outras extremidades do fio de cobre são interligadas com o metais diferentes, um de zinco e outro de cobre, que ficam dentro do recipiente. Entre um dos polos da pilha e o metal, é inserido uma lâmpada que fica presa ligada ao fio de cobre. Ao colocar o fio em contato com a água da torneira¹, a lâmpada fica apagada, como indica a figura 4. Observa-se que a lâmpada fica acesa quando é adicionado sal ao recipiente, como indica a figura 5.

¹ Apesar da água da torneira não ser pura (somente H₂O), a quantidade de sais dissolvidos nesta é pequena, o que veremos que não será suficiente para acender a lâmpada.

Figura 4 - Eletrodo com água da torneira



Fonte: Sardella (2000, p. 134).

Figura 5 – Eletrodo com água da torneira e sal



Fonte: Sardella (2000, p. 135)

O professor que utilizar o experimento como motivador para o estudo da teoria dos conteúdos, pode optar por mostrar aos alunos para que eles acompanhem o que ocorre quando o fio de cobre é colocado no recipiente contendo água da torneira, e desta forma, os discentes podem imaginar situações do por quê a lâmpada acende quando a água da torneira entra em contato com o sal. É possível que as indagações dos estudantes sejam tanto de aspectos físicos quanto de aspectos químicos e poderá ser uma boa oportunidade para o professor relacionar as duas disciplinas e discutir com a turma o fenômeno sob um ponto de vista interdisciplinar. O uso do experimento nesse primeiro momento em uma perspectiva investigativa, que

permite os estudantes criarem hipóteses para verificar se estavam corretas posteriormente.

Uma outra possibilidade é utilizar o experimento para demonstração da teoria dos conteúdos. Nesse caso, o professor pode abordar a teoria dos fenômenos físicos e químicos e em seguida apresentar o experimento demonstrando essas teorias e ressaltar que é possível compreender o experimento a partir de diferentes áreas de conhecimento e que elas podem estar interligadas de tal forma que os seus elos podem favorecer a compreensão dos fenômenos da natureza.

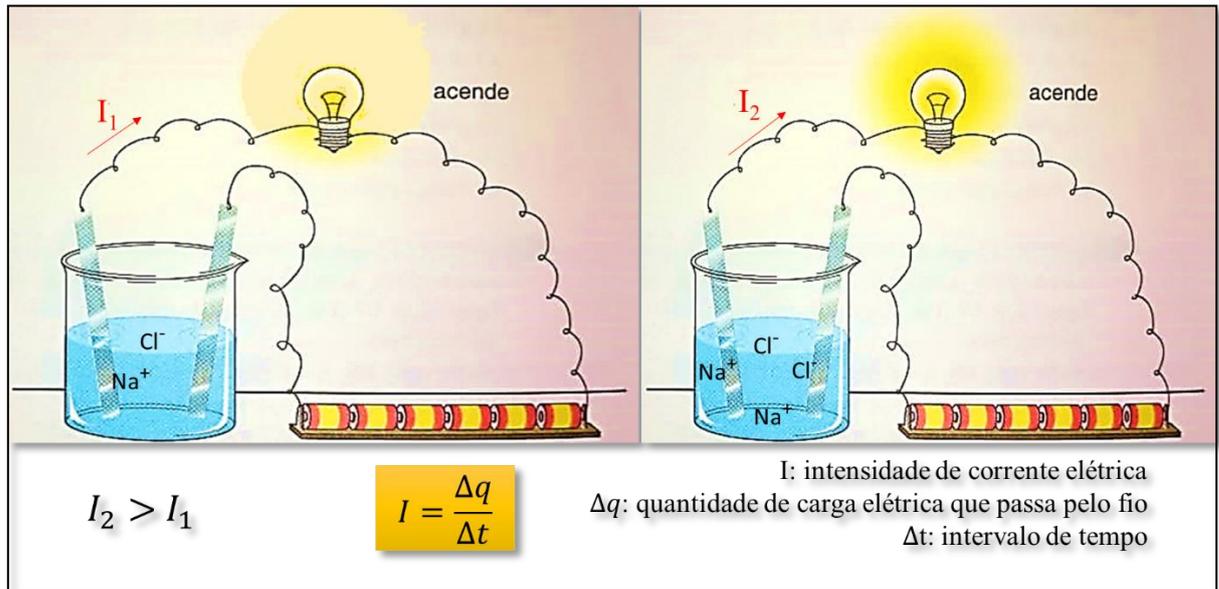
2.2.4 Interpretação do fenômeno ocorrido sob o enfoque da Física e da Química

A água é uma substância formada por moléculas de H₂O e ela é considerada um solvente universal por conseguir dissolver a maioria das outras substância através de um processo de dissociação iônica. O sal (NaCl), que é uma substância iônica, entra em contato com a água, liberando um cátion Na⁺ e um ânion Cl⁻, como indica a equação 02. Esse é o fenômeno químico do processo.



Para que a lâmpada acenda, é necessária a existência de uma corrente elétrica, que é gerada a partir do movimento desses íons (Na⁺ e Cl⁻) pelo fio condutor ligado às duas placas de metal (condutoras) que estão imersas na água. Assim, quanto mais sal for colocado na água, maior será a corrente elétrica gerada e, conseqüentemente, maior será o brilho da lâmpada (Figura 6).

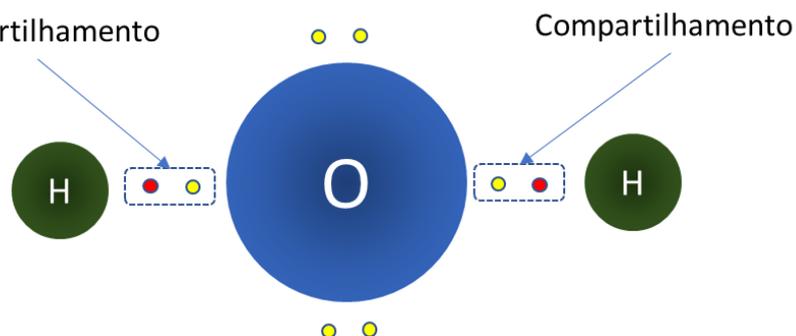
Figura 6 – A Corrente elétrica no experimento. Quanto mais sal na água, maior o brilho da lâmpada



Fonte: Sardella (2000), com adaptações

Por outro lado, se tivermos água pura a partir de um processo de destilação, ou seja, sem a de sal ou qualquer outra substância, a lâmpada não irá acender, pois não haverá íons para gerar corrente elétrica. A molécula da água apresenta ligações covalentes, ou seja, os elétrons são compartilhados entre os átomos (Ver figura 7) .

Figura 7 – Molécula de água sendo representada com as ligações covalentes



Fonte: O autor (2020)

2.2.5 Sugestões de outras fontes de consulta

Indicamos abaixo outros materiais referentes a esse experimento para aprofundamento que os professores podem consultar.

- Condutividade elétrica do vinagre, suco de limão, açúcar e sal. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=hivJgTk9WQQ> >. Acesso em: 20/10/2020.
- Condutividade elétrica de compostos iônicos. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/sugar-and-salt-solutions>>. Acesso em: 01/03/2020.

2.3 Motorzinho eletromagnético

2.3.1 Materiais necessários

- 01 pilha 1,5 V
- 01 fio de cobre
- 01 ímã
- 01 bexiga (utilizada em aniversários)
- 01 elástico
- 01 estilete
- 02 alfinetes de segurança

2.3.2 Assuntos abordados

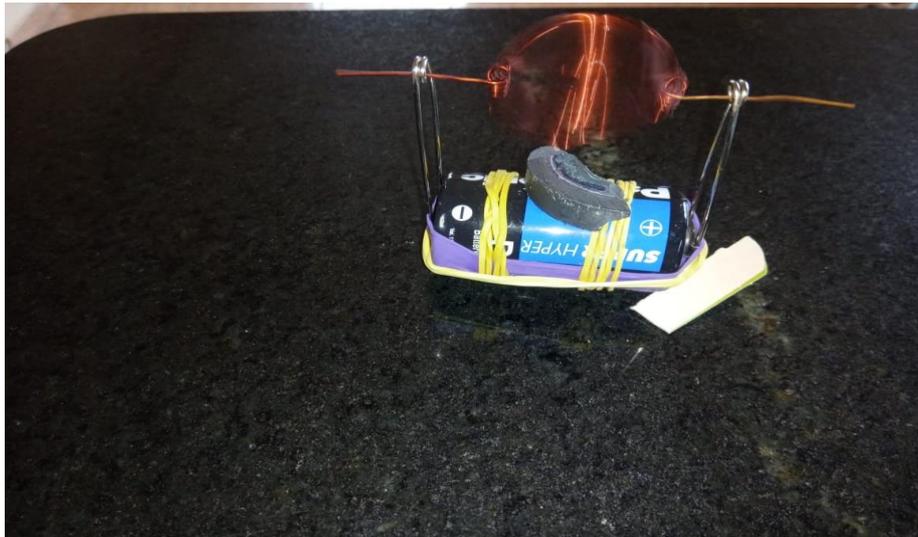
- Física: Eletromagnetismo;
- Química: Reações de oxirredução em uma pilha.

2.3.3 Proposta metodológica

Este é um experimento que representa o funcionamento de um motor em miniatura, com materiais de baixo custo. Um motor transforma energia elétrica em energia mecânica e para usar o experimento como motivador da teoria o professor poderá já trazê-lo pronto para montar e apresentá-lo aos estudantes fazendo os questionamentos necessários, mas também pode construir o experimento com os estudantes. Para isso, deve-se colocar a pilha na horizontal e fixar alfinetes nas duas extremidades, como indica a figura 8. Apoiado entre os alfinetes será colocada uma bobina feita com o fio de cobre esmaltado, que terá nas suas extremidades 2 cm de cada lado. Para que haja o funcionamento do motor eletromagnético será necessário descascar uma das extremidades do fio de cobre. Um ímã deve ser colocado em uma posição abaixo da bobina, pois será ele o responsável por gerar o campo magnético.

É importante dizer que só deve ser colocada a bobina quando o experimento estiver sendo demonstrado, para que a pilha não descarregue rapidamente. Outra observação importante é que o professor pode precisar dar um pequeno toque na bobina para que ela comece a girar a fim de vencer a inércia.

Figura 8 – Motorzinho eletromagnético



Fonte: O autor (2020)

O professor que for utilizar esse experimento como motivador para o estudo da teoria vista em sala de aula, pode mostrar o experimento aos alunos para que eles acompanhem o que ocorre quando o fio de cobre entra em contato com os polos da pilha, e ocorre o fluxo de carga ao redor da bobina. Os discentes podem criar suas hipóteses do porquê uma das extremidades do fio de cobre é descascado pela metade. É provável que as hipóteses dos estudantes sejam vinculadas aos aspectos físicos em detrimento aos aspectos químicos, e, neste caso, haverá uma boa oportunidade para o(s) professor(es) discutir(em) com a turma o fenômeno sob um ponto de vista interdisciplinar, já que poderá abordar a parte Química que está inserida no experimento.

Uma outra possibilidade é utilizar o experimento para demonstração da teoria vista em sala de aula. Nesse caso, o professor pode abordar a teoria dos fenômenos físicos e químicos e em seguida apresentar o experimento demonstrando essas teorias e ressaltando que é possível compreender o experimento a partir de diferentes áreas de conhecimento e que elas podem ser complementares para compreender o fenômeno da natureza na sua totalidade.

2.3.4 Interpretação do fenômeno ocorrido sob o enfoque da Física e da Química

No experimento observa-se a presença de uma pilha como parte da estrutura experimental, que tem a função de gerar corrente elétrica através de uma reação espontânea de oxirredução, em que um dos eletrodos perde elétrons, e o outro eletrodo ganha elétrons, fazendo desta forma fluir cargas através do fio de cobre, que está ligado aos polos.

A pilha fornece energia elétrica ao circuito formado pelos fios de cobre, por onde passa uma corrente, que percorre a espira, e gera um campo magnético associado a essa corrente, transforma-a num pequeno eletroímã.

O ímã colocado na superfície da pilha tem um de seus pólos voltados para a espira e quando ela se torna um eletroímã, passa a existir uma interação de repulsão, que movimenta a espira, formando o motorzinho eletromagnético.

2.3.5 Sugestões de outras fontes de consulta

Indicamos abaixo outros materiais referentes a esse experimento para aprofundamento que os professores podem consultar.

- Motor Elétrico. Disponível em: <
<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele04.htm>>. Acesso em: 01/03/2020.
- Eletromagnetismo. Disponível em: <
<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/eletromagnetismo-4-oersted-faraday-e-o-motor-eletrico---3.htm>>. Acesso em: 01/03/2010.

3 CONCLUSÃO

Para que a ação docente seja bem sucedida nas práticas experimentais que envolvem Física e Química, é necessário que haja o envolvimento dos professores no planejamento das atividades, visto que, tal ação é importante para nortear o desenvolvimento das práticas a serem trabalhadas com os discentes.

O produto instrucional em questão deverá ser flexível na aplicação por parte do professor que for utilizar, e, neste contexto, poderá o docente adotar mecanismos diferentes do observado no trabalho em questão, haja vista, que o principal objetivo das práticas em sala de aula é contribuir para o processo de ensino aprendizagem, favorecendo a interação e o diálogo entre professores e os alunos.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Base nacional Comum Curricular – BNCC. **Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia**, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit_e.pdf. Acesso em: 01/10/2019.

BRASIL, Orientações Curriculares para o Ensino Médio - **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. 2006. Disponível em: < http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf > Acesso em: 01/10/2019.

FAZENDA, I. C. A. (Coord.). **Práticas Interdisciplinares na Escola**. – 13ª ed. rev. e ampl. – São Paulo: Cortez, 2013.

GIBIN, G. B.; SOUZA FILHO, M. P. de. **Atividades Experimentais Investigativas em Física e Química: Uma abordagem para o Ensino Médio**. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. – (série ensino de Química)

SARDELLA, A. Química Novo Ensino Médio. Volume único. São Paulo: Editora ática, 2000

SILVA, A. L. S. da; MOURA, P. R. G. de. **Ensino Experimental de Ciências** - uma proposta: atividade experimental problematizada (AEP). – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.