

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Lidio Marcos de Souza Damasceno

**Laboratório de ciências para o Novo Ensino Médio:** explorando a condutividade elétrica em soluções eletrolíticas

Juiz de Fora  
2024

Lidio Marcos de Souza Damasceno

**Laboratório de ciências para o Novo Ensino Médio:** explorando a condutividade elétrica em soluções eletrolíticas

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes

Juiz de Fora  
2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Damasceno, Lidio Marcos de Souza.

Laboratório de ciências para o Novo Ensino Médio : explorando a condutividade elétrica em soluções eletrolíticas / Lidio Marcos de Souza Damasceno. -- 2024.

108 f.

Orientador: Paulo Henrique Dias Menezes

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2024.

1. Ensino de física. 2. Eletricidade. 3. Soluções eletrolíticas. 4. Ensino por investigação. 5. Novo Ensino Médio. I. Menezes, Paulo Henrique Dias, orient. II. Título.

## Lidio Marcos de Souza Damasceno

### **Laboratório de ciências para o novo ensino médio:** explorando a condutividade elétrica em soluções eletrolíticas

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 11 de outubro de 2024.

#### BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes**- orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Profa. Dra. Angelita Vieira de Moraes**

Universidade Federal do Espírito Santo

**Profa. Dra. Adriana Aparecida da Silva**

Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 30/09/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Henrique Dias Menezes, Professor(a)**, em 23/10/2024, às 10:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Aparecida da Silva, Professor(a)**, em 23/10/2024, às 13:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Angelita Vieira de Moraes, Usuário Externo**, em 29/10/2024, às 10:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2010672** e o código CRC **3F2E3738**.

---

Dedico este trabalho a minha ancestralidade trazida acorrentada e sequestrada da África, minha avó Hildeth da Conceição de Souza, meu avô Herculino Martins (póstumo), minha mãe Maria Célia de Souza, minha tia Helena Martins (póstuma), minha esposa Lívia Reis Silva, meu irmão Lidson José de Souza Damasceno e meus filhos: Miguel Lima Damasceno, Sofia Fayer Damasceno e João Marcos Reis Damasceno. Que contribuíram e contribuem na minha formação humana incompleta, perene e mundana. Sem vocês não há significado em nenhum combate ou vitória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus mentores espirituais e aos Orixás em toda sua plenitude.

Agradeço a oportunidade de crescimento e desenvolvimento profissional e pessoal aos docentes do MNPEF polo 24 em especial ao Professor Paulo Menezes.

Agradeço aos colegas de turma do MNPEF pela vivência e trocas de experiências, em especial ao Leo de São Lourenço, companheiro de muitos estudos e momentos de descontração.

Agradeço ao Prof. Paulo Afonso Vieira pela compreensão e disponibilidade em contribuir para minhas idas às aulas do mestrado. Ao amigo Sidney Pinheiro pelos diálogos e esclarecimentos nos caminhos do ensino de Física.

Agradeço a muitos colegas que de forma anônima, pelas boas palavras proferidas, sempre me deram a energia capaz de seguir em frente.

Agradeço aos alunos que tive a oportunidade de lecionar e conseguir de alguma forma mudar a realidade desses meninos e meninas no interior da zona da mata mineira e da região serrana do Rio de Janeiro.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“Se eu vi mais longe, foi por estar em ombros de gigantes...”  
(Isaac Newton).

## RESUMO

O novo ensino médio busca promover a integração de saberes por meio da interdisciplinaridade entre as áreas de conhecimento e a partir dos vínculos escolares promovidos entre as disciplinas da base comum e os itinerários formativos. No intuito de despertar nos estudantes um maior interesse pelas aulas de física foi desenvolvido um dispositivo eletrolítico de condutividade elétrica, que consiste em uma ferramenta sensível à condução de eletricidade em soluções líquidas. O referido produto educacional foi construído consorciando o ensino de ciências por investigação (EnCI) e a metodologia dos três momentos pedagógicos (3MP). Entendemos que as etapas investigativas do EnCI podem potencializar a organização e a aplicação do conhecimento, alinhando-se à problematização presente nas etapas da metodologia dos três momentos pedagógicos. A proposta didática consistiu em uma sequência de ensino de cunho investigativo (SECI) com elaboração de práticas experimentais, de natureza investigativa, voltadas para o estudo da eletricidade e da condutividade elétrica em soluções eletrolíticas. Para tal, foram utilizados materiais de baixo custo e conhecimentos básicos de uso de produtos elétricos. A SECI foi elaborada pautada em saberes de eletricidade, condutividade elétrica e soluções eletrolíticas, fomentando assim atividades interdisciplinares entre os conhecimentos da Física e da Química. Dessa forma, foram construídos kits experimentais pelos próprios estudantes a partir de uma situação problema apresentada e discutida em sala de aula. A SECI foi aplicada em turmas do segundo ano do novo ensino médio (NEM). Os relatórios elaborados durante as práticas evidenciam que este recurso se configurou como uma importante ferramenta no processo de aprendizagem dos educandos, favorecendo a compreensão dos estudantes sobre a condução elétrica e suas aplicações no cotidiano.

**Palavras-chave:** novo ensino médio; ensino de física; eletricidade; soluções eletrolíticas, ensino por investigação.

## ABSTRAC

The New High School seeks to promote the integration of knowledge through interdisciplinarity between areas of knowledge, based on the school links promoted between the common base subjects and the training itineraries. To awaken students' greater interest in physics classes, an electrolytic electrical conductivity apparatus was developed, which consists of a tool sensitive to electrical conductivity in liquid solutions. The educational product was built by combining the teaching of science through investigation and the methodology of the three pedagogical moments. We understand that the investigative stages can enhance the organization and application of knowledge, aligning with the problematization present in the methodology stages of the three pedagogical moments. The teaching proposal consisted of a sequence of teaching by investigation with the development of experimental practices, of an investigative nature, aimed at the study of electricity and electrical conductivity in electrolytic solutions. To achieve this, low-cost materials and basic knowledge of using electrical products were used. This was prepared based on knowledge of electricity, electrical conductivity and electrolytic solutions, thus promoting interdisciplinary activities between the knowledge of Physics and Chemistry. In this way, experimental kits were constructed by the students themselves based on a problem situation presented and discussed in the classroom. It was applied to second-year classes of New High School. The reports developed during the practices show that this resource is an important tool in the students' learning process, favoring students' understanding of electrical conduction and its applications in everyday life.

**Keywords:** New High School; physics teaching; electricity; electrolytic solutions, research-based teaching.

## SUMÁRIO

UM POUCO DA MINHA HISTÓRIA .....	13
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. TÓPICOS DE ELETRICIDADE .....	18
2.1 EFEITO ÂMBAR.....	18
2.2 BREVE HISTÓRICO SOBRE ELETRICIDADE .....	19
2.3 CORRENTE ELÉTRICA.....	24
2.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS .....	25
3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO .....	28
3.1 ASPECTOS SOCIOHISTÓRICOS DO CURRÍCULO ESCOLAR .....	28
3.2 LDB E BNCC COMO FERRAMENTAS CURRICULARES .....	31
3.3 ABORDAGEM SOCIOHISTÓRICA DO ENSINO DE FÍSICA NO CURRÍCULO ESCOLAR.....	32
3.4 A PROBLEMATIZAÇÃO NA PERSPECTIVA DE FREIRE E BACHELARD .....	33
3.5 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS (3MP).....	35
3.6 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (ENCI) .....	36
3.6.1 Desenvolvimento de práticas: o papel de ensino por investigação.....	38
3.6.2 Sequência de ensino de cunho investigativo (SECI).....	39
3.6.3 O problema experimental.....	41
3.6.4 Os problemas não-experimentais .....	42
3.6.5 A sistematização do conhecimento.....	43
3.6.6 A contextualização social.....	43
3.6.7 A finalização da SECI .....	44
4 O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	45
4.1 VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO .....	46
4.2 PARÂMETROS PARA ANÁLISE DA SECI.....	47
4.3 INSTRUMENTO DE ANÁLISE DA SECI: COLETA DE DADOS.....	48
5 A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	50
5.1 CONTEXTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO .....	50
5.2 A APLICAÇÃO DA SECI .....	51
6 RESULTADOS DA APLICAÇÃO .....	54
6.1 DESCRIÇÃO DAS AULAS .....	54
6.1.1 Primeira Semana (30/08/2023 e 01/09/2023) – 100 minutos (2 aulas).....	54
6.1.2 Segunda semana (14 e 15 /09/2023) – 100 minutos.....	55
6.1.3 Terceira Semana (21 e 22 /09/2023) – 100 minutos .....	58

6.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS .....	59
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
REFERÊNCIAS .....	71
APÊNDICE A - PRÉ-TESTE – 01 .....	77
APÊNDICE B - RELATÓRIO SEI .....	78
APÊNDICE C - MANUAL DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	79

## UM POUCO DA MINHA HISTÓRIA

Meu nome é Lidio Marcos de Souza Damasceno, nasci em 26 de fevereiro de 1977, na cidade do Rio de Janeiro – RJ, e por lá residi até os 25 anos de idade. Nesse ínterim fui aluno dos primeiros modelos de escola integral do Governo Estadual do RJ, os famosos “Brizolões”, onde tínhamos aula de laboratório desde os primeiros anos do ensino fundamental. Em função disso, optei por continuar os estudos na Escola Técnica Estadual Visconde de Mauá (1992-1994), na qual tive contato com o universo das Ciências da Natureza nos laboratórios de ensaios corrosivos dessa instituição.

Ingressei em 1995 na graduação em Licenciatura em Química na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), na qual fui bolsista de iniciação científica, no Programa de Engenharia Química, orientação do Prof. Martin Schmal, por dois anos. Com esse programa, tive acesso a muitas pesquisas de ponta. Após findar esse período iniciei minha caminhada na docência, como professor estagiário, em uma das comunidades que faz parte do Complexo do Alemão: Nova Brasília. Notei como foi fundamental os estudos na minha vida. Muitas das pessoas que viviam próximas da minha residência agora eram meus alunos no turno noturno, no antigo Supletivo. Paradoxalmente, também estava lecionando no sistema penitenciário de Bangu, onde vivenciei o múltiplo universo que o risco social remetia. Alguns colegas de infância eram agora apenados.

Concluí a graduação em 2002 e logo fui residir em Juiz de Fora, Minas Gerais, em virtude de ter sido aprovado em concurso da SEE-MG. Em seguida, migrei para Lima Duarte, cidade próxima a Juiz de Fora, por ter mais afinidade com a vida no interior. Gostaria de ressaltar que desde 2002 era concursado no estado do Rio de Janeiro e no ano 2004 consegui remoção para cidade de Três Rios, onde, atualmente, leciono as disciplinas de Química e Física, exercendo também a docência em outras cidades daquela região (Sapucaia, Areal, Vassouras e Paraíba do Sul).

A partir de 2012 dei vazão às relações dos saberes do homem do campo. A empatia pelas suas atividades rurais ali exercidas foram um divisor de águas na minha vida, afinal até que ponto os conhecimentos acadêmicos (oriundos das disciplinas das Ciências da Natureza) consideravam os conhecimentos tradicionais (pecuária leiteira, plantio, produção de derivados do leite)? Dessa forma, por lecionar em parte do meu tempo na comunidade rural de São Domingos da Bocaina (2006 até 2023), distrito de Lima Duarte, que fica a cerca de 40 Km da mesma cidade, resolvi retornar aos estudos

de forma mais robusta. Entre 2012-2015 tive a oportunidade de cursar o Mestrado Profissional em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV) realizando atividades experimentais voltadas para o emprego da planta forrageira Capim-Mombaça, cultivo de qualidade empregado na nutrição de bovinos, que me possibilitava ainda permanecer em sala de aula. Tal escolha foi em função de estar lecionando em Escolas Campesinas e na busca de conhecimentos referentes aos aspectos agrícolas que permitiam essas comunidades tradicionais ocuparem lugares tão distantes.

Contudo, havia mais a compreender no aspecto da existência daquelas comunidades. Teria que construir uma didática que me permitisse conectar as disciplinas de Química e Física com a realidade das pessoas que viviam nos lugares onde lecionava. Sendo assim, comecei a estudar os alicerces da Escola de Campo e fiz uma Pós- graduação, “Lato Sensu”, em Conhecimentos Tradicionais e Práticas Escolares na Educação Básica na UFJF (2017-2019). Participei de alguns encontros no grupo de Estudos Gira Campo da UFOP (2019-2020); Roda de Estudos do IV Ciclo de Estudos do Campo; Princípios da Educação do Campo; Panoramas Iniciais (14/04/2020); O que é uma Escola do Campo? Da legislação às políticas públicas (28/04/2020).

A partir dessas experiências, durante o ano letivo de 2021, promovi junto com demais Professores da EE Adalgisa de Paula Duque – Lima Duarte - encontros para discutir o trabalho interdisciplinar voltado para os alunos das Escola de Campo (foram 06 encontros de formação e discussão). Em seguida, nossa proposta foi provocar uma mudança curricular pautada na Pedagogia da Alternância - parte do tempo o aluno frequenta as aulas na escola e parte do tempo o aluno executa projetos na sua comunidade.

Participo desde 2020, como docente de Química e Física, do Curso Preparatório Luísa Mahin (CPLM), ministrando aulas à distância, que envolvem a elaboração de material didático. O Curso tem caráter social e oferece aulas destinadas ao Programa de Ingresso Seriado Misto da Universidade Federal de Juiz de Fora (PISM / UFJF) e ao Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) para toda sociedade, tendo como público prioritário, negros, LGGBTQI+, ciganos, indígenas e pessoas de baixa renda. E eis me aqui concluindo mais uma etapa formativa na minha intensa carreira profissional.

## 1. INTRODUÇÃO

Os céus iluminados por raios e trovões sempre fascinaram a humanidade. Civilizações antigas atribuíam divindade a esses fenômenos. Com o passar dos séculos o entendimento das propriedades elétricas dos materiais e suas aplicações foram imprescindíveis para compreendermos as maravilhas que o mundo movido pela eletricidade proporciona.

Desta forma, é importante buscar desvelar o universo microscópico que nos rodeia: Como ele funciona? Quais princípios o rege? Quando tratamos do ambiente microscópico no campo da física, nos deparamos com desafios, como por exemplo, a necessidade de darmos um arcabouço concreto a conceitos abstratos e invisíveis. Para suprir essa dificuldade recorreremos às representações e modelos sobre a constituição da matéria, com auxílio de ferramentas experimentais, a fim de alcançar uma melhor compreensão desses fenômenos por parte dos estudantes.

Na educação básica ainda persiste a ideia de que o ensino de física precisa estar voltado, quase que exclusivamente, para preparação dos estudantes para os exames vestibulares, incluindo o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), muito embora a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei 9394/96) e mais recentemente a Base Nacional Curricular Comum Curricular indiquem o ensino médio como a etapa final da educação básica, e sinalizam para a necessidade de aprendizagens mais orgânicas e menos conteudistas.

O presente estudo tem como objetivo desenvolver um laboratório de ciências para explorar fenômenos relacionados à condutividade elétrica em soluções eletrolíticas na perspectiva interdisciplinar do Novo Ensino Médio, propondo a conexão entre os conceitos de eletricidade, corrente elétrica, resistividade e condutividade elétrica a partir do estudo do fenômeno eletroquímico de condução de corrente elétrica em soluções aquosas (soluções eletrolíticas). Dessa forma, essa proposta busca viabilizar a interdisciplinaridade a partir de fenômenos físicos e químicos, presentes no estudo das soluções eletrolíticas. Para isso, foi desenvolvido um dispositivo eletrolítico para averiguar a condutividade elétrica nessas soluções, por meio de práticas experimentais, realizadas com materiais de baixo custo.

Segundo Costa e Pinheiro (2015, p.23), “não é possível promover a transformação com práticas de ensino engessadas e baseadas na repetição para a memorização. Tais métodos assumem uma postura domesticadora da educação.

Nesse sentido, buscou-se uma abordagem freiriana, articulando os conteúdos curriculares e os saberes dos estudantes, transpondo a problemática acerca da aprendizagem dos códigos e conteúdos escolares, a partir do desenvolvimento de atividades experimentais de cunho investigativo na área das ciências da natureza, em especial na relação entre a química e a física.

No intuito de dinamizar e favorecer o diálogo, e de flexibilizar a aplicação do conteúdo curricular nas salas de aula com foco no estudante, buscou-se amparo na metodologia dos três momentos pedagógicos. Sobre essa metodologia, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011, p. 22) afirmam que é necessário reconhecer o estudante como sujeito da sua aprendizagem, é ele “quem realiza a ação e não alguém que sofre ou recebe uma ação”.

Na medida que o processo de ensino dialoga com o fazer pedagógico, personificado pelas atividades práticas experimentais, espera-se que haja uma transposição do conhecimento curricular e do conteúdo científico no sentido de uma aprendizagem significativa dos estudantes. Sobre isso, Moreira e Manssini (2006, p. 05) afirma que

[...] A aprendizagem é dita significativa quando uma nova informação (conceito, ideia, proposição) adquire significados para o aprendiz, através de uma espécie de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo, isto é, conceitos, ideias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimentos (ou de significados) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação [...]

A partir dessas premissas, foi organizado o produto educacional que acompanha esta dissertação, que busca abordar, de forma interdisciplinar, os saberes físicos e químicos sobre eletricidade e condutibilidade, por meio de uma sequência didática investigativa, que faz uso recurso da experimentação para explorar os fenômenos naturais que envolvem a corrente elétrica em soluções eletrolíticas. Também foram empregados alguns momentos de exploração da história da ciência e da natureza da ciência, como fatores que fornecem o contexto dos saberes norteadores para a compreensão dos fenômenos estudados.

Para o relato deste trabalho a presente dissertação foi dividida em sete partes. Esta primeira parte apresenta a introdução do trabalho. O capítulo seguinte é referente aos tópicos de eletricidade que foram abordados, iniciando com uma abordagem histórica que remete à antiguidade grega, a partir dos diálogos de Platão sobre o âmbar e o processo de eletrização por atrito.

No capítulo 3, apresentamos o referencial teórico. Inicialmente será abordado as questões referentes ao currículo escolar e sua capacidade de articular e organizar de forma metodológica conceitos e ideias dos assuntos abordados. Também são discutidos aspectos das políticas públicas (LDB e BNCC) voltadas para universalização da educação básica. Em seguida são abordadas questões referentes a problematização, inicialmente com Bachelard e Freire e posteriormente com os três momentos pedagógicos, desenvolvidos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco, em diálogo com a proposta de ensino de ciências por investigação, da professora Ana Maria de Carvalho, que nos inspira a elaborar uma sequência de ensino com características investigativa, que será referida neste trabalho como SECI. Trata-se de uma versão adaptada das tradicionais sequências de ensino investigativo, propostas por Carvalho.

Nos capítulos subsequentes, apresentamos os relatos do desenvolvimento e da aplicação do produto educacional, seguidos da descrição dos resultados obtidos e das considerações finais.

## 2. TÓPICOS DE ELETRICIDADE

Iniciamos este capítulo com uma breve contextualização histórica da eletricidade no âmbito das ciências da natureza. A palavra eletricidade tem como origem o termo *elektron* que em latim quer dizer âmbar, alusivo aos primeiros estudos sobre os fenômenos de eletrização ocorridos em experimentos em que se atritavam a resina fossilizada de origem vegetal e a lã de carneiro.

Atualmente, no contexto do ensino de física, o conteúdo de eletricidade consiste no estudo das cargas elétricas e na condução dos elétrons no âmbito da matéria. Esse fenômeno, o da condução, por sua vez é dependente de outros fatores, como por exemplo: se o corpo é um condutor ou isolante, do estabelecimento de um campo elétrico (fenômeno causado por ação de cargas elétricas que exercem força sobre outro corpo num determinado espaço), do potencial elétrico (o poder do campo elétrico de realizar trabalho) e ainda outras variáveis como corrente elétrica, resistividade elétrica, condutividade elétrica, condutividade elétrica em soluções eletrolíticas.

### 2.1 EFEITO ÂMBAR

Antes de descrever o efeito âmbar, é importante salientar que todas as citações relacionando Tales Mileto e outros estudiosos gregos da antiguidade têm sua origem em um trabalho de Diógenes Laércio, biógrafo, que viveu por volta do terceiro século d.C.

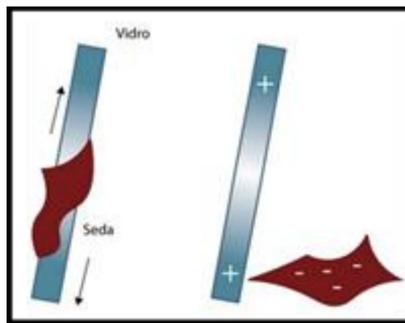
Segundo Assis (2010), desde Platão (aproximadamente 428-348 a.C.), pelo menos, já era sabido que o âmbar (seiva de planta fossilizada) atritado com lã de carneiro atrairia corpos leves colocados em suas redondezas (efeito âmbar). O diálogo de Timeu Platão exprime o efeito âmbar:

[...] para a queda do raio, para os fenômenos maravilhosos de atração, produzidos pelo âmbar e pelas pedras de Heracleia. Em nenhum desses efeitos jamais, em verdade, existe virtude atrativa. Mas como nada é vazio, como todos esses corpos impelem-se em círculo uns aos outros, espaçando-se e aproximando-se, todos trocam simplesmente de lugar, para voltar cada um finalmente a seu lugar próprio, e pelo efeito de todas essas ações combinadas umas com as outras que se produzem todos esses fenômenos misteriosos, [...] (Hneda, 2022, p. 24)

Ainda na antiga Grécia há referências históricas de que os estudos sobre os princípios de eletrização foram iniciados por Tales de Mileto (filósofo e matemático grego, viveu entre 624 a.C. — 546 a.C.) e que este realizou estudos com âmbar.

Assis (2010) afirma também que Platão não menciona quem foi o estudioso que observou o efeito âmbar primeiro, mas este filósofo indica Tales de Mileto como um dos sete sábios da antiguidade em um de seus diálogos (Protágoras). Platão também aponta em sua obra a possibilidade de associação entre o efeito âmbar e as pedras de Heracleia ou de Magnésia (ímã natural). Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) e outros filósofos afirmavam que, julgando a partir do comportamento do ímã e do âmbar, Tales Mileto acabou por atribuir uma alma para corpos inanimados. A Figura 1 ilustra o processo de eletrização por atrito entre uma barra de vidro e um pedaço de seda.

**Figura 1:** eletrização por atrito



Fonte: <https://images.app.goo.gl/QdFbqVUQKkkyLftHA>, acesso em 14/04/2024

Ao esfregar o vidro na seda, nota-se que esse material adquire a capacidade de atrair pequenas coisas como palha e outros materiais leves. De acordo com a série triboelétrica (tabela simplificada que indica se os corpos eletrizados ficaram com excesso de carga ou com déficit de carga elétrica), o vidro perde elétrons para a seda. Por isso, ele atrai outros materiais, até que retorne à sua condição de estabilidade, na qual o número de cargas positivas e negativas são iguais.

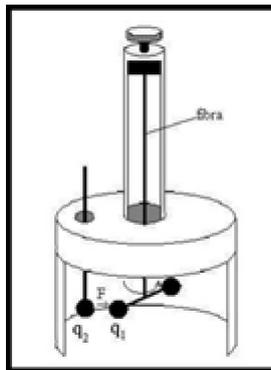
## 2.2 BREVE HISTÓRICO SOBRE ELETRICIDADE

O renascentista Girolamo Cardano (1501-1576), médico, matemático, astrólogo e mago, em 1550 percebeu a diferença entre os fenômenos elétricos e magnéticos. No entanto, foi apenas em 1600, que o médico inglês Willian Gilbert (1544-1603) publicou seu tratado, de título “O Magneto”. Nos seis livros que relatam

esse tratado, reuniu informações experimentais sobre fenômenos elétricos e magnéticos. Ao descrever suas observações, Gilbert mostrou que esses dois fenômenos eram diferentes. Ele percebeu que um ímã apresentava um “*effluvium magnético*” ao seu redor, e que os “raios” (elétricos ou magnéticos) partiam do centro dos corpos em todas as direções agindo sobre os corpos vizinhos e os influenciando. Em vista disso, Gilbert é considerado precursor do conceito de “campo” (elétrico e magnético).

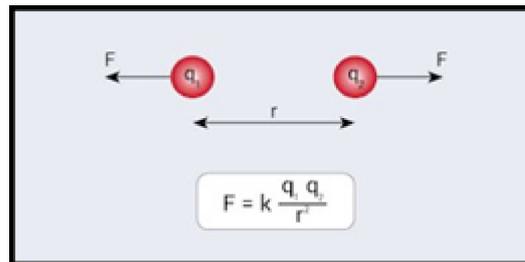
Segundo Boss (2009) os estudiosos do século XVII e início do século XVIII encontravam-se intrigados com a eletrização por atrito, formação de centelhas e os efeitos de uma atmosfera úmida. Nessa ocasião não se tinha clareza acerca dos fenômenos relacionados à eletrostática. O francês Charles Augustin Coulomb, que trabalhou como engenheiro militar no exército francês, entre 1785 e 1791 realizou estudos sobre a interação entre cargas elétricas, usando balanças de torção para medir a intensidade das forças presentes nessas interações. Sua descoberta mais significativa foi justamente sobre a relação de dependência da força de interação entre cargas elétricas com o inverso do quadrado da distância que as separam, similar à lei de atração gravitacional descoberta por Isaac Newton (Moura, 2011). A Figura 2 ilustra a balança de torção utilizada por Coulomb.

**Figura 2:** balança de torção



Fonte: <https://images.app.goo.gl/nXhbW8k1np98nNys5>, acesso em 14/04/2024

Dessa forma, Coulomb, relacionando a interação entre duas partículas carregadas (cargas pontuais) com intensidade de carga  $q_1$  e  $q_2$  separadas por uma distância  $r$ , estabeleceu a conhecida Lei de Coulomb. A força eletrostática de atração ou repulsão entre as cargas pode ser calculada pela fórmula ilustrada na Figura 3, em  $9,1 \times 10^{+9} \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ .

**Figura 3:** Lei de Coulomb

Fonte: <https://www.tecnolog.ind.br/content/39-a-lei-de-ohm>, acesso em 14/04/2024

Após este período, André-Marie Ampère (1775 — 1836) apresentou uma ideia inovadora: o conceito de eletricidade, com a distinção do que se conhecia como “eletrostático” e “eletrodinâmico” proposto em 1822.

Mesmo sendo Ampère o pioneiro neste conceito, foi Alexander Volta, ao construir a “bateria/pilha de Volta”, que constatou fisicamente o que passaria a ser tratado como “eletrodinâmica”, com uma fonte de energia armazenável. A Figura 4 apresenta uma ilustração da pilha de Volta.

**Figura 4:** pilha de Volta

Fonte: <https://images.app.goo.gl/Qu6m2yJeufRYX8iN8>, acesso em 14/04/2024

Neste mesmo período, George Simon Ohm (1789 - 1854) executou experimentos com tensão, corrente elétrica e resistência elétrica, dessa forma estruturando as Leis de Ohm.

Nos idos de 1825 até 1827, estabeleceu experimentalmente que a intensidade da corrente elétrica em um condutor diminuía com o aumento do comprimento deste, e que aumentava quanto maior fosse a secção do elemento condutor, assim

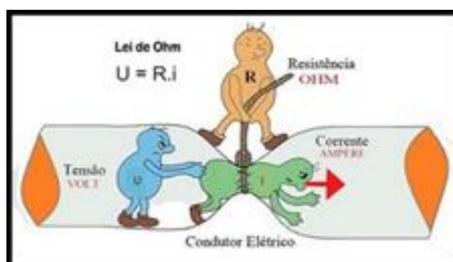
relacionando matematicamente o fluxo elétrico em um circuito voltaico, e a respectiva capacidade condutora da pilha.

A solução eletrolítica é colocada em um recipiente, onde são imersos dois condutores, metais, chamados de eletrodos.

Liga-se uma bateria aos eletrodos, estabelecendo uma diferença de potencial. O eletrodo com carga negativa na célula eletrolítica é denominado cátodo, enquanto o carregado positivamente é chamado de ânodo.

A avaliação se há ou não condutividade elétrica em um ambiente líquido (solução) é o que caracteriza o funcionamento do dispositivo eletrolítico medidor condutividade (produto educacional). Por isso, é fundamental estabelecer vínculo entre os conceitos físicos e químicos apresentados acima e o que se pretende executar de forma prática. Esse processo investigatório nos remete às seguintes questões: Em que condições uma substância líquida pode conduzir corrente elétrica? O que isso pode nos indicar? É essa problemática que será abordada no decorrer deste estudo. O surgimento da lei de Ohm, que relaciona a tensão elétrica, a intensidade de corrente elétrica e a resistência elétrica. A Figura 5 apresenta uma ilustração figurativa dos estudos de Ohm.

**Figura 5:** animação sobre os estudos de Ohm



Fonte: <https://images.app.goo.gl/NWuhuLcidFZzpzFcu8>, acesso em 14/04/2024

Entretanto, as conclusões de Ohm não receberam a devida seriedade, o que só ocorreu em 1841, quando Ohm recebeu a medalha Copley, correspondente ao atual prêmio Nobel.

A 1ª Lei de Ohm, afirma que, para um condutor mantido a temperatura constante, o quociente entre a tensão entre dois pontos e a corrente elétrica é constante. Essa foi uma lei construída experimentalmente, e deste princípio partir da qual se estabeleceu a resistência elétrica. A Figura 6 ilustra a 1ª Lei de Ohm.

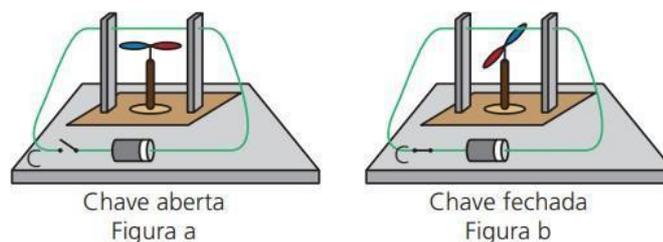
Figura 6- 1º Lei de Ohm



Fonte: <https://images.app.goo.gl/fJN5uv9pHKZEVyF5A>, acesso em 14/04/2024

Somente nos idos de 1820 pode-se obter uma prova experimental da similaridade entre as características dos comportamentos das substâncias carregadas eletricamente e dos ímãs. Este fato se deu quando o dinamarquês Hans Christian Oersted, ao aproximar uma bússola de um fio de arame que unia os dois polos de uma pilha elétrica, descobriu que a agulha imantada da bússola deixava de apontar para o norte, orientando-se em uma direção perpendicular ao arame. A Figura 7 ilustra o experimento de Oersted.

Figura 7: Experimento de Oersted



Fonte: <https://images.app.goo.gl/MF2bn2rNp4wzUerX7>. Acesso 14/04/2024

Os trabalhos de Michael Faraday (1791-1867) físico e químico inglês tiveram uma robusta influência nos estudos do eletromagnetismo e eletroquímica. Suas descobertas abrangem os fundamentos da indução eletromagnética, diamagnetismo e eletrólise.

Essa descoberta foi fundamental para a unificação da eletricidade com o magnetismo que passariam a constituir um importante ramo da ciência: o eletromagnetismo. Posteriormente, Jean Clerk Maxwell (1831 - 1879), estabeleceu um conjunto de equações matemáticas, denominadas de equações de Maxwell, unificando as manifestações elétricas magnéticas e ópticas em um mesmo fenômeno: o “Campo Eletromagnético”.

Maxwell demonstrou através do seu detalhamento teórico, que campos elétricos e magnéticos viajam pelo espaço como ondas, propagando-se a velocidade

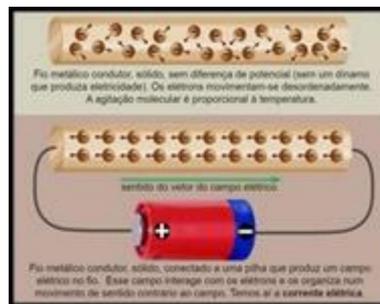
da luz, e que as forças elétricas e magnéticas possuem natureza análoga, ou seja, uma força elétrica em um determinado referencial pode se tornar magnética e vice-versa. Tais descobertas forneceram novas fronteiras aos conceitos físicos, originando os fundamentos para a relatividade e a mecânica quântica.

### 2.3 CORRENTE ELÉTRICA

Young e Freedman (2015), definem corrente elétrica como sendo qualquer movimento de carga de uma região para outra. Quando isso ocorre, ao longo do percurso que forma um circuito fechado, esse percurso recebe o nome de circuito elétrico. Nos circuitos constituídos por fios de metal, são os elétrons em liberdade que dão origem à corrente.

Os circuitos elétricos são responsáveis pela maioria das aplicações práticas da eletricidade, tais como: eletrônicos, lanternas, eletrodomésticos, entre outros. No circuito, os elétrons livres que estão sobre a força do campo elétrico se movimentaram no sentido do menor para o maior potencial. Dessa maneira, o movimento dos elétrons dentro do condutor passa a ter um direcionamento. A Figura 8 apresenta a ilustração de um circuito elétrico.

**Figura 8:** Corrente elétrica em um circuito simples



Fonte: <https://images.app.goo.gl/w1sMZP5Bzd2tnbnt7>. Acesso em 14/04/2024

Um condutor para ser considerado perfeito teria de possuir resistência elétrica igual a zero, já um isolante perfeito teria de ter resistência elétrica infinita. Os metais e ligas metálicas possuem baixa resistividade e conseqüentemente são os melhores condutores. O fator de proporcionalidade  $\rho$  é conhecido como resistividade, e é uma característica de cada material. A resistividade pode ser definida pela razão entre o módulo do campo elétrico  $E$  e o módulo da densidade de corrente  $J$ . Já a resistividade do material é inversamente proporcional à condutividade elétrica ( $\sigma$ ). A Figura 10 ilustra a relação inversa entre a condutividade e a resistividade.

**Figura 10:** relação inversa entre a condutividade e a resistividade

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Fonte: <https://images.app.goo.gl/CnHnw2o79gzvziJy5>. Acesso em 14/04/2024

Em seus estudos sobre resistividade Ohm inspirou-se em um importante trabalho de Jean-Baptiste Joseph Fourier (físico e matemático francês), que criou a chamada lei de Fourier, por meio da qual afirmava que há uma proporcionalidade entre o fluxo de energia e o gradiente de temperatura. Fourier concluiu experimentalmente que a condução de calor entre dois pontos distintos é diretamente proporcional à variação de temperatura entre esses pontos, ou seja, a condutividade térmica do meio. Quando comparamos a condutividade elétrica com a condutividade térmica de um material, notamos que um bom condutor elétrico costuma ser também um bom condutor térmico. Já um mau condutor térmico, como a borracha por exemplo, costuma ser um mau condutor elétrico.

A resistividade de um material muda de acordo com a temperatura a qual está submetido. Nos metais a resistência elétrica quase sempre aumenta conforme o aumento da temperatura. Nos semicondutores, que possuem resistividade intermediária entre a condutividade de um metal, a resistividade do material diminui à medida em que a temperatura cresce. Nos supercondutores a resistência torna-se nula quando estes são expostos a certa temperatura crítica.

## 2.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS

Michael Faraday (1791-1867), físico e químico, estudou as soluções eletrolíticas e deu o nome de íons às partículas que se movimentavam em direção a um polo elétrico positivo ou negativo.

Atualmente, sabemos que íons são átomos ou grupos de átomos que ganharam ou perderam elétrons, ficando eletricamente carregados. As substâncias iônicas são formadas por cátions (carga positiva) e ânions (carga negativas) em igual proporção, sendo assim estas substâncias são eletricamente neutras. Quando dissociadas (dissolvidas em água) tornam-se condutoras de eletricidade porque formam uma solução iônica.

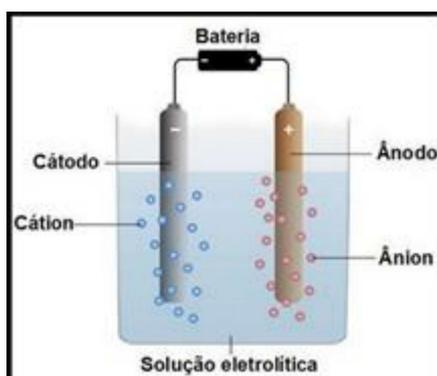
Quando uma substância iônica é adicionada à água, os íons são envolvidos pelas moléculas de água (H<sub>2</sub>O), num processo denominado solvatação, que diminui a atração entre as cargas. Dessa forma, as espécies iônicas (cátions e ânions) separam-se entre si, podendo deslocar-se de forma livre em solução. É o movimento dos íons que permite a condução de corrente elétrica na solução.

Vogel (1981) descreve solução como um produto homogêneo obtido quando se dissolve uma determinada substância (soluto) em um solvente (água). Atikins (2002) afirma que algumas misturas estão tão dispersas que qualquer que seja sua amostra temos um mesmo fragmento, nessa situação temos uma solução homogênea. Russel (2002) indica que no estudo de condutividade elétrica as substâncias podem ser classificadas em dois importantes grupos, de acordo com seu comportamento quando se passa uma corrente elétrica através de suas soluções.

O primeiro grupo é composto por substâncias que têm a capacidade de conduzir a corrente elétrica, tendo então soluções com alterações químicas. Já no segundo grupo estão materiais que, quando dissolvidos em água, não sofrem modificações, ou seja, não possuem a capacidade de conduzir a corrente elétrica. As substâncias denominadas eletrólitos, que inclui a maioria das substâncias inorgânicas, são capazes de conduzir corrente elétrica. Outro grupo de substâncias são os não-eletrólitos, exemplificadas por materiais orgânicos, tais como: glicose, glicerina e etanol. Suas forças de ligação são covalentes, ou seja, não apresentam cargas de natureza eletrostática quando dissolvidas em solução aquosa.

A água quimicamente pura não conduz eletricidade. Porém, se nela forem dissolvidos eletrólitos em quantidade suficiente resultará em condução de corrente elétrica, acarretando transformações químicas. Esse processo é denominado como eletrólise. A Figura 11 ilustra a eletrólise em uma célula voltaica.

**Figura 11:** Eletrólise em célula Voltaica



Os eventos que ocorrem durante a eletrólise podem ser observados na célula eletrolítica ilustrada na Figura 11.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

As atividades de ensino e aprendizagem exigem estratégias, metodologias e ações que forneçam os conteúdos realmente necessários à aquisição de saberes. Isso não significa que os educandos devam ser bibliotecas ambulantes, mas sim que tenham contato com o teor dessas informações na dose ideal para compreensão de atividades e ações de formação.

O currículo escolar tem por finalidade dimensionar e orientar os docentes nessa organização. Neste capítulo discutiremos aspectos do currículo escolar e seu papel de dinamizar e articular o que tem de ser ensinado e a atividade pedagógica. Também discutiremos sobre metodologias que viabilizam os processos de ensino e de aprendizagem de forma contextualizada e significativa para os estudantes.

#### 3.1 ASPECTOS SOCIOHISTÓRICOS DO CURRÍCULO ESCOLAR

Uma definição única de currículo não reflete a densidade das múltiplas facetas que o compõem. De acordo com Lopes e Macedo (2011, p. 36), “o currículo é o proposto no nível formal, mas também o vivido no cotidiano”. Sendo assim, “para descrever o currículo é preciso falar do formal, do oculto e do vivido” (Ibidem, p. 37). Goodson (2008) explica que o termo currículo vem da palavra latina *scurrere* (correr), que se refere a curso (carro de corrida), definida ainda como o curso a ser seguido ou apresentado.

No ano de 1633 já havia menções ao termo currículo em uma universidade da Escócia, remetendo “ao curso inteiro seguido pelos estudantes” (Lopes; Macedo, 2011, p. 20). Porém, foi somente a partir dos anos de 1900, com o início da industrialização e, logo depois, no Brasil, com o movimento da Escola Nova, que os estudos curriculares foram alavancados (Ibidem, 2011). Sacristán e Gómez (1998) suscitam a ideia de que currículo faz referência ao projeto educativo a ser efetivado nas aulas, ou ainda, como se incorpora a dimensão dinâmica da sua realização. Além disso, segundo Arroyo (2019, p. 13), “o currículo é o núcleo e o espaço central mais estruturante da função da escola”.

O tema currículo é polêmico, pois a arena educacional reflete a agenda de intencionalidade das políticas públicas. De acordo com Moreira e Silva (2005), o currículo é parte de uma tradição seletiva. Não é tão somente um conjunto neutro e

descomprometido de domínio a partir do ensino, é o fruto das relações sociais de poder. Nesse sentido, para Moreira (2013) o currículo é terreno fértil a novas construções de conhecimento e saberes:

Considero que a discussão sobre o conhecimento escolar, bem como a integração de diferentes perspectivas na análise da escola e do currículo podem favorecer a promoção de nova postura em relação à escola, ao currículo e ao ensino. Essa postura precisa incluir a valorização da escola e de um trabalho cooperativo que envolva secretarias, gestores, docentes, discentes, membros da comunidade, membros de movimentos sociais. Trata-se de criar o que Apple (2002) denomina de unidade descentrada, na qual convivem múltiplos projetos progressistas, bem como múltiplas pedagogias críticas e pós-críticas articuladas em torno de lutas reais, em instituições reais, em comunidades reais. (Moreira, 2013, p. 12)

A elaboração curricular define as bases que irão nortear o fazer pedagógico. Também ajuda a desenvolver as pretensões e correntes educacionais alinhadas com o processo de produção social, como uma agenda direcionada para um viés de intenções.

Nesse contexto, as disciplinas escolares compreendem saberes epistemológicos constituídos historicamente com base em ideologias sociais e políticas, que atualmente, em sua associação de conhecimentos, estabelecem o currículo a ser ensinado.

A respeito da sistematização do conhecimento em disciplinas, Lopes (2008) afirma que assim como os processos de transposição didática são modificadores do conhecimento científico e construtivos de um conhecimento propriamente escolar, as disciplinas escolares, em suas características cognitivas e finalidades sociais, são instâncias próprias de conhecimento, o que as diferenciam do conhecimento científico acadêmico.

Goodson (2008) evidencia que as disciplinas escolares não podem ser transformadas como “destiladores” finais de um conhecimento que não muda e nem pode mudar, ou ainda, serem ensinadas como se fossem estruturas e textos incontestáveis e fundamentais, isso levaria a uma epistemologia incompleta, deteriorada pedagogicamente e dúbia, intelectualmente.

Dessa forma, o currículo envolve um âmbito de relações nas quais se entrecruzam processos e agentes em um complexo e verdadeiro processo social, com significado prático e real, conforme demonstra o Quadro 1 trazido por Sacristán e Gómez (1998, p. 130).

**Quadro 1:** Currículo segundo Sacristán e Gómez

<b>Atividade Curriculares</b>	<b>Âmbito que Modelam o Currículo</b>
Prescrição de Mínimos e Ordenação	Influências: Sócio-culturais, políticas, econômicas;
Planejamentos e elaboração de guias: escolares, docentes	Participação da família;
Desenvolvimento do ensino	Produção de ferramentas didáticas;
Avaliação curricular e discente	Âmbitos de elaboração do conhecimento: estrutura do sistema educativo, organização do ambiente escolar e atividade docente
Inovação Curricular	Cotidiano

Fonte: Sacristán e Gómez (1998, p. 130)

As relações entre os âmbitos e contextos que estruturam o currículo evidenciam que este se estabelece por meio de diferentes atividades no contexto da prática de ensino. Nessa dimensão (da prática de ensino), professores e alunos não são os únicos agentes presentes no desenvolvimento curricular, e sua consolidação remete às práticas sociais de transformação. Moreira e Silva (2005) afirmam que a escola é um território de luta social que amplia as capacidades humanas, a fim de habilitar as pessoas a intervirem na formação de suas próprias subjetividades, colaborando para que sejam capazes de exercer poder, com vistas à transformação das condições ideológicas e materiais de dominação, em práticas que promovam o fortalecimento do poder social, demonstrando as possibilidades da democracia.

Nessa perspectiva, a escola é uma matriz de diálogo entre os conhecimentos sistematizados e os construídos no cotidiano popular. Por sua vez, o currículo como estruturante da prática real que determina a experiência de aprendizagem dos alunos, torna-se um mediador entre o campo teórico e a prática docente. Como resposta às demandas colocadas à articulação da educação com o contexto socioeconômico, surgem as propostas de construção curriculares, numa tentativa de reestruturar o ensino, e definir diretrizes para a educação básica. O Novo Ensino Médio (NEM) surge no cenário educacional brasileiro como uma dessas propostas. Indicando mudanças substanciais na organização dos conteúdos escolares, em particular, no que se refere ao ensino de física.

### 3.2 LDB E BNCC COMO FERRAMENTAS CURRICULARES

A consolidação das propostas advindas dos currículos escolares brasileiros tem seu marco principal na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, que tem a função de estabelecer diretrizes para. Publicada mais recentemente, a Base Nacional Comum Curricular é um documento de caráter normativo (BRASIL, 2018; 2017 a), ou seja, estabelece normas para a educação básica brasileira, a fim de garantir uma padronização entre os diversos currículos de escolas básicas do Brasil. A ideia central é de que haja uma parte comum entre todos os currículos, que toda e qualquer escola de nível básico deve desenvolver e ensinar, e uma parte diversificada, que, de acordo com a BNCC, tem que ser específica de cada instituição de ensino, de acordo com seu contexto político, social, cultural, histórico e econômico, de forma a garantir o atendimento ao norte os currículos, de modo a assegurar uma formação básica comum a todo o país. A regulamentação do Ensino Médio, ditada pela LDB, define os objetivos formativos para este nível de ensino deve alcançar:

Art. 35 – O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades: I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos; II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores; III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996, p. 11).

O Ensino Médio é considerado pela Lei 9.394, como etapa final da educação básica, sendo direito de todo cidadão e dever do Estado e da família, promovê-la e incentivá-la. O documento destaca a preocupação em garantir a universalização da educação, democratizando o processo de ensino e visando possibilitar o desenvolvimento da pessoa para o pleno exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. No ano de 1998, por meio da resolução 03/98, foram divulgadas as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), documento produzido pela Câmara de Educação Básica (CEB) e pelo Conselho Nacional de Educação (CNE). As DCNEM indicam que a estrutura curricular deve ser pautada na construção de competências e habilidades, sendo estas norteadas pelos eixos de contextualização e interdisciplinaridade. Tais diretrizes esclarecem que a identidade

do Ensino Médio consiste na preparação geral para o trabalho, permeando todos os conteúdos do currículo, de forma a garantir uma formação ampla, que considere também, aspectos estéticos, éticos e interesses dos jovens estudantes.

O problema da proposição trazida pela BNCC é que cada rede escolar faz de um jeito, e cada escola acomoda as disciplinas de acordo com a “oferta” de professor disponível, e se a proposta é a universalização do ensino e somente as escolas públicas o seguem, como ser um currículo unificado? A busca por uma padronização de currículos não disfarça a desconsideração dos contextos locais de cada instituição de educação básica, bem como a desconsideração dos profissionais do magistério e dos estudantes em suas individualidades e diversidade (Arruda, 2022).

Além disso, a BNCC visa atingir não só a educação básica, mas também a formação dos futuros docentes, dando maior valorização a materiais didáticos unificados e aos exames de desempenho nacionais, conforme pode ser observado no trecho a seguir:

[...] é essencial para que a mudança tenha início porque, além dos currículos, influenciará a formação inicial e continuada dos educadores, a produção de materiais didáticos, as matrizes de avaliações e os exames nacionais que serão revistos à luz do texto homologado da Base. (BRASIL, 2018, p. 5).

Dessa forma, a BNCC nos coloca diante de uma ampla proposição de mudanças que perpassam toda a organização e estrutura da Educação Básica.

### 3.3 ABORDAGEM SOCIOHISTORICA DO ENSINO DE FÍSICA NO CURRÍCULO ESCOLAR

A BNCC indica a necessidade na formação de cidadãos contextualizados nas demandas tecnológicas e sociais, capazes de intervirem na sociedade, de maneira crítica e responsável, em decisões que estarão atreladas ao seu futuro e ao da sociedade. Porém, perante as dificuldades enfrentadas pelo sistema educacional, surgem diversas indagações: Como alcançar estes objetivos de formação dos estudantes? O que deve ser levado em consideração na proposição dos currículos para torná-los mais efetivos e eficazes? E em sala de aula, quais as ações e estratégias que devem ser adotadas para tornar realidade a formação de cidadãos para o mundo atual?

Segundo Sasseron (2010), nos estudos em didática das ciências da natureza, um dos temas que sempre ocupou e mereceu a atenção dos pesquisadores da área são as questões ligadas ao planejamento e à elaboração curricular. Por que ensinar

física na escola? O que ensinar nas aulas de física? Quais os objetivos do ensino da física? Estas são questões que todos os professores de física deveriam ter em mente quando do planejamento de seus cursos ou da elaboração de programas, guias de aprendizagens, aulas e outras atividades de ensino.

Silva (2006) afirma ser fundamental que os professores participem do processo de produção das propostas curriculares, ou seja, é importante que tenham a oportunidade de vivenciar as diferentes etapas do processo, que vai da formulação à execução das propostas em sala de aula. Dessa forma, qualquer proposta curricular passa necessariamente pelos docentes, o que implica em considerar que ela deve ser vivenciada, compreendida e incorporada por esses atores sociais.

Porém, esses materiais mais parecem uma enciclopédia, organizados em coleções de quatro ou mais volumes que muitas das vezes apresentam uma visão resumida e incompleta dos saberes. Uma crítica maior pode ser feita em casos em que a adoção desses materiais didáticos não se configura apenas como fonte de auxílio para a preparação das aulas, mas, principalmente, como fonte do planejamento do curso que segue ponto por ponto o que está prescrito no sumário destas publicações, como se fosse o próprio currículo.

Na cultura escolar vigente, desde cedo, os alunos são induzidos a memorizar o conteúdo para que possam responder às questões das provas corretamente. Provas estas que irão testar seus conhecimentos e que, em tese, os prepararão para o mercado de trabalho (Moreira, 2021). Esse ciclo de memorizações leva ao desinteresse e à desmotivação que, fatalmente, irá levar ao abandono escolar.

No contexto da Física, ensinar vai muito além de explicar sobre os fenômenos naturais, cálculos, fórmulas e teorias. O ensino de física envolve conhecer a natureza da ciência, por meio de atividades experimentais, contextos sociais e históricos, diálogos e outras estratégias que levem os estudantes a ampliarem suas visões de mundo por meio do conhecimento científico. Tais elementos apresentam grandes desafios no contexto atual, no qual o conteúdo de física deve dialogar com conhecimentos de outras áreas e com os interesses da turma que se propõe a ensinar.

### 3.4 A PROBLEMATIZAÇÃO NA PERSPECTIVA DE FREIRE E BACHELARD

Segundo Freire (2005), ensinar não é apenas transferir conhecimento, mas sim criar possibilidades que indaguem a sua construção. Para ele, educar é humanizar.

Nessa perspectiva, é possível notar que ensinar vai muito além do que chegar em uma sala de aula e ministrar conteúdos, mas sim possibilitar que o aluno possa construir seu conhecimento por meio de suas dúvidas, curiosidades e questionamentos.

Para Freire (1987), a problematização consiste em abordar questões que emergem de situações que fazem parte da vivência dos educandos e que sejam relacionadas às suas contradições existenciais, sendo este o ponto de partida de um processo voltado para se exercer uma análise crítica sobre a “realidade problema”, para que o educando perceba e reconheça a necessidade de mudanças.

É na escolha e definição do problema, na problematização que começa a construção da nova percepção do conhecimento ligado à consciência máxima possível. É oportuno destacar que a problematização está vinculada a duas dimensões: a epistemológica e a pedagógica.

Do ponto de vista epistemológico, no ensino de ciências, Delizoicov (1990) fundamenta a problematização articulando as ideias de Freire (1997) e de Bachelard (1996) no que diz respeito à aquisição do conhecimento científico.

Com base em Honorato e Mion (2009, p. 2) enfatizam que

[...] a problematização contempla uma dimensão que vai além da pedagógica, por isso contribui para aumentar a capacidade de percepção crítica do sujeito. Para Freire (1987) a problematização faz-se por meio do diálogo e o ponto de partida para que ela aconteça é a análise crítica e reflexiva que os sujeitos cognoscentes exercem sobre uma dimensão significativa da realidade concreta, apresentada a eles como um problema para o qual eles podem construir respostas.

Para Bachelard (1996), a problematização é fundamental na construção do conhecimento científico. O espírito científico pode exercer a mediação entre a problematização e os respectivos questionamentos na medida que a complexidade sobre o referido conhecimento vai se desvelando. Esse desvelamento alavanca a transformação de problematização até a elucidação ou um novo objeto para ser questionado e/ou problematizado. Bachelard (1996) afirma que o conhecimento científico não é dado, é construído pelo esforço do espírito científico em problematizar a realidade e investigar seus aspectos desconhecidos. “Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído” (Bachelard, 1996, p. 18). O conhecimento sobre a realidade não se encontra de forma evidente ao espírito científico, exige um esforço permanente para ser construído.

Nesse sentido, o referido autor, estabelece que a problematização é essencial para desatar os nós na rede do conhecimento científico.

### 3.5 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS (3MP)

Fazendo uso de uma dinâmica freiriana, os três momentos pedagógicos podem ser considerados uma metodologia ativa que surge das questões problematizadoras e epistemológicas inseridas no contexto educacional por Freire (1987).

Essa abordagem educativa se divide em três fases: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Delizóicov; Muenchen, 2014). Segundo estes autores, no primeiro momento, o professor apresenta o tema através de questões ou situações reais de interesse do aluno; no segundo momento, sob a orientação do professor, o conteúdo é estudado para que o tema seja compreendido e, no terceiro, o conhecimento assimilado pelo aluno é abordado de forma profunda, com o retorno à problematização inicial, comparando as respostas do primeiro momento com as

Delizoicov (1990) sinaliza para reflexão sobre os alcances da interdisciplinaridade via experimentação científica no processo de produção de conhecimento a partir da metodologia dos 3MP, fornecendo um ambiente propício ao desenvolvimento de pilares de conhecimento pautados nos saberes da história e da natureza da ciência em suas relações com as demandas da sociedade contemporânea.

A interlocução entre o que se almeja ensinar e a realidade dos aprendizes se estabelece na medida que a problematização se instrumentaliza via metodologia dos 3MP. As reflexões acerca do saber acadêmico e da prática cotidiana presente nos textos de Bachelard e a autonomia que um processo educacional pode conduzir nossos alunos e alunas de acordo com Freire estão presentes nos 3MP.

No ensino de ciências, é importante que se leve em consideração que o aluno é o agente principal do processo ensino-aprendizagem (Delizoicov 2011). Nossos estudantes, não são apenas receptáculos de informações, ditos conhecimento unilaterais, seu convívio em sala requer proximidade, que leva ao questionamento, a problematização, ou seja, o processo de ensino aprendizagem se dá sobretudo nas relações estabelecidas entre os estudantes e a sala é justamente essa arena sociocultural. A metodologia dos 3MP: (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011)

propõe trabalhar com o conteúdo contextualizado pelo cotidiano dos alunos de modo que seus conhecimentos prévios sejam considerados como aporte para novas aprendizagens.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) afirmam que essa metodologia, desenvolvida dialogicamente à luz da realidade, conforme proposta por Paulo Freire, pode potencializar a aprendizagem de Ciências; pode ajudar a desenvolver o senso crítico e ir além dos níveis de consciência com os quais os discentes chegam à escola. Na problematização inicial, se esclarece as circunstâncias do cotidiano, na qual os alunos e alunas estão inseridos. Esse momento é uma provocação, um genuíno desafio, ainda que inicial, com a finalidade de que os alunos e alunas exponham suas percepções. A proposta é justamente promover a problematização dos saberes, à medida que ocorre discussão entre os estudantes, que estes se veem desafiados, formulam hipóteses, fornecem seu ponto de vista, temos elementos suficientes para não apenas trazer à tona questionamentos, nessa ocasião se desperta o protagonismo desses alunos e alunas, para que esses construam e adquiram novos conhecimentos. O ponto primordial da problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade de aquisição de conhecimentos que eles ainda não possuem.

A organização do conhecimento é o momento no qual o conhecimento científico é formalmente apresentado ao aprendiz para que ele possa interpretar e explicar situações e fenômenos problematizados, e ainda comparar este conhecimento com o seu próprio conhecimento. Lançando mão de ferramentas didáticas, como a utilização de textos de divulgação científica, o professor desenvolve conceitos e relações que propiciam ao aluno a capacidade de compreender cientificamente e resolver os problemas apresentados.

Na aplicação do conhecimento, o papel do professor consiste em oferecer atividades em diferentes situações para capacitar os alunos a utilizarem os mesmos conhecimentos científicos explorados na organização do conhecimento, com a perspectiva de formá-los para articular constantemente a conceituação científica com situações que fazem parte de sua vivência (Gehlen et al, 2012).

### 3.6 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (ENCI)

Segundo Sasseron (2018), o ensino de ciências é um importante instrumento para que os estudantes possam desenvolver sua autonomia intelectual, sendo

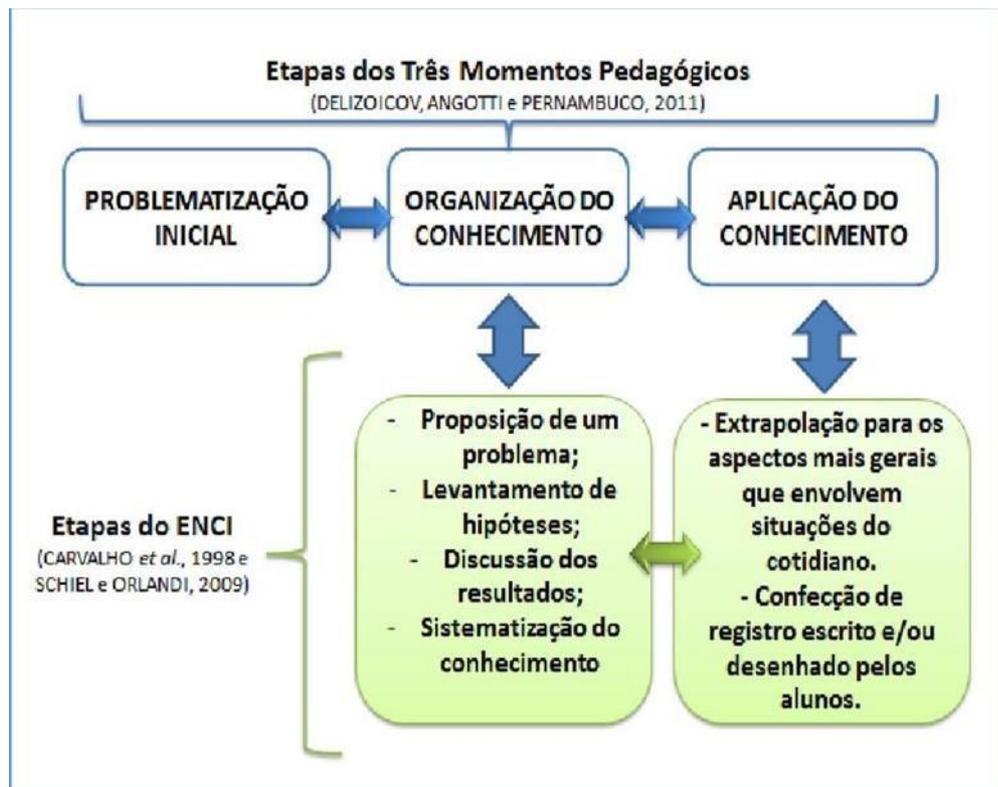
agentes ativos do processo de aprendizagem, reconhecendo conhecimentos e características da atividade científica. As práticas experimentais em sala de aula têm demonstrado ser um importante recurso interdisciplinar de contextualização e inserção social, na medida em que leva os educandos a refletirem sobre as práticas, em cada fase de seus desdobramentos.

Longino (2002, p.17) parte da percepção de que a “investigação científica é uma atividade humana colaborativa”. Segundo o autor, as práticas realizadas na atividade científica permitem a constituição de objetividade para o conhecimento proposto, por meio das interações sociais entre os indivíduos que atuam em um mesmo local, com outros sujeitos e com conhecimentos produzidos por outros.

Sasseron (2018) aponta que a preocupação em relacionar o desenvolvimento de procedimentos com a aprendizagem conceitual e crítica tem um papel central no processo de investigação em sala de aula. Nesse sentido, uma preocupação importante do EnCI é de que, as práticas científicas em sala de aula não sejam a reprodução de meras ações de modo irrefletido, ou seja, que não se limitem a realizar etapas de um roteiro prévio, sem que seja necessário entendê-lo ou mesmo questioná-lo.

Na proposta metodológica elaborada para fins deste trabalho, procuramos articular a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos com o Ensino de Ciências por Investigação. A Figura 12 ilustra nossa proposta de articulação.

**Figura 12:** Possibilidades entre as etapas dos 3MP e da ENCI



Fonte: Solino e Ghein, (2014)

### 3.6.1 Desenvolvimento de práticas: o papel de ensino por investigação

O ensino por investigação pode ser um modo adequado para que a alfabetização científica ocorra em sala de aula (Freiberg, 2015, Sasseron, Carvalho, 2008, Solino, 2017, Souza, 2015). Neste trabalho, considerando as orientações de Carvalho (2013), entendemos o ensino por investigação como uma abordagem didática, em que é essencial o estabelecimento de liberdade intelectual aos alunos para a investigação de um problema.

Solino e Gehlen (2014) já estudaram as possibilidades de correlação entre os 3 MPs e o EnCI. Para esses autores, as etapas investigativas do ENCI, em especial os problemas, podem potencializar a organização e aplicação do conhecimento.

Nesse sentido, é na conexão entre os 3MP e o ENCI que se busca conceber esse produto educacional, que tem a problematização como força motriz do ENCI, a estratégia investigativa planejada e executada pelos discentes.

Carvalho (2013), descreve o ENCI como uma práxis, que envolve, atividades de aprendizagem baseadas em problemas autênticos, experimentações e atividades práticas, que ao final visam o desenvolvimento da autonomia dos alunos, através da criticidade construída ao longo desse processo. Desse modo, consideramos cinco elementos principais que se fundem para a ideia de ensino por investigação que utilizamos: o papel intelectual e ativo dos estudantes; a aprendizagem para além dos conteúdos conceituais; o ensino por meio da apresentação de novas culturas aos estudantes; a construção de relações entre práticas cotidianas e práticas para o ensino; a aprendizagem para a mudança social.

Solino e Gahein (2014) indicam em seu trabalho que Carvalho (2013) distingue quatro pontos importantes para fundamentar o planejamento das atividades investigativas, entre os quais destacamos: a relevância do problema na construção do conhecimento científico; a passagem da ação manipulativa para ação intelectual; a tomada de consciência dos atos e explicações científicas. De modo semelhante, Delizoicov (2005) evidencia em Freire uma concepção epistemológica do problema, compreendendo-o como gênese na elaboração dos conhecimentos no universo da sala de aula.

### **3.6.2 Sequência de ensino de cunho investigativo (SECI)**

A sequência de Ensino Investigativo, empregada por Carvalho (2013), traz a prática da ciência na sala de aula não como a iniciação de um cientista, mas sim como uma proposição de criação de um espaço com ambiente investigativo, no qual o estudante de ciência possa ser iniciado (conduzindo e mediado) no processo simplificado do trabalho científico. Nesse processo, Carvalho (2013, p.9) destaca que esse processo deve dar aos estudantes:

[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.

Carvalho (2013, p.9) também destaca a importância da contextualização na sequência investigativa:

[...] na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a

resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos.

Outra atividade importante na SECI é a avaliação, que deve ser organizada para que ocorra ao final de cada ciclo.

Assim propomos que uma atividade de avaliação e/ou de aplicação seja organizada ao término de cada ciclo que compõe uma SEI. De modo que o conhecimento científico possa ser elaborado, desenvolvido com objetivo transformador do espaço de ensino de ciências dentro da escola. (Carvalho, 2013, p. 9).

Assim como nos 3MP's, a problematização no ENCI também ocupa papel de destaque, uma vez que a formulação de hipóteses e o processo de investigação, via execução de uma prática experimental, deve apresentar um tema gerador, desencadeador da atividade em si. O ENCI também é uma metodologia que emprega a problematização como ferramenta de ensino e de aprendizagem.

Carvalho (2013) indica que para a iniciação de uma SECI é importante que haja esse "start" motivador. Os problemas desenvolvidos na SECI podem ser: experimental, ou não experimental, sendo o primeiro voltado para a resolução de experimentos, os quais chamam a atenção dos alunos e os envolvem na resolução ou descoberta dos resultados; já o segundo é focado na utilização de imagens e textos para seu desenvolvimento.

Independentemente do tipo de problema e das ideias propostas para sua resolução, é necessário que as etapas metodológicas sejam seguidas para que os estudantes possam estruturar seu conhecimento. De acordo com Carvalho (2013, p. 10) essas etapas envolvem a "[...] oportunidade de levantar e testar hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e seu professor."

Um aspecto não menos importante é o fato de a problematização conduzir a uma criticidade capaz de fornecer elementos que levem ao esclarecimento do objetivo de investigação, além de sua conexão com os saberes curriculares propostos em sala de aula e a prática investigativa propriamente dita, do contrário teremos mais um instrumento comum à educação bancária exposta nos trabalhos freirianos.

### 3.6.3 O problema experimental

Carvalho (2013) alerta que para o desenvolvimento de uma SECI a partir de um Problema Experimental, é necessário atentar-se às etapas de sua realização para que não resulte em uma prática falível. A Figura 13 apresenta as etapas de uma SEI propostas por Carvalho (2013), a qual foi feita adaptação para SECI

**Figura 13:** Sequência de ensino por investigação (SEI)



Fonte: Carvalho (2013)

Para o cumprimento dessas etapas é importante que: “a problemática não seja algo incompreensível e distante da realidade dos alunos” (etapa 1); a turma seja dividida em pequenos grupos para desenvolver a SECI, o que favorece a aprendizagem dialógica e coletiva (etapa 2);” na resolução do problema se faz necessário o papel mediador do docente, que consciente da teoria proposta na problematização, auxilia nas reflexões e discussões iniciais” (etapa 3) (Carvalho, 2013, p.11). Ainda, segundo Carvalho (2011; 2013; 2015), o erro precisa ser transformado em uma situação de aprendizagem, mas, para isso, o professor necessita em um primeiro momento entender a estrutura do pensamento do aluno e, por meio de questionamentos, levá-lo a conflitos cognitivos ou dar-lhe novos conhecimentos, de modo com que o aluno possa identificar o erro, corrigi-lo e superá-lo.

Para a realização da etapa 4, é necessário que os pequenos grupos sejam desfeitos (caso algum material tenha sido entregue, este deve ser recolhido) e a turma seja realocada em um grande círculo para que possa ser iniciado o debate sistemático sobre o experimento (Carvalho, 2013). Uma das principais funções dessa etapa é

instigar a lembrança ativa da resolução do problema, para que os alunos possam discutir suas proposições e relembrar os passos e as atitudes tomadas para a obtenção do resultado. Para isso, Carvalho (2013) elenca algumas perguntas chaves que podem ser usadas pelo professor para nortear o debate:

- “Como vocês conseguiram resolver o problema?”;
- “Por que acham que deu certo?”;
- “Como vocês explicam o porquê de ter dado certo?”.

De acordo com a autora, perguntas dessa natureza fazem com que os alunos busquem justificativas ou explicações causais para a ocorrência do fenômeno experimentado. Carvalho (2013) aponta ainda que é essa sistematização que faz com que os estudantes passem da etapa de ação manipulativa para ação intelectual, introduzindo a capacidade de argumentação científica e crítica, uma vez que os problemas experimentais objetivam o aguçamento do desenvolvimento intelectual para a resolução de problemas por meio do manuseio de materiais didáticos para conclusão experimental.

Por fim, a etapa 5 busca a construção do conhecimento pessoal, a partir das atividades complementares, gerando, classificando, compartilhando e distribuindo as ideias entre os estudantes.

#### **3.6.4 Os problemas não-experimentais**

A diversidade da problematização presentes na SECI está relacionada à importância social, metodológica e criteriosa da prática do Ensino de Ciências por Investigação. Conforme já salientado, essa prática visa inserir o estudante no mundo científico, juntamente com suas linguagens, símbolos e signos, trabalhando contextos sociais e problematizadores durante a reprodução do conhecimento.

De acordo com Carvalho (2013), para atingirmos a contextualização linguística da ciência é ideal o trabalho com problemas não-experimentais. Para Carvalho (2013), os problemas não-experimentais podem ser utilizados na SEI para o desenvolvimento e introdução dos estudantes em outras linguagens da Ciência, como a leitura de tabelas e gráficos. A autora indica que: “[...] nos casos que envolvem problemas desse gênero, o importante da análise/estudo, não são os conceitos, mas a tradução da linguagem gráfica em linguagem oral. [...]” (Ibidem, p.14). Ainda nesses casos, as

perguntas “como?” e “por que?”, durante a etapa da sistematização do conhecimento, devem ser direcionadas a esse objetivo.

### **3.6.5 A sistematização do conhecimento**

Após a realização da proposição do problema, seja ele experimental ou não, paira sobre o ambiente o questionamento sobre o resultado da prática: “Será que todos os alunos entenderam, ou somente os que falaram durante a aula?” alega Carvalho (2013, p.15). Por isso, o texto de sistematização do conhecimento é necessário para repassar o processo da resolução do problema, como também o produto do conhecimento discutido em aulas anteriores.

### **3.6.6 A contextualização social**

A contextualização social objetiva conectar o problema discutido (experimental ou não experimental) com realidade do aluno (de vivência, costumes ou até mesmo trabalho). De pouco vale a prática, se ela não puder ser comparativa com algum acontecimento cotidiano ou externo ao ambiente escolar com a qual o aluno possa se conectar. Nesse sentido, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), assim como Freire (1987) apresentam uma preocupação em explorar as situações reais que emergem das contradições sociais vivenciadas pelos estudantes.

Carvalho (2013, p. 17) sugere algumas questões que podem ser levantadas durante a atividade de contextualização social, tais como: “No seu dia a dia, vocês podem verificar esse fenômeno?”.

As etapas seguidas no processo de contextualização social com a discussão em grupos pelos alunos; a abertura das discussões com toda a classe, coordenada pelo professor, e a escrita individual pelos alunos em seus cadernos. Também é necessário que as atividades de aprofundamento sejam pensadas como atividades investigativas, sendo organizadas para que “os grupos de estudantes possam discutir, expor aos colegas suas ideias, e entendimentos do texto (ou do vídeo, do jogo, da simulação, entre outros recursos) e, após a discussão em grupo, o professor sistematize o conhecimento em uma releitura do texto” (Carvalho, 2013).

### **3.6.7 A finalização da SECI**

Assim como a realização das etapas de cada prática dentro da SECI, Carvalho (2013) sugere que a avaliação seja realizada ao fim de cada ciclo. Porém, a autora deixa clara a ideia de que a atividade de avaliação não é: [...] somativa, que visa a classificação dos alunos, mas, sim uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo.” (Ibidem, p. 18).

As atividades avaliativas na SECI devem ser focadas no aprendizado de conceitos, termos e noções científicas, bem como no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica. Nessa etapa é imprescindível a mudança de postura por parte dos professores com relação à avaliação, pois, eles precisam estar atentos a todo o processo de desenvolvimento da prática, uma vez que as etapas de manuseios, e os debates também expressam tópicos importantes de interesse para a avaliação processual de cada estudante.

#### 4 O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional, elaborado para fins deste estudo, é uma sequência de ensino investigativa (SECI), norteada pela metodologia dos três momentos pedagógicos (3MP). O propósito da SECI é promover a compreensão de conceitos físicos elementares relacionados à corrente elétrica a partir da construção de um dispositivo experimental sensível à condutividade elétrica.

O Quadro 2 apresenta a forma como a SECI foi organizada, observando as recomendações de Carvalho (2013) e de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

**Quadro 2:** Etapas da SECI

Etapas da SEI	Objetivo	Metodologia	Recursos
<b>Abordagem Conceitual</b>	Utilizar os conhecimentos prévios dos alunos. Promover Hipóteses e conceber novos saberes sistematizações	O professor apresenta o tema através de questões ou situações reais de interesse do aluno	Roda de Conversa, questionamentos orais e quadro branco
<b>Proposição</b>	Aula 1: Aplicação de um pré-teste. Apresentação da problemática	sob a orientação do professor, o conteúdo é estudado para que o tema desperte interesse	Roda de conversa, questionamentos orais, recursos audiovisuais e quadro branco
<b>Execução da Sequência Didática</b>	Aula 2: Desenvolver a construção de conceitos intelectuais	Execução da prática por grupos de alunos;	Confecção de relatório, gravação de vídeos e registro de imagens
<b>RESOLUÇÃO</b>	Aula 3: Conexão entre hipótese e saber sistêmico	Discussões e debates sobre a prática realizada	Questionário formativo, análise das respostas pelo docente

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A SECI foi aplicada em três semanas, no total de seis aulas. A primeira semana foi reservada para a proposição do problema: Em que condições uma solução pode conduzir corrente elétrica? A discussão e a resolução foram realizadas nas aulas subsequentes, com as devidas reflexões e a organização dos dados coletados. Ao final foi feita a apresentação da resolução do problema proposto pelos estudantes.

O desenvolvimento e a aplicação da SECI, contou com o aporte dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti, desenvolvidos a partir da pedagogia de Paulo Freire, que tem como ideia central uma educação problematizadora. No primeiro momento, temos a problematização inicial com o levantamento de informações do cotidiano do aluno conectado com a investigação que a SECI se propõe a fazer.

Em um segundo momento, temos a organização do conhecimento com a realização de experimentos práticos, anotações, registros de dados e discussões realizadas pelos estudantes. No terceiro momento, temos a aplicação do conhecimento adquirido com as situações observadas no cotidiano dos alunos, buscando desenvolver habilidades críticas e reflexivas. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) afirmam que essa dinâmica didático-pedagógica dos Três Momentos Pedagógicos (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento) são essenciais para se desenvolver a criticidade dos educandos. O Quadro 3 apresenta uma síntese da aplicação da SECI.

**Quadro 3:** Quadro demonstrativo da aplicação da SECI

DATA	TEMA	OBJETIVO
30/08/2023 e 01/09/2023	Aplicação de um pré-teste Seria a problematização inicial, proposta de sequência didática investigativa	Discutir a condutividade elétrica nas soluções eletrolíticas; Problematização da SECI; analisar os conhecimentos prévios dos alunos, levantamento de hipóteses. apresentação do processo
14/09/2023 e 15/09/2023	organização do conhecimento com a realização de experimentos práticos	Execução e primeiras discussão a cercas das hipóteses e dinâmica experimental
21/09/2023 e 22/09/2023	Considerações e desdobramentos	Discussão dos conceitos desenvolvidos na prática investigativa
21/09/2023 e 22/09/2023	Transposição do saber produzido pelo professor as concepções individuais e coletivas concedidas na SECI	Sistematização e extrapolação dos conceitos surgidos a partir das hipóteses

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Assim, esta pesquisa teve por objetivo desenvolver, aplicar e analisar uma SECI, visando descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade, na qual ela foi aplicada, produzindo informações aprofundadas e ilustrativas, caracterizadas pelas ações de descrever, compreender e explicar o fenômeno observado de forma participativa e colaborativa em uma relação sujeito a sujeito (Gerhardt; Silveira, 2009, p. 40)

#### 4.1 VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO

A SECI, desenvolvida para fins desta pesquisa, teve por finalidade estabelecer um diálogo entre saberes de física, relacionadas à condução de corrente elétrica em substâncias eletrolíticas, e os saberes produzidos no contexto dos estudantes. A SECI configurou-se também como um potencial instrumento avaliativo da metodologia e da estratégia pedagógica usadas para o ensino de conceitos de condutividade elétrica

em soluções eletrolíticas no novo ensino médio. Para esse propósito, faz-se o uso de um instrumento de validação pela aplicação de um pré-teste e o desenvolvimento de um relatório durante a SECI, tendo em vista que, conforme afirmam Guimarães e Giordan (2013, p. 2), “a validação representa um procedimento sistemático de avaliação de determinado instrumento de ensino, por meio de testes que procuram verificar sua capacidade de desempenho e a confiabilidade de seus resultados.” A validação ocorreu pela análise do pré-teste e dos relatórios aplicados durante a SECI. A validação dos conceitos propostos no pré-teste, foram articulados com a proposta de ensino da SECI, de modo que, a fase de elaboração e a atividade experimental da SECI estejam alinhadas com a proposta do ENCI e dos 3MP.

O desenvolvimento da SECI ocorreu de forma gradual, os alunos ausentes em algum momento em uma turma realizaram suas atividades investigativas em outra turma, na medida do possível, de forma que todos puderam participar. Durante o momento de discussão, para que houvesse efetivamente a prática, surgiram muitas ideias de material de baixo custo, contudo já havia um combinado de se usar o que fosse mais comum para todos, dessa forma grupos de diferentes alunos trocaram materiais úteis à prática.

#### 4.2 PARÂMETROS PARA ANÁLISE DA SECI

Os parâmetros para a análise da SECI partem do referencial de Carvalho (2013) e consideraram os objetivos do estudo, visando avaliar quais elementos basilares do ensino de ciências por investigação (ENCI) se fizeram presentes durante a implementação da SEI sobre condutividade elétrica.

No que diz respeito aos 3 MPs e ao ENCI, buscamos perceber a articulação intrínseca do papel da problematização na construção dos saberes pelos estudantes, partindo do ato pedagógico de investigar um conteúdo e da criação de suas próprias hipóteses. Bellucco e Carvalho (2013) afirmam que o professor, ao instigar os alunos a confrontar hipótese e problemática, estimula a conexão entre a SEI e o cotidiano dos estudantes.

Carvalho (2013) ressalta as seguintes questões que devem nortear as ações do professor em uma sala de aula investigativa:

- O eixo problematizador da SEI foi apresentado de forma coerente?
- Os alunos entenderam a matriz problematizadora?

- Os grupos conceberam o problema para si?
- O trabalho em grupo ocorreu efetivamente?
- Os estudantes possuíam condições para o levantamento dessas hipóteses?
- Os grupos colocaram em prática suas ideias?
- Houve tempo e espaço para o entendimento do conhecimento coletivo?
- A resolução surgiu espontaneamente?

Silva (2023) e Carvalho (2013) afirmam que quando um aluno ouve o colega responder ao professor, ele não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado. Silva (2023) comenta ainda que é no momento das explicações dos grupos que os estudantes precisam de uma argumentação científica, para utilizar conceitos que expliquem o fenômeno analisado.

Por fim, Carvalho (2013 p. 13) indica que o diálogo e a escrita são atividades complementares fundamentais em aulas de ciências, pois “como o diálogo é uma ferramenta poderosa e importante para fomentar, compartilhar, alicerçar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento”.

#### 4.3 INSTRUMENTO DE ANÁLISE DA SECI: COLETA DE DADOS

A SECI tem por finalidade a aquisição de saberes em acordo com os objetivos gerais e específicos alcançados, por meio de uma investigação que permita coletar dados, analisar o estudo e mensurar as potencialidades desenvolvidas. Gil (2010, p. 184) afirma que “As pesquisas do tipo intervenção pedagógica são aplicadas, ou seja, têm como finalidade contribuir para a solução de problemas práticos. Elas se opõem às pesquisas básicas, que objetivam manipular conhecimentos, sem preocupação com seus possíveis benefícios práticos.”

A reflexão sobre as possibilidades de aprendizagem efetiva de conceitos físicos através SECI, sinaliza que a mesma é um instrumento de validação de pesquisa aplicada. Dessa forma, o método de investigação científica desenvolvido na SECI é de natureza qualitativa pois tem como principal característica a análise de poucos casos. Damiani et al (2013, p. 59) corroboram com essa ideia ao inferir em que a “intenção é descrever detalhadamente os procedimentos realizados avaliando-

os e produzindo explicações plausíveis, sobre seus efeitos, fundamentadas nos dados e em teorias pertinentes.

## 5 A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A ciência como fonte de construção de conhecimento tem sua base em teorias, hipóteses e pesquisas que visam a sistematização das observações cotidianas. Especificamente executar as seguintes ações:

- Selecionar experimentos de ciências para o estudo da condutividade elétrica em soluções eletrolíticas;
- Empregar experimentos de baixo custo que estimulem os estudantes a pensarem;
- Elaborar uma sequência de ensino por investigação em turmas do 2º ano do NEM;
- Analisar o efeito da metodologia proposta na aprendizagem do conteúdo pelos estudantes.

### 5.1 CONTEXTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

Atuo como professor de física nos estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro e há diferenças estruturais no currículo escolar entre os dois municípios. O NEM do RJ tem duas aulas semanais de física no ensino diurno (1º e 2º anos do NEM). Já no currículo de Minas Gerais, o NEM possui apenas uma aula de física no 2º ano, contudo, se for o NEM integral profissionalizante (EMTI) tem no máximo duas aulas de física (dependendo do tipo de ensino profissionalizante que a escola oferta). Para os 3º anos do novo ensino médio na rede pública do RJ não há aulas de física (apêndice 2). No estado de MG, seja na modalidade EMTI ou NEM, há no máximo uma aula de física no 3º ano. Vale ressaltar que as primeiras turmas de 3º anos do NEM só ocorreram em 2024, sendo que, no momento da escrita desta dissertação, já estava tramitando no Congresso Nacional um novo Projeto de Lei que propõe alterações na carga horária das disciplinas no NEM para 2025.

Diante do exposto, optei por lecionar o conteúdo de eletricidade, e fazer a aplicação do produto educacional nas escolas do estado do Rio de Janeiro, ainda no 2º ano do ensino médio, a partir do segundo semestre de 2023. Em uma das escolas, aqui denominada CEMZT, lecionei física para três turmas de segundos anos (numeradas como: 2001A, 2002A e 2003A).

Na outra escola, aqui denominada CEMP, lecionei física para duas turmas de segundos anos (numeradas como: 2001B, 2003B). O CEMP atende cerca de 814 alunos, com idades variando de 11 até mais de 40 anos divididos nos três turnos (manhã-tarde-noite) possuindo 76 docentes, já o CEMZT atende 359 alunos, com idades variando de 15 anos até pessoas acima dos 40 anos, três turnos e possui 34 professores.

O CEMP apresenta dois pavimentos, enquanto o CEMZT possui apenas um pavimento. Ambas as escolas possuem pátio, secretaria, salas de aula, sala dos professores, sala da direção, quadra de esportes, sala *maker*, biblioteca, laboratório de informática e corredores, que promovem a conexão entre as salas de aula. O CEMP apresenta laboratório de ciências, enquanto o CEMZT não.

Cabe ressaltar que houve uma greve dos profissionais de educação do estado do Rio de Janeiro por sete semanas (entre os meses de maio-junho-julho) e, por isso, houve atraso no cronograma de aplicação do produto, previsto inicialmente para o início de agosto/2023. Cada turma, de ambos os estabelecimentos de ensino, seguem a mesma grade curricular do NEM, com duas aulas semanais de 50 minutos para o conteúdo de física, que ocorrem de forma geminada, sem intervalos. As aulas ocorrem sempre pela manhã, sendo as do CEMZT na quinta-feira e do CEMP na sexta-feira. O Quadro 4 apresenta a relação escola / turma / número de alunos que desenvolveram a SEI.

**Quadro 4:** Relação de turmas onde houve aplicação da SECI

<b>Turmas</b>	<b>CEMZT – Escola A</b>	<b>CEMP- Escola B</b>
2001	30	38
2002	27	-----
2003	32	32

Fonte: Acervo do autor (2024).

## 5.2 A APLICAÇÃO DA SECI

A sequência de ensino de cunho investigativo (SECI) foi aplicada entre os dias 30/08 e 22/09/2023, durante as aulas regulares de física. Inicialmente, explicamos o propósito da atividade e apresentamos a problematização: em que condições uma substância pode conduzir corrente elétrica?

Logo após, cada turma foi dividida em grupos de cinco alunos e apresentamos uma lista de materiais (Quadro 5) que cada grupo de alunos deveria providenciar para o dia de realização do experimento.

**Quadro 5:** Relação dos materiais necessários para o desenvolvimento da prática

Quantidade e especificação dos materiais necessários
10 copos de plástico ou PET de 500mL cortado ao meio
bocal ou similar para lâmpada/ LED + fios de cobre
01 lâmpada ou LED + Bateria de 9volts/ Par Pilhas AA ou equivalente
Alicate + fita isolante + tesoura
Líquidos para serem testados: água, soluções aquosas: açúcar, cloreto de sódio, vinagre, suco de limão, bicarbonato de sódio, etanol e água sanitária.

Fonte: Acervo do autor (2024).

O dispositivo eletrolítico de condutividade elétrica, proposto para fins deste trabalho, não apresenta muitas dificuldades para ser montado. A Figura 14 ilustra o planejamento e os materiais necessários à confecção desse dispositivo.

**Figura 14:** Materiais e planejamento do dispositivo



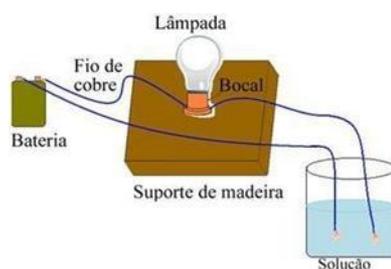
Fonte: Acervo do autor (2024).

Para a fonte de luz (utilizada como indicador de passagem de corrente elétrica), utilizamos uma lâmpada/LED, que foi conectada a um fio de cobre duplo, ligado aos terminais da lâmpada e às extremidades da pilha/bateria, sendo que um lado do circuito ficou aberto, com as extremidades dos fios desencapadas, para que o dispositivo pudesse ser utilizado para testar a capacidade de condução das substâncias. A Figura 15, mostra os estudantes construindo o dispositivo.

**Figura 15:** alunos montando o dispositivo

Fonte: Acervo do autor (2024)

Como recomendação, os estudantes foram orientados a observar com cuidado as conexões presentes no dispositivo. Observe na Figura 18 que os fios não podem se cruzar, ou seja, o fio da parte superior conecta-se ao bocal da lâmpada/LED e não vai para o outro terminal da pilha. Um fio é partido, sendo que uma parte liga a bateria à lâmpada/LED, e a outra é ligada ao outro terminal da lâmpada/LED, ficando com a ponta desencapada solta, que irá funcionar como eletrodo. Outro fio se conecta diretamente à pilha e sua extremidade corresponde ao outro eletrodo. Para investigar se ocorre ou não passagem de corrente elétrica pelas substâncias, as pontas soltas (eletrodos) devem ser mergulhadas na solução sem que elas toquem ou fiquem muito próximas.

**Figura 18:** esquema do dispositivo eletrolítico em funcionamento

Fonte: <https://www.preparaenem.com/quimica/teoria-dissociacao-ionica-arrhenius.htm>

## 6 RESULTADOS DA APLICAÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados alcançados nas atividades. A apresentação irá ocorrer em três partes: a primeira abrangerá uma discussão da síntese das aulas executadas no decorrer da aplicação; a segunda é sobre a confecção do dispositivo eletrolítico e a realização dos testes nas soluções eletrolíticas na aula experimental; e a terceira se refere aos saberes alcançados pelos estudantes no desenvolvimento da SEI e discutidas no momento de *feedback* na roda de conversa.

A análise dos conhecimentos construídos a partir da atividade investigativa será discutida em duas etapas: a primeira busca saber se os estudantes compreenderam a condutividade elétrica nas substâncias eletrolítica; segunda busca verificar se houve por parte dos estudantes uma compreensão da interdisciplinaridade desse conhecimento na sistematização e extrapolação da SECI.

### 6.1 DESCRIÇÃO DAS AULAS

Conforme indicado no capítulo anterior, a aplicação da sequência didática foi executada nos meses de agosto e setembro de 2023. Nesta seção, apresentamos uma breve descrição das atividades desenvolvidas durante a SECI.

#### 6.1.1 Primeira Semana (30/08/2023 e 01/09/2023) – 100 minutos (2 aulas)

A aula teve início com a aplicação de um pré-teste para avaliar o conhecimento dos alunos sobre conceitos relacionados à corrente elétrica, baterias e circuitos elétricos (disponível no Apêndice A). Com auxílio do quadro branco, foi escrita a seguinte pergunta na lousa: O que faz uma lâmpada acender? A resposta a essa questão não é tão trivial quanto parece. Os alunos precisam perceber, entre outros atributos, a necessidade de um caminho fechado, ou seja, de um circuito elétrico que vai de um polo ao outro da pilha, passando pela lâmpada. Com essa questão a centelha para a elaboração das hipóteses e a externalização da curiosidade dos estudantes foi ativada.

No dispositivo eletrolítico, proposto como indicador de condutividade elétrica, a pilha (bateria) presente no dispositivo, interligada pelos fios (formando um circuito

elétrico), fornece a energia que faz a lâmpada acender. Quando adicionamos a solução entre as extremidades dos fios, surge a dúvida: vai acender? Ou, não vai acender? Esse é o espírito da SECI, investigar e buscar respostas com os elementos disponíveis. Daí surge a seguinte questão: em que condições a solução irá conduzir corrente elétrica?

A segunda aula, ainda na primeira semana, iniciou-se com uma discussão, no formato de roda de conversa, para analisar as dúvidas dos estudantes e prover a organização da base conceitual necessária ao refinamento das hipóteses. Saberes como átomo, carga elétrica, elétron livre, soluções eletrolíticas, corrente elétrica, condutores e isolantes elétricos foram temas dessa roda de conversa.

Alguns alunos perguntaram sobre o emprego da bateria, o uso de corrente elétrica, sobre a condutividade elétrica da água, leite, água sanitária e outras substâncias líquidas. A partir dessa discussão, ficou combinado coletivamente que iríamos investigar as soluções líquidas com natureza eletrolítica, a partir da capacidade de conduzir ou não corrente elétrica. Para isso, foi proposto a construção do dispositivo eletrolítico, descrito na seção 5.2.

Os estudantes receberam orientações sobre os materiais que deveriam providenciar e ficaram curiosos para saber como solucionar o problema e de que forma isso iria acontecer ao longo das próximas aulas.

### **6.1.2 Segunda semana (14 e 15 /09/2023) – 100 minutos**

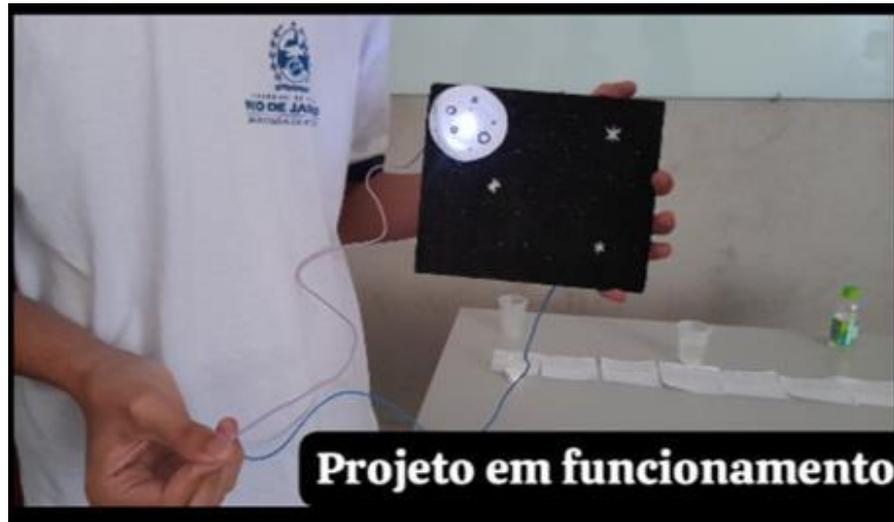
Os estudantes foram divididos em grupos de três integrantes. Foi exposta uma imagem do dispositivo eletrolítico indicador de condutividade elétrica apresentado na Figura 6.

Foi dado um prazo de 15 dias, entre a primeira e segunda semana de aplicação da SEI, para os estudantes pudessem providenciar os itens descritos no Quadro 6, necessários para a confecção do dispositivo eletrolítico, seguindo o planejamento mostrado na Figura 15, e para o preparo das soluções de teste.

Depois das orientações iniciais, os estudantes passaram à montagem do dispositivo. Houve uma grande variedade de dispositivos.

Cada grupo montou o dispositivo de acordo com os materiais que trouxeram. A Figura 19 mostra um desses dispositivos.

**Figura 19:** alunos montando o dispositivo



Fonte: Acervo do autor

Na sequência, os estudantes passaram ao preparo das soluções que seriam testadas com o dispositivo indicador de condutividade elétrica (Figura 20).

**Figura 20:** Soluções eletrolíticas



Fonte: Acervo do autor (2024)

Depois disso, os estudantes passaram a averiguar a ocorrência ou não de condutividade elétrica nas substâncias (Figura 21).

**Figura 21:** dispositivo Eletrolítico



Fonte: Acervo do autor. 2024

Foi fornecido um roteiro de relatório (Apêndice B) para orientar as ações investigativas necessárias na execução do experimento. Nesse roteiro os estudantes tinham que descrever e fazer os registros ( fotos e vídeos para envio além da entrega do relatório no final da SECI).

O desenvolvimento do experimento da SECI fez surgir indagações sobre problemas reais, a respeito do detalhadamente e dos procedimentos realizados, a fim de obter explicações coerentes com as atividades experimentais desenvolvidas na SECI. O emprego do dispositivo eletrolítico como ferramenta investigativa na questão da potabilidade da água e da possibilidade de adulteração do leite dotou de autonomia e protagonismo os estudantes . A Figura 22 ilustra momentos da investigação realizada pelos estudantes.

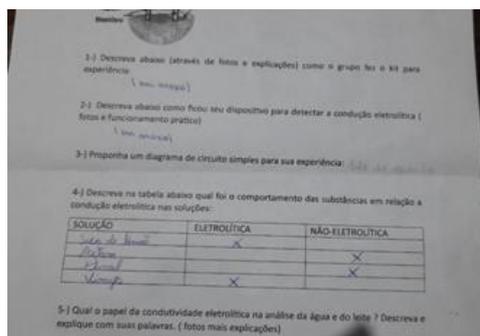
**Figura 22:** investigação da condutividade elétrica das soluções com o aparato eletrolítico



Fonte: Acervo do autor (2024).

Foram avaliadas quanto a condutividade elétrica substâncias que continham cloreto de sódio , bicarbonato de sódio, soro fisiológico, acetona, água com açúcar, leite e água doméstica. Os grupos iniciaram a construção do relatório e a discussão com os colegas de classe sobre as observações e o que eles poderiam inferir com base no experimento realizado. A figura 23 ilustra essa atividade.

**Figura 23:** Escrita do relatório



Fonte: Acervo do autor (2024).

### 6.1.3 Terceira Semana (21 e 22 /09/2023) – 100 minutos

Nesta aula, a sala foi organizada em formato de círculo para uma discussão a respeito do desenvolvimento dos experimentos e da condução das atividades práticas. Os relatórios escritos foram entregues nesta ocasião, enquanto os registros por imagens e vídeos foram enviados posteriormente por e-mail. Cada grupo teve um “porta voz” a fim de organizar as apresentações.

Foi perceptível que os estudantes, às vezes, discutiam entre eles para organizar as tarefas. Durante a execução da atividade, eles puderam observar, na prática, o quanto os fenômenos que eles conseguiram reproduzir conectavam saberes de física e química no momento que o aparato eletrolítico era utilizado em cada solução.

O Quadro 6, a seguir, apresenta as questões utilizadas na aplicação da SECI. O relatório entregue serviu de eixo norteador para discussões e verificações das hipóteses.

**Quadro 6:** Objetivos do relatório da SECI

Momento da prática experimental	Questionamento
Execução dos procedimentos experimentais	Descreva (através de fotos e explicações) como o grupo construiu o dispositivo eletrolítico para experiência
	Descreva como ficou seu dispositivo para detectar a condução eletrolítica (fotos e funcionamento prático)
Discussões sobre experimento e resultados	Como os íons em solução conduzem eletricidade?
	Proponha um diagrama de circuito simples para sua experiência.

Fonte: Acervo do autor (2024)

No relatório também havia um quadro comparativo (Quadro 7) para indicação das substâncias eletrolíticas e não-eletrolíticas.

**Quadro 7:** Teste eletrolíticos

SOLUÇÃO	ELETROLÍTICA	NÃO-ELETROLÍTICA

Fonte: Acervo do autor (2024).

Fazendo uso do dispositivo eletrolítico, os estudantes foram capazes de verificar se havia ou não condução de eletricidade nas substâncias testadas por meio do acendimento da lâmpada. A figura 24 ilustra essa atividade.

Figura 24 - ação do dispositivo eletrolítico



Fonte: Acervo do autor (2024)

## 6.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS

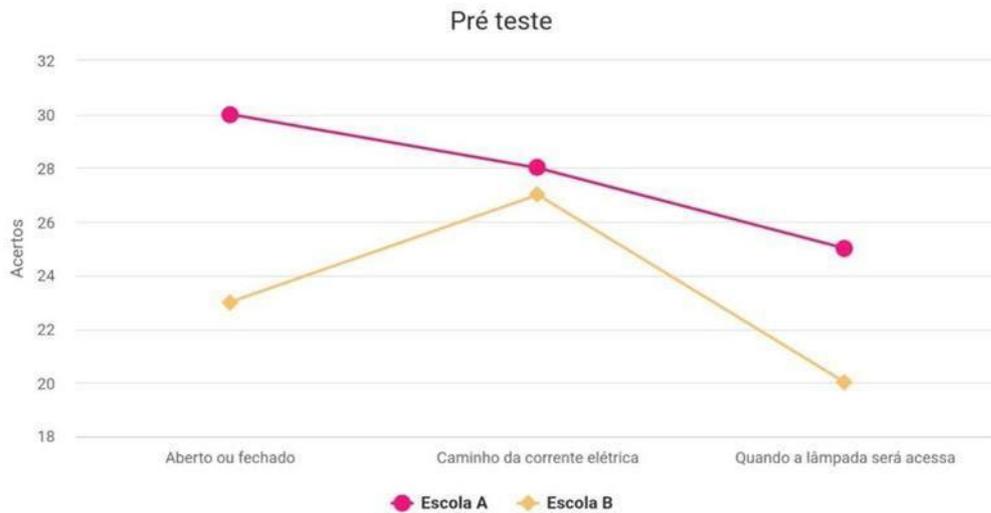
Nesta seção, serão apresentadas as respostas, análises e discussões a respeito das questões expostas no pré-teste e no pós-teste (relatórios). Na análise, buscou-se identificar a resolução da situação-problema a partir dos conhecimentos adquiridos na abordagem investigativa confrontados com as hipóteses iniciais dos estudantes.

Carvalho (2013) afirma que o desenvolvimento real é aquele que já foi consolidado pelo indivíduo, de forma a torná-lo capaz de resolver situações utilizando seu conhecimento de forma autônoma, portanto o nível de desenvolvimento real é dinâmico, aumenta dialeticamente com os movimentos do processo de aprendizagem.

A primeira questão é relativa à distinção entre circuito elétrico fechado e aberto. Nesta questão os grupos de alunos deveriam identificar e explicar o esquema em que o circuito se encontra fechado e explicar a sua resposta. Para a análise, foi elaborado um gráfico comparativo entre as escolas A e B.

O gráfico 1 auxilia na decisão de qual escola necessita de mais atenção nos aspectos teóricos, antes mesmo da realização da SECI. Dessa forma, de acordo com o gráfico 1, os alunos da escola B foram os que apresentaram maior dificuldade na compreensão dos conceitos elementares relativos à eletricidade: circuito elétrico, o caminho da corrente elétrica e o momento no qual a lâmpada poderia acender ou não.

**Gráfico 1** - Análise comparativa das escolas A e B sobre noções básicas sobre circuitos elétricos



Fonte: Acervo do autor (2024)

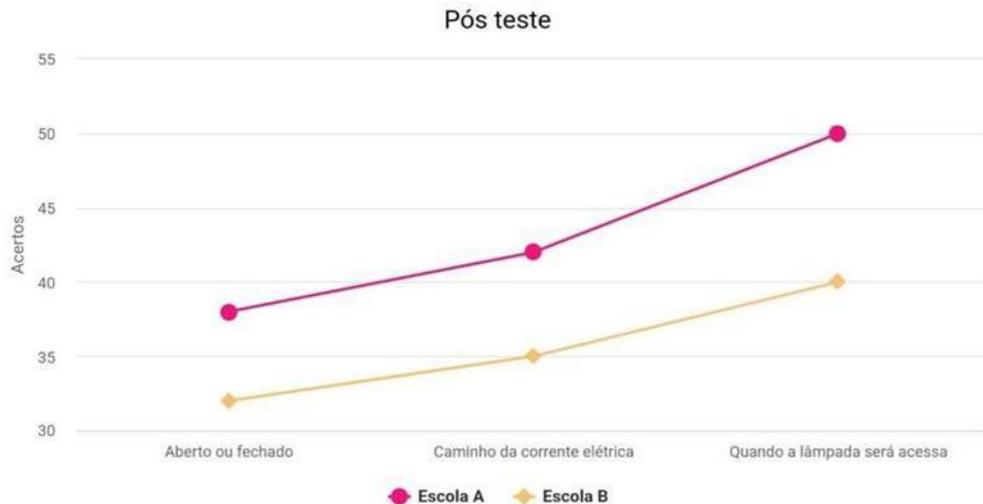
Os circuitos elétricos simples podem servir de instrumento de aprendizagem de vários conceitos físicos relacionados à eletricidade como: carga elétrica, corrente elétrica, condutividade e resistividade elétrica, condutores de eletricidade entre outros. São nesses dispositivos que a aplicação do produto educacional atua como ferramenta no ensino de física, pois o dispositivo eletrolítico utilizado nada mais é que um circuito elétrico concreto.

O relatório (Apêndice B/ Pós-teste) foi padronizado para as escolas A e B, contendo apenas questões discursivas (um circuito elétrico simples). O respectivo relatório também tinha por objetivo avaliar o quanto os conceitos elementares sobre circuito elétrico tinham evoluído durante a construção do dispositivo eletrolítico e seu emprego durante a SECI.

O relatório foi a base para o gráfico 2, este também de natureza comparativa entre as escolas A e B (traçando um perfil dos conceitos elementares de eletricidade presentes nos circuitos elétricos simples), constatando-se que houve mudança no universo de respostas em relação ao fenômeno da lâmpada acender, quando confrontamos com o gráfico 1.

As duas escolas melhoraram seu desempenho, muito embora a escola B, de acordo com a análise dos gráficos, ainda necessite melhorar sua percepção sobre os conceitos basilares sobre os circuitos elétricos, os alunos da escola B completaram a SECI no mesmo patamar assertivo dos estudantes da escola A.

**Gráfico 2** - Análise comparativa das escolas A e B sobre circuitos elétricos durante a SECI

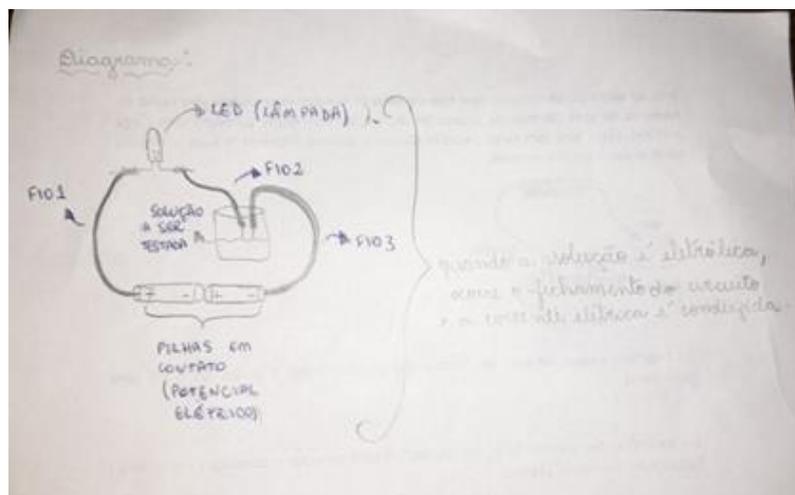


Fonte: Acervo do autor (2024).

A Figura 25 refere-se a uma resposta dos pós teste, na qual o aluno reconhece a necessidade da existência de um circuito elétrico fechado para que a lâmpada acenda.

Nas respostas dadas pelos vários grupos, ficou evidente que os alunos conseguem identificar os dispositivos elétricos necessários à construção do circuito elétrico, bem como a sua respectiva função no circuito elétrico.

**Figura 25:** Resposta de um dos grupos de estudantes

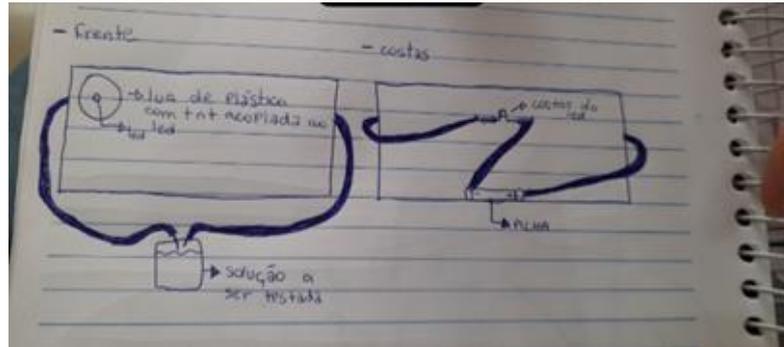


Fonte: figura do acervo do autor, 2024.

A terceira questão (Figura 26) tinha como proposta avaliar se os alunos sabiam representar por diagrama um circuito elétrico e a distinção entre os dois tipos de associações (série e paralelo).

Ao analisar as conclusões dos vários grupos é perceptível que os alunos distinguem entre os dois tipos de associação e conseguem distinguir circuito elétrico aberto de circuito elétrico fechado.

**Figura 26:** Diagrama de circuito elétrico feito pelos alunos



Fonte: Acervo do autor (2024)

Na quarta questão os alunos realizaram a investigação, fazendo uso do dispositivo, para identificar as soluções eletrolíticas. Durante a execução da atividade, percebeu-se uma grande expectativa quanto ao fato de a lâmpada acender ou não. A Figura 27, apresenta o relatório de um dos grupos.

Figura 27- A luz acende ou não nas soluções eletrolíticas?



Fonte: Acervo do autor (2024).

No relatório ilustrado na Figura 27, o grupo apresenta primeiro a discussão da ação investigativa da SECI, estruturando uma tabela em que apresenta a solução da atividade de testagem das soluções eletrolíticas.

Esse grupo, em especial, perguntou sobre a questão de conduzir ou não corrente elétrica. Foi dito ao grupo com outra pergunta: quando uma solução é capaz

de conduzir corrente elétrica? Depois de dialogarmos concluímos que a corrente elétrica é o fluxo ordenado de elétrons, ou seja, os elétrons se movimentando de um polo a outro. Para isso acontecer, duas coisas são fundamentais: polos de cargas distintas, capazes de atrair os elétrons e um meio de propagação que permita sua passagem. Assim, as soluções eletrolíticas seriam o meio e o dispositivo eletrolítico o circuito elétrico, contendo os polos opostos.

Ainda na Figura 27, o mesmo grupo explica como construiu o dispositivo eletrolítico. Esse grupo optou por dar a explicação de forma discursiva, outros grupos optaram por fazer esquemas de circuitos elétricos (Figuras 20 e 22).

A quinta questão abordou a condutividade elétrica do leite e da água. A condutividade elétrica no leite pode indicar um quadro de mastite (é uma inflamação da glândula mamária, por atuação de microrganismos, causando acidez no leite). O leite em condições ideais não conduz corrente elétrica, contudo devido acidez isso ocorre. Outra possibilidade seria de condutividade elétrica do leite em função do uso de NaOH (Nickerson et al, 1998), o que configura a adulteração do leite. Antes do teste não era possível saber se o dispositivo eletrolítico desenvolvido seria sensível e confiável suficientemente para fazer esta detecção.

Em relação à análise da amostra com leite não foi possível verificar qualquer alteração em nenhum dos grupos, contudo na ocasião da roda de conversa discutimos acerca da problemática do leite bovino, com um viés interdisciplinar, falando sobre os ambientes com excesso de substâncias oxidantes (ambiente com excesso de íons  $H^+$ , propenso a condução de corrente elétrica, ou seja, que o leite não deve ser consumido). Também discutimos sobre conceitos simples sobre acidez e alcalinidade, e que esses aspectos também podem ser tratados quando avaliamos se uma solução conduz ou não corrente elétrica.

Tanto as substâncias ácidas (excesso de íons  $H^+$ ) quanto as alcalinas (excesso de íons  $OH^-$ ) podem conduzir corrente elétrica. Isso irá depender se há ou não alta concentração desses eletrólitos dissolvidos em suas respectivas soluções. O objetivo específico foi executar as seguintes ações:

- Selecionar experimentos de ciências para o estudo da condutividade elétrica em soluções eletrolíticas;
- Empregar experimentos de baixo custo que estimulem os estudantes a pensarem;

- Elaborar uma sequência de ensino por investigação em turmas do 2º ano do NEM;
- Analisar o efeito da metodologia proposta na aprendizagem do conteúdo pelos estudantes.

No caso da água (Figura 28) foi possível perceber em alguns casos a atividade eletrolítica em amostras oriundas das residências dos alunos. Durante o teste, um dos alunos reportou a uma experiência já ocorrida em sala de aula, executada pelo professor, com água salgada, na qual a lâmpada também acendia. Foi sugerido que ele obtivesse um pouco de sal na cozinha da escola, misturasse em uma amostra de água e realizasse o teste. Foi evidenciado que a lâmpada acendia com mais intensidade. Neste caso, junto com a classe, chegamos à conclusão de que a maior intensidade do brilho da lâmpada se dava pela maior presença de íons dissolvidos na água e que isso era característico de substâncias iônicas.

Do ponto de vista da Química, as soluções de natureza iônica deveriam conduzir corrente elétrica. Explorando um pouco mais o tema foi explicado que a água salgada apresenta ação antimicrobiana e sanitizadora, e com a ação de corrente elétrica associada a membranas seletivas e à presença de substâncias oxidantes (certo percentual de NaOH formado em solução entre o NaCl e a água) são utilizadas na indústria como agentes sanitizantes de carnes nos frigoríficos bovinos (Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal - MS/2024).

Durante a realização da SECI foi questionado se o dispositivo eletrolítico utilizado para indicar condutividade elétrica poderia ser considerado um circuito elétrico? Neste momento, notamos que esse fato quase passou despercebido por boa parte dos alunos

Que aquele dispositivo, composto por pilha ou bateria (dependendo do modelo de dispositivo que cada confeccionou), conectada por fios (eletrodos) a uma lâmpada, nada mais é do que um circuito elétrico simples. Este fato demonstra a importância das atividades práticas nas aulas de física, para que os alunos possam fazer a correlação entre aquilo que eles estudam na teoria e sua materialização na prática.

Durante a roda de conversa, ficamos cerca de 30 minutos em vários aspectos dos polos positivo e negativo do circuito, e que, dependendo da disciplina, esses polos podem ser nomeados como eletrodos o Anodo e Catodo. Esse tipo de discussão abre brechas para se explorar o conteúdo de forma interdisciplinar. Foi esclarecido que na reação química que envolve a eletrólise o Catodo seria o polo negativo (onde ocorre

a redução, ganho de elétrons) ou eletrodo negativo, enquanto o Ânodo (onde ocorre a oxidação, perda de elétrons) o polo positivo ou eletrodo positivo.

**Figura 28:** teste com água doméstica



Fonte: Acervo do autor (2024)

Durante a execução dos experimentos, alguns grupos consideraram como problema a formação de bolhas nas soluções que eram investigadas com o dispositivo eletrolítico. Nesse momento, foi possível explorar o processo de eletrólise da água, de forma interdisciplinar. As bolhas formadas consistem na decomposição da molécula da água em seus íons constituintes (hidrogênio e oxigênio). Essa reação foi descrita por Alessandro Volta (1800) e outros estudiosos da época.

Pudemos também explorar o tema de forma transdisciplinar, uma vez que a eletrólise da água é um processo de baixo custo para obtenção de hidrogênio na indústria. A Figura 29 ilustra o momento em que as bolhas foram percebidas nas pontas dos fios (eletrodos + e<sup>-</sup>).

**Figura 29:** formação de bolhas na vizinhança dos fios



Fonte: Acervo do autor (2024).

Uma parcela significativa de alunos tinha a opinião de que para a experiência dar certo era necessário o acendimento da lâmpada. Essa expectativa fez surgir questões do tipo: “*Se os elétrons são livres, por que é necessário usar a bateria?*” Essa inquietação também foi tema da roda de conversa realizada ao final da SECI.

Discutimos sobre a necessidade de a bateria direcionar o fluxo de elétrons, porque estes movimentam-se aleatoriamente, a partir do estabelecimento da corrente elétrica. Quando foi realizada a testagem nas soluções, aquelas que apresentavam íons livres em quantidade suficiente conseguiam efetivamente proporcionar a condutividade necessária para o estabelecimento da corrente elétrica, fazendo acender a lâmpada. Nos casos em que isso não ocorria, a lâmpada não acenderia, ou seja, a solução não apresentaria íons suficientes para prover a corrente elétrica.

Ao longo do desenvolvimento da atividade investigativa, os estudantes tiveram a oportunidade de formular hipóteses, de planejar e de construir o dispositivo eletrolítico indicador de condutividade elétrica (Figuras 19,20 e 21) com materiais de baixo custo e de fácil aquisição.

Em todo desdobramento da ação percebeu-se a interação não só entre os grupos, mas da turma como um todo. Observamos que durante o preparo das soluções, Figura 20, um grupo cedia material para o outro grupo, contudo todos fizeram suas próprias soluções.

Houve registro das atividades investigativas experimentais no relatório preestabelecido (Apêndice B), além de fotos e mídias desenvolvidas durante a SECI. Dessa forma, cada grupo teria elementos para reflexão e apontamentos sobre o trabalho desenvolvido.

Os saberes sobre corrente elétrica, condutores e isolantes, circuitos, soluções eletrolíticas, baterias, células eletrolíticas e suas conexões com nosso cotidiano. Havia sempre uma grande curiosidade sobre qual seria o comportamento da substância nos testes eletrolíticos. A Figura 30 ilustra os alunos realizando os testes.

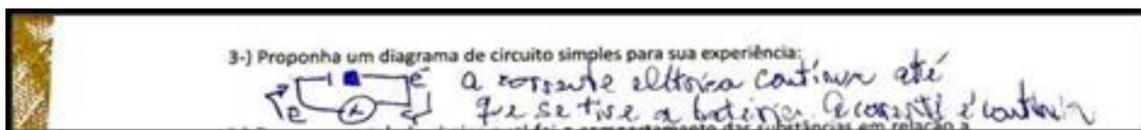
**Figura 30:** Estudantes realizando testes

Fonte: Acervo do autor (2024).

Os resultados indicam que os alunos conseguiram, mesmo que de forma inicial, desenvolver competências e habilidades mais significativas e alinhadas à experiência cotidiana do aluno. A transdisciplinaridade e a interdisciplinaridade ocorreram de forma espontânea no processo formativo, na medida que conceitos como eletrólise, eletrólitos, corrente elétrica, circuito elétrico, eletrodinâmica foram surgindo e se entrelaçando.

Essa constatação se deve ao fato de alguns grupos de alunos perguntarem se o número de vezes que o dispositivo eletrolítico foi usado não afetaria sua eficiência na indicação se há ou não condução de corrente elétrica (se ascendia com maior dificuldade caso fosse muito utilizado). Discutimos sobre isso na roda de conversa, chegando à conclusão de que a eficiência do dispositivo eletrolítico só estaria comprometida após muitas horas ininterruptas de atividade contínua e que esse não era o caso.

A Figura 31 traz uma das respostas contidas nos relatórios, destacando que alguns alunos não conseguiram assimilar de forma clara que a corrente elétrica se conserva durante o funcionamento do dispositivo eletrolítico.

**Figura 31:** Resposta em que o aluno não consegue assimilar a conservação da corrente elétrica

Fonte: Acervo do autor (2024).

Para esse grupo, em particular, foi perguntado se quando se analisava uma solução eletrolítica e esta não acendia a lâmpada, qual seria o motivo?

Um dos alunos disse que não haveria corrente elétrica, porque o dispositivo não funcionou. Diante dessa resposta, solicitei que o respectivo grupo levasse essa

questão para roda de conversa, para que pudéssemos discutir sobre a necessidade de íons livres presentes nas soluções para que a corrente elétrica pudesse se estabelecer. Assim, os estudantes concluíram que quando a lâmpada não acendia, poderia ser porque a solução não tinha íons livres suficientes para conduzir corrente necessária para o acendimento da lâmpada.

Em relação à condutividade elétrica (Figura 28 e 32), nos resultados obtidos no pré-teste verificou-se que os alunos não diferenciavam de forma clara o conceito condutor e isolantes elétricos, visto que poucos alunos mencionaram esses conceitos. Contudo, depois da intervenção verificou-se que grande parte dos alunos conseguiu conceber os conceitos relativos à condução elétrica, em função do emprego de soluções eletrolíticas. As Figuras 16, 21 e 27 exemplificam esta observação.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante o exposto, é possível afirmar que a metodologia de investigação aplicada neste estudo, além de promover um conjunto significativo de competências e habilidades ( perceber a interdisciplinaridade entre os conceitos químicos e físicos empregados na SEIC, fazer conexões com elementos presentes no cotidiano, como os circuitos elétricos presentes nas residências, nos aparelhos domésticos, água como possível condutora de eletricidade e as questões a respeito do leite).

Houve mudança nas concepções alternativas dos alunos sobre corrente elétrica, circuitos elétricos, condutividade elétrica e soluções eletrolíticas (falta número de alunos) .

Os fenômenos físicos e químicos abordados são de origem microscópica, envolvendo um elevado grau de abstração para sua discussão e compreensão. Dessa forma, entendemos que a SECI, com o uso do dispositivo eletrolítico, ajudou os estudantes a alcançarem o esclarecimento dos conceitos abordados na atividade.

Apesar de haver muitos experimentos a respeito de pilhas descritos na literatura, os procedimentos simples adotados na SECI apresentam algumas vantagens. As montagens feitas pelos alunos, além de utilizarem materiais de fácil acesso e baixo custo, permitem mostrar de maneira simples e lúdica os elementos essenciais para a confeccionar um dispositivo capaz de averiguar a presença de corrente elétrica ou não em soluções eletrolíticas. Isso possibilita o confronto e a articulação de conceitos e princípios, geralmente desconectados, da Física e da Química, a partir de discussões ocasionadas em reflexões coletivas, ocorridas durante a SECI.

No que se refere ao conceito de circuito elétrico, constatou-se que os alunos que indicavam que apenas era necessário o contato entre a pilha e lâmpada, para que esta acendesse, conseguiram ultrapassar essa concepção, estruturando de forma consistente o conceito de corrente elétrica, circuito elétrico e que a solução eletrolítica, na qual se ambientou os estudos, é um meio líquido capaz de conduzir a corrente elétrica em virtude da presença de eletrólitos em quantidade apreciável.

Com isso, é possível prover uma aprendizagem dialógica e com continuidade, pois as extrapolações transdisciplinares alcançadas servem como eixos formativos, na medida que favorecem a interdisciplinaridade iniciada na SECI, por meio das

discussões a respeito do emprego do dispositivo eletrolítico para exames da qualidade do leite e da água, por exemplo.

Apesar dos resultados positivos relativos à SECI, observamos que alguns alunos ainda mantiveram a concepção de que a corrente elétrica vai sendo consumida pelas baterias. A partir dos resultados observados, cabe-nos reforçar que mesmo atividades simples, de uso corriqueiro em sala de aula, podem ser potencializadas pelo uso de metodologias adequadas, sem a necessidade de infraestruturas específicas, como os laboratórios didáticos.

É possível concluir que o uso do experimento como atividade pedagógica mostrou um viés de aprendizagem fora dos livros didáticos, esse tipo de atividade teve uma boa receptividade e de acordo com a análise dos relatórios e registros digitais houve, ainda que de forma discreta, construção de saberes.

Como professor da Educação Básica, ao longo de duas décadas de magistério sempre com 40 aulas semanais ou mais, percebi que estruturar aulas, de forma contínua ao longo dos 200 dias letivos, requer mais que explanações orais e práticas experimentais de investigação científica. Entendi que é fundamental explorar um amplo espectro de faculdades como a curiosidade, a astúcia, o protagonismo e o cooperativismo entre os estudantes, desde a tradicional divisão das tarefas, que vai indicar quem vai trazer o quê e o que cada um vai fazer na prática, até o momento em que eles vão externalizar seus aprendizados a partir do estímulo do professor.

O desenvolvimento do produto educacional, mostrou também que as dúvidas que os estudantes apresentam são expressões naturais do processo de aprendizagem, seja no momento de montagem do aparato eletrolítico, ou na descrição de algum resultado.

Por fim, considero que cursar o MNPEF dinamizou minha práxis educativa entre o investigativo/experimental e a tradição didática dos currículos e livros didáticos escolares. Considero que esse novo enfoque proporcionado pela compreensão da importância do planejamento das sequências de ensino, como a SECI, torna-se um marco na minha profissão e no meu ato de ensinar.

## REFERÊNCIAS

ARROYO, M. G. **Currículo, território em disputa**. - 8ª reimpressão 5. ed. - Petrópolis, RJ: Vozes, 2019.

ARRUDA, Rodrigo Sinigaglia. **BNCC e ensino de física: a incógnita do ensino interdisciplinar**. 2022.

ASSIS, André Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, 2010.

ATKINS, P. **Físico-Química**, Vol. 1. Sétima edição. Editora LTC, 2002.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [s.l.], v. 31, n. 1, p.30-59, 25 nov. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

BOSS, Sergio Luiz Bragatto. **Ensino de eletrostática: a história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunções**. 2009.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 15 ago. 2023

BRASIL. Lei nº 13005, de 25 de junho de 2014. **Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República, 2014. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm). Acesso em: 24 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular. Educação é a Base. Brasília, DF, 2018**. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 17 mai. 2023.

BRASIL. Decreto nº 9.191, de 1º de novembro de 2017. Estabelece as normas e as diretrizes para elaboração, redação, alteração, consolidação e encaminhamento de propostas de atos normativos ao Presidente da República pelos Ministros de Estado. **Portal da Legislação**, Brasília, 1 nov. 2017d. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9191.htm#art59](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9191.htm#art59)>. Acesso em: 13 dez. 2017.

BRASIL. **Lei n. 9.424, de 24 de dezembro de 1996**. Dispõe sobre o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério, na forma prevista no art. 60, § 7º, do Ato das Disposições Constitucionais

Transitórias e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 26 dez. 1996.

BRAMLEY, A. J.; CULLOR, J. S.; ERSKINE, R. J.; FOX, L. K.; HARMON, R. J.; HOGAN, J. S.; NICKERSON, S. C.; OLIVER, S. P.; SMITH, K. L.; SORDILLO, L. M. **Current concepts of bovine mastitis**. 4th ed. Madison: National Mastitis Council, 1998.

CARVALHO, A. M. P. (2013) **Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In Carvalho, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. (pp. 1–20). São Paulo, SP: Cengage Learning.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. **Ensino de Física por Investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura**. Ensino em Revista, [s.l.], v. 22, n. 2, p.249-266, 15 dez. 2015. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia.

Carvalho, A. M. P., Oliveira, C., Sasserón, L. H., Sedano L., & Batistoni M. (2011) **Investigar e Aprender Ciências**, 5 volumes, São Paulo: Editora Sarandi.

DAMIANI, M. F. et al. **Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica**. Cadernos de educação, n. 45, p. 57–67, 2013.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo – SP: Editora Cortez, 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, 2005, p. 125–150

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DELIZOICOV, D.; MUENCHEN, C. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”**. Ciência & Educação (Bauru), v. 20, n. 3, 2014.

DO SUL, MATO GROSSO. Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal. **Cadastro de agrotóxicos: Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: IAGRO**, 2004.

FREIBERG, H. L. (2015). Dissertação (Mestrado em Educação), **Elementos catalisadores para a promoção da negociação de sentidos**. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

FREIRE, P. A alfabetização como elemento de formação da cidadania. **Obra de Paulo Freire; Série Eventos**, 1987.

FREIRE, P. Educação “bancária” e educação libertadora. **Introdução à psicologia escolar**, v. 3, p. 61-78, 1997.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. **Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a Educação em Ciências**. *Ciência & Educação*, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. [S.l.]: Plageder, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2010, 184p.

GOODSON, I. F. **Currículo: teoria e história**. São Paulo: Vozes, 2008.

GUIMARÃES, Y.; GIORDAN, M. **Elementos para validação de sequências didáticas**. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, v. 9, p. 1–8, 2013.

Honorato, M. A. e Mion, R. A. **A importância da Problematização na Construção e na Aquisição do Conhecimento Científico pelo Sujeito**. In: VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, novembro 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC, Florianópolis, ABRAPEC, nov. 2009. 12p.

HNEDA, José Felipe et al. **Abordagem do conceito de campo elétrico numa perspectiva de aprendizagem significativa por meio de uma sequência didática**. Dissertação do MNPEF/UEPG, 2022.

HOSOUME, Y.; MARTINS, M. I. O Ensino de Física à luz dos livros didáticos (Da Reforma Capanema à Lei 5692/1971). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. e20210287, 2022.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. **O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional**. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 3, p. 721-734, 2011.

LONGINO, H. E. (1990). **Science as social knowledge: values and objectivity in science inquiry**. Princeton: Princeton University Press.

LOPES, A. C. **Políticas de Integração curricular**. Editora: UERJ, Rio de Janeiro, 2008, p. 63 - 90.

LOPES, A. C.; MACEDO, Elizabeth. **Teorias de currículo**. Cortez, São Paulo, 2011, p.19-42, 123-140.

MACHADO, V. F., & SASSERON, L. H. (2012). **As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12(1), p. 29–44.

MACHADO, V. F., & SASSERON, L. H. (2012). **As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 12(1), p. 29–44.

MORAES, A. M. E MORAES, I. J. (2000). **"A avaliação conceitual de força e movimento"**. Rev. Bras. Ens. Fís., 22 (2): 232-246.

MOREIRA, M. A; Axt, R. (1992). **"O papel da Experimentação no Ensino de Ciências"**, Tópicos em Ensino de Ciência, São Paulo Distribuidora, São Paulo.

MOREIRA, A. F.; SILVA, T. T. (Org.). **Currículo, cultura e sociedade**. 8.ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. (2006) **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. São Paulo: Centauro Editora. 2ª edição.

MOREIRA, Antonio Flávio Barbosa. Currículo e gestão: propondo uma parceria. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 21, p. 547-562, 2013.

MOREIRA, A. F. B. **Currículo e gestão: propondo uma parceria. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v.21, n. 80, p. 547-562, jul./set. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362013000300009>. 9 jan. 2022.

MOREIRA, A. F. B. **Formação de professores e currículo: questões em debate. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v.29, n.110, p.35-50, jan./mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002802992>. 9 jan. 2021.

MOREIRA, Marco Antônio. **Desafios no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 1-17, 2021. **eletromagnetismo e física moderna**. 2011.

MOURA, Dante Henrique. **Educação básica e educação profissional e tecnológica: dualidade histórica e perspectivas de integração**. 2007 [em linha]. 2011.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. **A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos**. Revista Ensaio: Belo Horizonte, v. 14, nº 3, p.199-215, 2012.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física"**. Ciência. Educ., Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

NICKERSON, S.C. **Programas de vacunacion para controlar la mastitis**. In: **Memorias del congreso panamericano de control de mastitis y calidad de la leche**, 1998. Merida. Anais. Merida, 1998, p.130.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. **Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [s.l.], v. 17,

n. 2, p.551-577, 31 ago. 2017. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência. <http://dx.doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172551>.

PEREIRA, M. V.; DO AMARAL MOREIRA, Maria Cristina. **Atividades práticas experimentais no ensino de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017.

PINHO-ALVES, J. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

ROSSI, A. V, PETERMAN, M. Z. **Condutividade elétrica de alguns materiais**; 2015.

RUSSEL, J. W.; HOLUM, J. R.; **Química, a matéria e suas transformações, vol. 1 e 2, 3ª Ed.**, LTC, 2002.

SACRISTÁN, J. G.; GÓMEZ, A. I. P. **Compreender e transformar o ensino**. Trad. Ernani F. da Fonseca Rosa. 4.ed. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

SARTORI, Elen R. et al. **Construção de uma célula eletrolítica para o ensino de eletrólise a partir de materiais de baixo custo**. Química nova na escola, v. 35, n. 2, p. 107-111, 2013.

SASSERON, L., H. **Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física**. CARVALHO, AMP et al. Ensino de Física. São Paulo: **Cengage Learning**, p. 1-27, 2010.

SASSERON, L. H., & CARVALHO, A. M. P. (2018). **Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo**, *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), p.333–352.

SASSERON, L. H. (2015). **Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola**, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(no. Especial), p.49–67.

SILVA, Odaia Belucci da et al. **Uma proposta de sequência didática para inserção do ensino de ciências por investigação nas aulas de física para as turmas do segundo ano do ensino médio**. UFSC,2023.

Silva, L.F. (2006). **Perspectivas para o desenvolvimento profissional do professor da educação básica**. In: Inforsato, E.C. et alii (Ed.). **Necessidades Emergentes da Sociedade do Conhecimento para a Formação do Educador: Mitos e Desafios**. Atas Eletrônicas... Araraquara-SP.

SOLINO, Ana Paula; GEHLEN, Simoni Tormöhlen. **Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas**. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 19, n. 1, p. 141-162, 2014.

SOLINO, A. P. (2014). Tese (Doutorado em Educação), **Problemas potenciais significadores em aulas investigativas: contribuições da perspectiva**

**histórico-cultural.** Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa.** 5 ed. Mestre Jou, 1981.

YOUNG, HUGH D.; FREEDMAN, ROGER A. **Sears & Zemansky Física III: eletromagnetismo.** 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. volume 3. 425p.

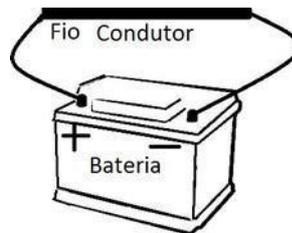
SOUZA, T. N. (2015). Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Engajamento **disciplinar produtivo e o ensino por investigação: estudo de caso em aulas de Física no Ensino Médio.** Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa.** 5 ed. Mestre Jou, 1981.

YOUNG, HUGH D.; FREEDMAN, ROGER A. **Sears & Zemansky Física III: eletromagnetismo.** 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. volume 3. 425p.

**APÊNDICE A - PRÉ-TESTE – 01**

**Questão 01 – Um fio condutor é conectado aos terminais de uma bateria, conforme a figura abaixo.**



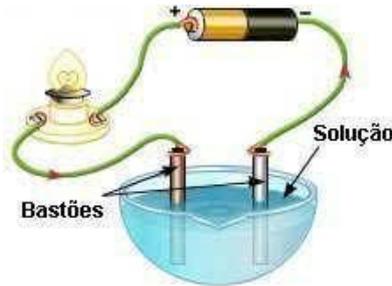
- a) Qual a orientação do campo elétrico estabelecido no fio condutor?
- b) Que tipos de partículas se movimentarão no fio condutor?
- c) Qual o conceito de corrente elétrica, observando o modelo de ligação da figura?
- d) Qual será o sentido convencional da corrente elétrica?

**Questão 02 – A respeito da corrente elétrica responda os itens a seguir.**

- a) Quais as condições necessárias para se estabelecer uma corrente elétrica?
- b) Qual é a unidade de medida de corrente elétrica pelo Sistema Internacional (S.I.)?
- c) Quais são as partículas portadoras de cargas elétricas em condutores líquidos e gasosos?
- d) Os prótons e nêutrons podem ser considerados como portadores de carga em uma corrente elétrica? Por quê?

## APÊNDICE B - RELATÓRIO SEI

Solução iônica ou eletrolítica: esse tipo de solução conduz eletricidade, em razão da presença de íons (átomos ou grupos de átomos de elementos químicos com carga elétrica). Esses íons com carga negativa (ânion) e positiva (cátions) fecham o circuito elétrico conduzindo a corrente.



- 1) Descreva abaixo (através de fotos e explicações) como o grupo fez o kit para experiência.
- 2) Descreva abaixo como ficou seu dispositivo para detectar a condução eletrolítica (fotos e funcionamento prático)
- 3) Como os íons em solução conduzem eletricidade?
- 4) Proponha um diagrama de circuito simples para sua experiência.
- 5) Descreva na tabela abaixo qual foi o comportamento das substâncias em relação a condução eletrolítica nas soluções.

SOLUÇÃO	ELETROLÍTICA	NÃO-ELETROLÍTICA

- 6) Qual o papel da condutividade eletrolítica na análise da água e do leite? Descreva e explique com suas palavras. (fotos mais explicações)

Grupo:

Data:

**APÊNDICE C - MANUAL DO PRODUTO EDUCACIONAL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**LIDIO MARCOS DE SOUZA DAMASCENO**

**Sequência de ensino de cunho investigativo para explorar a condutividade elétrica em soluções eletrolíticas**

Juiz de Fora

2024

LIDIO MARCOS DE SOUZA DAMASCENO

PRODUTO EDUCACIONAL

**Sequência de ensino investigativo para explorar a condutividade elétrica em soluções eletrolíticas**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação Laboratório de ciências para o novo ensino médio: explorando a condutividade elétrica em soluções eletrolíticas desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 – UFJF / IF Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo H. D. Menezes

Juiz de Fora  
2024

## SUMÁRIO

PREFÁCIO.....	4
1. TÓPICOS De ELETRICIDADE.....	5
1.1 EFEITO ÂMBAR.....	5
1.2 HISTÓRICO SOBRE ELETRICIDADE.....	6
1.3 CORRENTE ELÉTRICA.....	10
1.4 CONDUTIVIDADE E RESISTIVIDADE ELÉTRICA.....	11
1.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS.....	12
2. ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS.....	15
2.1 ARTICULAÇÃO ENTRE O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (ENCI) E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS (3MP).....	15
2.2 SEQUÊNCIA DE ENSINO DE CUNHO INVESTIGATIVO (SECI).....	16
2.2.1 Aplicação da SECI.....	16
2.2.2 Descrição da sequência de ensino investigativo aula por aula.....	17
2.2.3 Abordagem conceitual e proposição do problema - aulas 01 e 02.....	18
2.2.4 Execução das atividades - aulas 3 e 4.....	18
2.2.5 Resolução: conexão entre as hipóteses formuladas e o conhecimento adquirido - aulas 5 e 6.....	19
2.2.6 Parâmetros para análise da SECI.....	19
3. ATIVIDADE PRÁTICA - CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO PARA DETECÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA E TESTAGEM DAS SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS.....	21
3.1 procedimento de montagem.....	22
3.2 Preparo das soluções.....	22
3.3 Testagem das substâncias.....	23
4. COMPREENDENDO AS SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS NUMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR.....	25
REFERÊNCIAS.....	27
APÊNDICE A - PRÉ-TESTE – 01.....	29
APÊNDICE B - RELATÓRIO SEI.....	30

## PREFÁCIO

Neste trabalho, apresentamos ao colega professor uma sequência de ensino investigativo para abordar questões relacionadas à condutividade elétrica em soluções eletrolíticas. Para isso, foi elaborado um dispositivo eletrolítico para verificação de condutividade elétrica, sendo este material didático de potencial significativo no ensino de eletricidade. Este produto compreende um manual de com orientações sobre a metodologia adotada e um guia para a construção do dispositivo. A proposta foi elaborada para aplicação no Novo Ensino Médio (NEM), numa perspectiva interdisciplinar, abordando conteúdos de física e de química, e pode ser adequada também ao Ensino Fundamental. O dispositivo surgiu da necessidade de se ter instrumentos educacionais capazes de auxiliar o trabalho do professor no ensino de física de forma simples e prática em sala de aula. Essa ferramenta possibilita a investigação a respeito da natureza das soluções eletrolíticas, se estas são ou não capazes de conduzir corrente elétrica, ajudando a compreender as características físico-químicas associadas a essas substâncias. Com isso, pretende-se tornar mais concreto para os estudantes o estudo de conteúdos relacionados à carga elétrica, circuitos elétricos simples, condutores, isolantes elétricos e soluções eletrolíticas. Por ser um dispositivo compacto, este pode ser facilmente carregado de uma sala para outra, além da possibilidade de ser construído pelos próprios estudantes. Inicialmente apresentamos as bases teóricas do ensino por investigação e da sequência de ensino investigativo (SECI) que devem orientar a aplicação do dispositivo. Depois o leitor terá acesso ao manual de construção do dispositivo, propriamente dito. Na sequência apresentamos uma proposta didática para explorá-lo em sala de aula, seguida da sugestão de alguns parâmetros para análise do aprendizado dos estudantes. Esperamos que este material possa contribuir para sua prática educativa.

## 1. TÓPICOS DE ELETRICIDADE

Iniciamos este capítulo com uma breve contextualização histórica da eletricidade no âmbito das ciências da natureza. A palavra eletricidade tem como origem o termo *elektron* que em latim quer dizer âmbar, alusivo aos primeiros estudos sobre os fenômenos de eletrização ocorridos em experimentos em que se atritavam a resina fossilizada de origem vegetal e a lã de carneiro.

Atualmente, no contexto do ensino de física, o conteúdo de eletricidade consiste no estudo das cargas elétricas e na condução dos elétrons no âmbito da matéria. Esse fenômeno, o da condução, por sua vez é dependente de outros fatores, como por exemplo: se o corpo é um condutor ou isolante, do estabelecimento de um campo elétrico (fenômeno causado por ação de cargas elétricas que exercem força sobre outro corpo num determinado espaço), do potencial elétrico (o poder do campo elétrico de realizar trabalho) e ainda outras variáveis como corrente elétrica, resistividade elétrica, condutividade elétrica, condutividade elétrica em soluções eletrolíticas.

### 1.1 EFEITO ÂMBAR

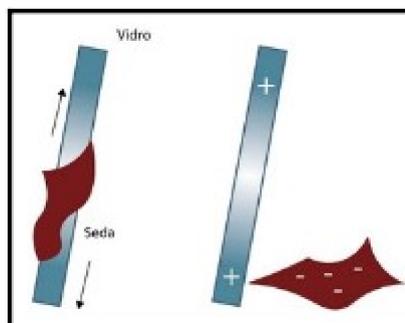
Antes de descrever o efeito âmbar, é importante salientar que todas as citações relacionando Tales Mileto e outros estudiosos gregos da antiguidade têm sua origem em um trabalho de Diógenes Laércio, biógrafo, que viveu por volta do terceiro século d.C. Segundo Assis (2010), desde Platão (aproximadamente 428-348 a.C.), pelo menos, já era sabido que o âmbar (seiva de planta fossilizada) atritado com lã de carneiro atrairia corpos leves colocados em suas redondezas (efeito âmbar). O diálogo de Timeu Platão exprime o efeito âmbar:

[...] para a queda do raio, para os fenômenos maravilhosos de atração, produzidos pelo âmbar e pelas pedras de Heracleia. Em nenhum desses efeitos jamais, em verdade, existe virtude atrativa. Mas como nada é vazio, como todos esses corpos impelem-se em círculo uns aos outros, espaçando-se e aproximando-se, todos trocam simplesmente de lugar, para voltar cada um finalmente a seu lugar próprio, e pelo efeito de todas essas ações combinadas umas com as outras que se produzem todos esses fenômenos misteriosos, [...] (Hneda, 2022, p. 24)

Ainda na antiga Grécia há referências históricas de que os estudos sobre os princípios de eletrização foram iniciados por Tales de Mileto (filósofo e matemático grego, viveu entre 624 a.C. — 546 a.C.) e que este realizou estudos com âmbar.

Assis (2010) afirma também que Platão não menciona quem foi o estudioso que observou o efeito âmbar primeiro, mas este filósofo indica Tales de Mileto como um dos sete sábios da antiguidade em um de seus diálogos (Protágoras). Platão também aponta em sua obra a possibilidade de associação entre o efeito âmbar e as pedras de Heracleia ou de Magnésia (ímã natural). Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) e outros filósofos afirmavam que, julgando a partir do comportamento do ímã e do âmbar, Tales Mileto acabou por atribuir uma alma para corpos inanimados. A Figura 1 ilustra o processo de eletrização por atrito entre uma barra de vidro e um pedaço de seda.

Figura 1 - eletrização por atrito



Fonte: <https://images.app.goo.gl/QdFbqVUQKkkyLftHA>, acesso em 14/04/2024

Ao esfregar o vidro na seda, nota-se que esse material adquire a capacidade de atrair pequenas coisas como palha e outros materiais leves. De acordo com a série triboelétrica (tabela simplificada que indica se os corpos eletrizados ficaram com excesso de carga ou com deficit de carga elétrica), o vidro perde elétrons para a seda. Por isso, ele atrai outros materiais, até que retorne à sua condição de estabilidade, na qual o número de cargas positivas e negativas são iguais.

## 1.2 HISTÓRICO SOBRE ELETRICIDADE

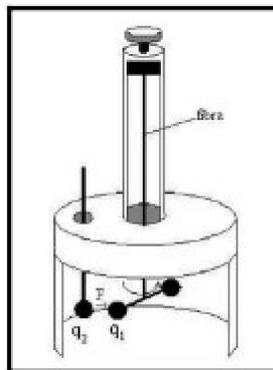
O renascentista Girolamo Cardano (1501-1576), médico, matemático, astrólogo e mago, em 1550 percebeu a diferença entre os fenômenos elétricos e magnéticos. No entanto, foi apenas em 1600, que o médico inglês Willian Gilbert (1544-1603) publicou seu tratado, de título “O Magneto”.

Nos seis livros que relatam esse tratado, reuniu informações experimentais sobre fenômenos elétricos e magnéticos. Ao descrever suas observações, Gilbert mostrou que esses dois fenômenos eram diferentes. Ele percebeu que um ímã apresentava um “*effluvium magnético*” ao seu redor, e que os “raios” (elétricos ou

magnéticos) partiam do centro dos corpos em todas as direções agindo sobre os corpos vizinhos e os influenciando. Em vista disso, Gilbert é considerado precursor do conceito de “campo” (elétrico e magnético).

Segundo Boss (2007) os estudiosos do século XVII e início do século XVIII encontravam-se intrigados com a eletrização por atrito, formação de centelhas e os efeitos de uma atmosfera úmida. Nessa ocasião não se tinha clareza acerca dos fenômenos relacionados à eletrostática. O francês Charles Augustin Coulomb, que trabalhou como engenheiro militar no exército francês, entre 1785 e 1791 realizou estudos sobre a interação entre cargas elétricas, usando balanças de torção para medir a intensidade das forças presentes nessas interações. Sua descoberta mais significativa foi justamente sobre a relação de dependência da força de interação entre cargas elétricas com o inverso do quadrado da distância que as separam, similar à lei de atração gravitacional descoberta por Isaac Newton (Moura, 2011). A Figura 2 ilustra a balança de torção utilizada por Coulomb.

Figura 2 - balança de torção

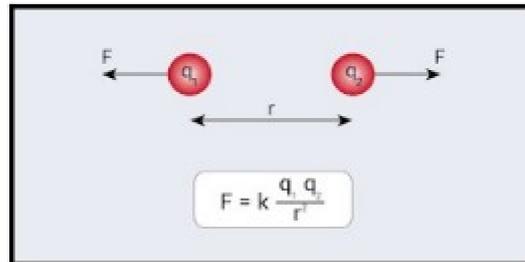


Fonte: <https://images.app.goo.gl/nXhbW8k1np98nNys5>, acesso em 14/04/2024

Dessa forma, Coulomb, relacionando a interação entre duas partículas carregadas (cargas pontuais) com intensidade de carga  $q_1$  e  $q_2$  separadas por uma distância  $r$ , estabeleceu a conhecida Lei de Coulomb.

A força eletrostática de atração ou repulsão entre as cargas pode ser calculada pela fórmula ilustrada na Figura 3, em  $9,1 \times 10^{+9} \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ .

Figura 3 - Lei de Coulomb



Fonte: <https://www.tecnolog.ind.br/content/39-a-lei-de-ohm>, acesso em 14/04/2024

Após este período, André-Marie Ampère (1775 — 1836) apresentou uma ideia inovadora: o conceito de eletricidade, com a distinção do que se conhecia como “eletrostático” e “eletrodinâmico” proposto em 1822.

Mesmo sendo Ampère o pioneiro neste conceito, foi Alexander Volta, ao construir a “bateria/pilha de Volta”, que constatou fisicamente o que passaria a ser tratado como “eletrodinâmica”, com uma fonte de energia armazenável. A Figura 4 apresenta uma ilustração da pilha de Volta.

Figura 4 - pilha de Volta



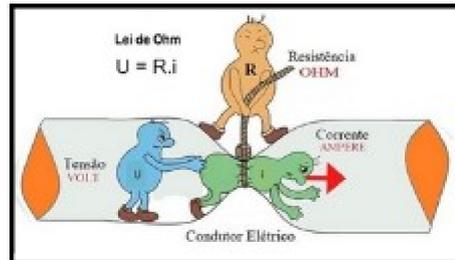
Fonte: <https://images.app.goo.gl/Qu6m2yJeufRYX8iN8>, acesso em 14/04/2024

Neste mesmo período, George Simon Ohm (1789 - 1854) executou experimentos com tensão, corrente elétrica e resistência elétrica, dessa forma estruturando as Leis de Ohm.

Nos idos de 1825 até 1827, estabeleceu experimentalmente que a intensidade da corrente elétrica em um condutor diminuía com o aumento do comprimento deste, e que aumentava quanto maior fosse a secção do elemento

condutor, assim relacionando matematicamente o fluxo elétrico em um circuito voltaico, e a respectiva capacidade condutora da pilha. Temos então o surgimento da lei de Ohm, que relaciona a tensão elétrica, a intensidade de corrente elétrica e a resistência elétrica. A Figura 5 apresenta uma ilustração figurativa dos estudos de Ohm.

Figura 5 - animação sobre os estudos de Ohm



Fonte: <https://images.app.goo.gl/NWhuLcjdFZzzpFcu8>, acesso em 14/04/2024

Os estudos de Ohm foram publicados em 1827, no livro “*Die galvanische kette mathematisch bearbeitet*” (O Circuito Galvânico Matematicamente Analisado - Mentas Elétricas, 2023). Entretanto, as conclusões de Ohm não receberam a devida seriedade, o que só ocorreu em 1841, quando Ohm recebeu a medalha Copley, correspondente ao atual prêmio Nobel.

A 1ª Lei de Ohm, afirma que, para um condutor mantido a temperatura constante, o quociente entre a tensão entre dois pontos e a corrente elétrica é constante. Essa foi uma lei construída experimentalmente, e deste princípio partir da qual se estabeleceu a resistência elétrica. A Figura 6 ilustra a 1ª Lei de Ohm.

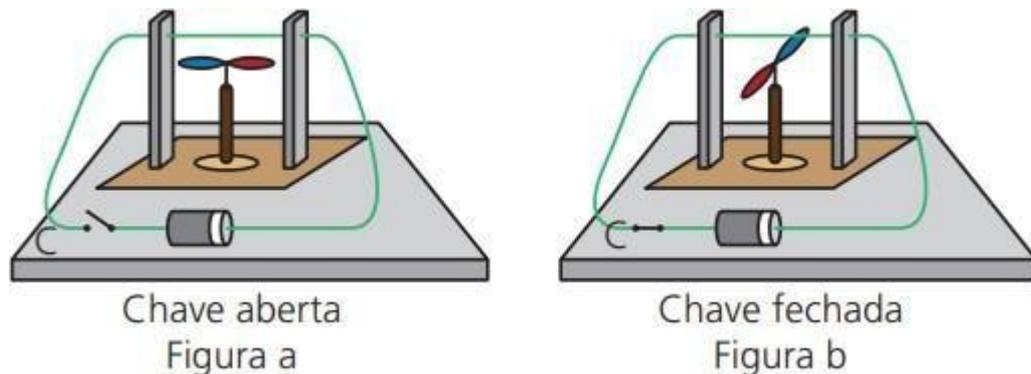
Figura 6- 1º Lei de Ohm



Fonte: <https://images.app.goo.gl/fJN5uv9pHKZEVyF5A>, acesso em 14/04/2024

Somente nos idos de 1820 pode-se obter uma prova experimental da similaridade entre as características dos comportamentos das substâncias carregadas eletricamente e dos ímãs. Este fato se deu quando o dinamarquês Hans Christian Oersted, ao aproximar uma bússola de um fio de arame que unia os dois polos de uma pilha elétrica, descobriu que a agulha imantada da bússola deixava de apontar para o norte, orientando-se em uma direção perpendicular ao arame. A Figura 7 ilustra o experimento de Oersted.

Figura 7 - Experimento de Oersted



Fonte: <https://images.app.goo.gl/MF2bn2rNp4wzUerX7>. Acesso 14/04/2024

Os trabalhos de Michael Faraday (1791-1867) físico e químico inglês tiveram uma robusta influência nos estudos do eletromagnetismo e eletroquímica. Suas descobertas abrangem os fundamentos da indução eletromagnética, diamagnetismo e eletrólise. Essa descoberta foi fundamental para a unificação da eletricidade com o magnetismo, que passariam a constituir um importante ramo da ciência: o eletromagnetismo.

Posteriormente, Jean Clerk Maxwell (1831 - 1879), estabeleceu um conjunto de equações matemáticas, denominadas de equações de Maxwell, unificando as manifestações elétricas magnéticas e ópticas em um mesmo fenômeno: o "Campo Eletromagnético".

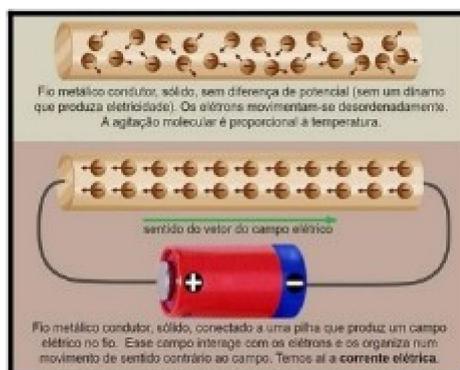
Maxwell demonstrou através do seu detalhamento teórico, que campos elétricos e magnéticos viajam pelo espaço como ondas, propagando-se a velocidade da luz, e que as forças elétricas e magnéticas possuem natureza análoga, ou seja, uma força elétrica em um determinado referencial pode se tornar magnética e vice-versa. Tais descobertas forneceram novas fronteiras aos conceitos físicos, originando os fundamentos para a relatividade e a mecânica quântica.

### 1.3 CORRENTE ELÉTRICA

Young e Freedman (2015), definem corrente elétrica como sendo qualquer movimento de carga de uma região para outra. Quando isso ocorre, ao longo do percurso que forma um circuito fechado, esse percurso recebe o nome de circuito elétrico. Nos circuitos constituídos por fios de metal, são os elétrons em liberdade que dão origem à corrente.

Os circuitos elétricos são responsáveis pela maioria das aplicações práticas da eletricidade, tais como: eletrônicos, lanternas, eletrodomésticos, entre outros. No circuito, os elétrons livres que estão sobre a força do campo elétrico se movimentaram no sentido do menor para o maior potencial, ou seja, sentido contrário ao do campo elétrico. Dessa maneira, o movimento dos elétrons dentro do condutor passa a ter um direcionamento. A Figura 8 apresenta a ilustração de um circuito elétrico.

Figura 8- Corrente elétrica em um circuito simples



Fonte: <https://images.app.goo.gl/w1sMZP5Bzd2tnbnt7>, acesso 14/04/20

A quantidade de carga elétrica que atravessa uma seção reta de um condutor num determinado intervalo de tempo é denominada intensidade de corrente elétrica. A intensidade da corrente elétrica ( $i$ ), é dada pela razão entre a quantidade de carga que atravessa a seção reta do condutor decorrido. A Figura 9 ilustra a equação para determinar a intensidade da corrente elétrica.

Figura 9 - Correlação entre intensidade elétrica e quantidade de carga elétrica

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

Fonte: <https://images.app.goo.gl/XCBDbAR7G9nD2S1V8>. Acesso em 14/04/2024.

Os elétrons e a corrente elétrica não são visíveis a olho nu, mas pode-se comprovar sua existência conectando, por exemplo, uma lâmpada a uma bateria. Entre os terminais do filamento da lâmpada existe diferença de potencial (tensão-força responsável pela movimentação de elétrons), causada pela bateria, o que faz circular uma corrente elétrica pela lâmpada que, portanto, irá brilhar (Rossi; Peterman, 2015).

#### 1.4 CONDUTIVIDADE E RESISTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica é uma característica muito importante dos materiais, muito apreciável nos metais. Quando submetidos a um campo elétrico, quanto mais facilmente seus elétrons livres fluírem, maior será a condutividade do material. Outro fator que influencia na condutividade de corrente é a densidade elétrica, essa pode ser definida como o fluxo de carga de uma seção transversal em um ponto específico do condutor, possuindo a mesma direção e velocidade das cargas em movimento se forem positivas, e contrário se negativas. Um condutor para ser considerado perfeito teria de possuir resistência elétrica igual a zero, já um isolante perfeito teria de ter resistência elétrica infinita. Os metais e ligas metálicas possuem baixa resistividade e conseqüentemente são os melhores condutores. O fator de proporcionalidade  $\rho$  é conhecido como resistividade, e é uma característica de cada material.

A resistividade pode ser definida pela razão entre o módulo do campo elétrico  $E$  e o módulo da densidade de corrente  $J$ . Já a resistividade do material é inversamente proporcional à condutividade elétrica ( $\sigma$ ). A Figura 10 ilustra a relação inversa entre a condutividade e a resistividade.

Figura 10 - relação inversa entre a condutividade e a resistividade

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Fonte: <https://images.app.goo.gl/CnHnw2o79gzvziJy5>. Acesso em 14/04/2024.

Em seus estudos sobre resistividade Ohm inspirou-se em um importante trabalho de Jean-Baptiste Joseph Fourier (físico e matemático francês), que criou a chamada lei de Fourier, por meio da qual afirmava que há uma proporcionalidade entre o fluxo de energia e o gradiente de temperatura. Fourier concluiu experimentalmente que a condução de calor entre dois pontos distintos é diretamente proporcional à variação de temperatura entre esses pontos, ou seja, a condutividade térmica do meio. Quando comparamos a condutividade elétrica com a condutividade térmica de um material, notamos que um bom condutor elétrico costuma ser também um bom condutor térmico. Já um mau condutor térmico, como a borracha por exemplo, costuma ser um mau condutor elétrico.

A resistividade de um material muda de acordo com a temperatura a qual está submetido. Nos metais a resistência elétrica quase sempre aumenta conforme o aumento da temperatura. Nos semicondutores, que possuem resistividade intermediária entre a condutividade de um metal, a resistividade do material diminui à medida em que a temperatura cresce. Nos supercondutores a resistência torna-se nula quando estes são expostos a certa temperatura crítica

### 1.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS

Michael Faraday (1791-1867), físico e químico, estudou as soluções eletrolíticas e deu o nome de íons às partículas que se movimentavam em direção a um polo elétrico positivo ou negativo. Quando dissociadas (dissolvidas em água) tornam-se condutoras de eletricidade porque formam uma solução iônica.

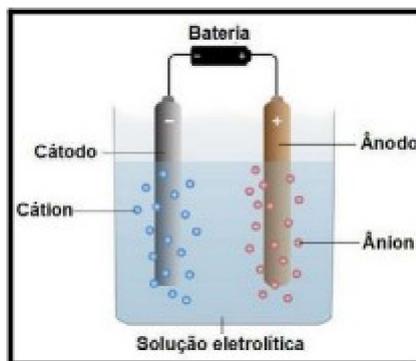
Quando uma substância iônica é adicionada à água, os íons são envolvidos pelas moléculas de água (H<sub>2</sub>O), num processo denominado solvatação, que diminui a atração entre as cargas. Dessa forma, as espécies iônicas (cátions e ânions) separam-se entre si, podendo deslocar-se de forma livre em solução. É o movimento dos íons que permite a condução de corrente elétrica na solução.

Vogel (1981) descreve solução como um produto homogêneo obtido quando se dissolve uma determinada substância (soluto) em um solvente (água). Atikins

(2002) afirma que algumas misturas estão tão dispersas que qualquer que seja sua amostra temos um mesmo fragmento, nessa situação temos uma solução homogênea. Russel (2002) indica que no estudo de condutividade elétrica as substâncias podem ser classificadas em dois importantes grupos, de acordo com seu comportamento quando se passa uma corrente elétrica através de suas soluções. O primeiro grupo é composto por substâncias que têm a capacidade de conduzir a corrente elétrica, tendo então soluções com alterações químicas. Já no segundo grupo estão materiais que, quando dissolvidos em água, não sofrem modificações, ou seja, não possuem a capacidade de conduzir a corrente elétrica. As substâncias denominadas eletrólitos, que inclui a maioria das substâncias inorgânicas, são capazes de conduzir corrente elétrica. Outro grupo de substâncias são os não-eletrólitos, exemplificadas por materiais orgânicos, tais como: glicose, glicerina e etanol. Suas forças de ligação são covalentes, ou seja, não apresentam cargas de natureza eletrostática quando dissolvidas em solução aquosa.

A água quimicamente pura não conduz eletricidade. Porém, se nela forem dissolvidos eletrólitos em quantidade suficiente resultará em condução de corrente elétrica, acarretando transformações químicas. Esse processo é denominado como eletrólise. A Figura 11 ilustra a eletrólise em uma célula voltaica. Atualmente, sabemos que íons são átomos ou grupos de átomos que ganharam ou perderam elétrons, ficando eletricamente carregados. As substâncias iônicas são formadas por cátions (carga positiva) e ânions (carga negativa) em igual proporção, sendo assim estas substâncias são eletricamente neutras.

Figura 11 - Eletrólise em célula Voltaica



Fonte: <https://images.app.goo.gl/Uq6uviiuEkJhTuTh9>. Acesso em 14/04/2024

Os eventos que ocorrem durante a eletrólise podem ser estudados na célula eletrolítica (Figura 11). A solução eletrolítica é colocada em um recipiente, onde são

imersos dois condutores, metais, chamados de eletrodos. Liga-se uma bateria aos eletrodos, estabelecendo uma diferença de potencial. O eletrodo com carga negativa na célula eletrolítica é denominado cátodo, enquanto o carregado positivamente é chamado de ânodo.

A avaliação se há ou não condutividade elétrica em um ambiente líquido (solução) é o que caracteriza o funcionamento do dispositivo eletrolítico medidor condutividade (produto educacional). Por isso, é fundamental estabelecer vínculo entre os conceitos físicos e químicos apresentados acima e o que se pretende executar de forma prática. Esse processo investigatório nos remete às seguintes questões: Em que condições uma substância líquida pode conduzir corrente elétrica? O que isso pode nos indicar? É essa problemática que será abordada no decorrer deste estudo.

## 2. ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS

A metodologia proposta neste manual busca articular elementos do Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) (Carvalho, 2011) com os três momentos pedagógicos (3MP) de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2001). Nessa articulação, as etapas investigativas do ENCI podem potencializar a organização e a aplicação do conhecimento, assim como a problematização, presente nas etapas na metodologia dos 3MP, contribui no desenvolvimento do ensino por investigação (Solino e Gehlen 2014).

### 2.1 ARTICULAÇÃO ENTRE O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (ENCI) E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS (3MP)

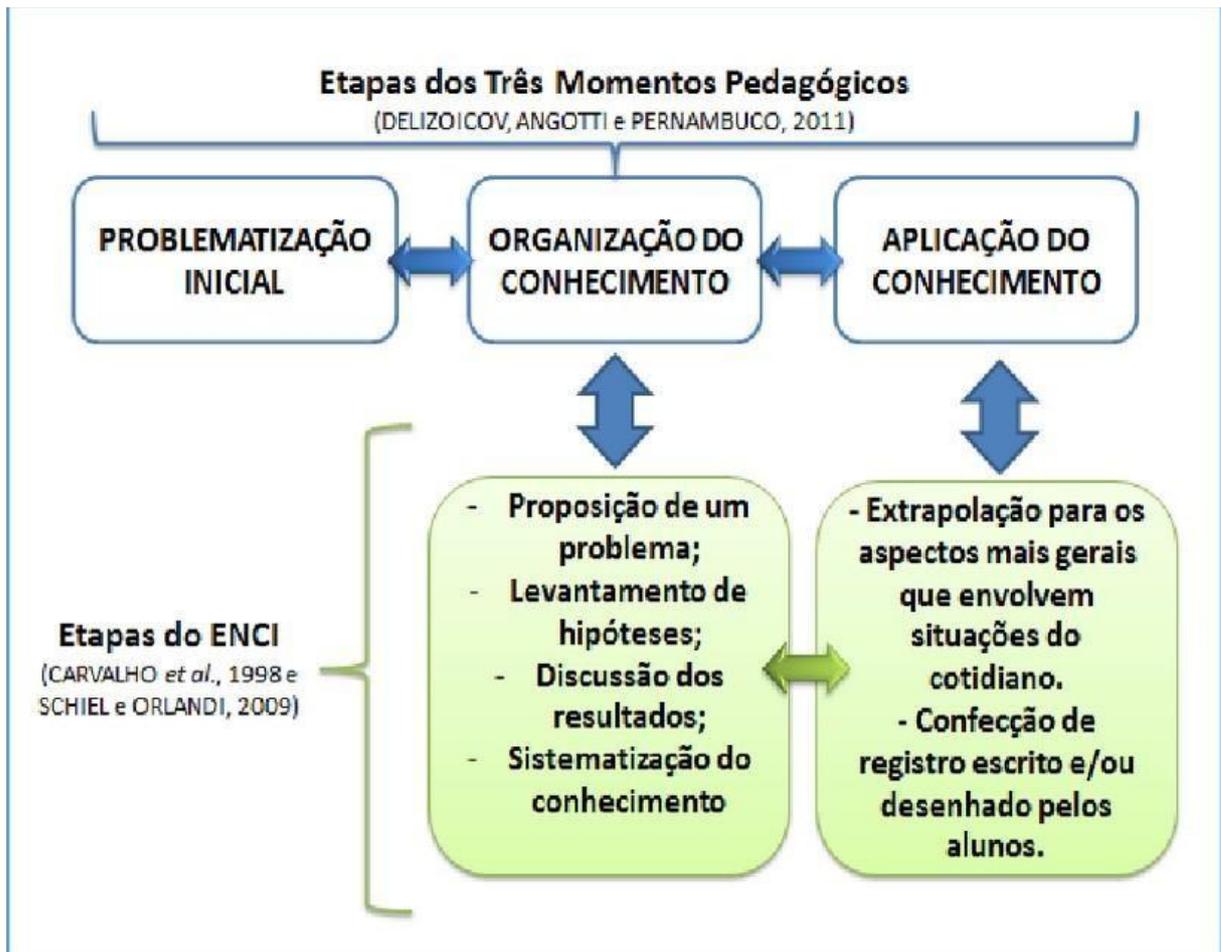
Carvalho (2013), descreve o ENCI como uma práxis, que envolve, atividades de aprendizagem baseadas em problemas autênticos, experimentações e atividades práticas, que ao final visam o desenvolvimento da autonomia dos alunos, através da criticidade construída ao longo desse processo.

O ENCI é uma estratégia metodológica organizada em torno de uma Sequência de Ensino de Cunho Investigativo (SECI) que visa a formação ativa do aprendiz. Primeiramente temos a problematização inicial, o estudante é instigado a desenvolver hipóteses, a partir seu conhecimento prévio; depois ele desenvolve processos investigativos experimentais, colocando suas hipóteses à prova; e, em um terceiro momento, discutir e reelaborar seus conhecimentos a partir dos resultados obtidos.

Carvalho (2011) destaca quatro pontos importantes para fundamentar o planejamento de uma atividade investigativa: a) a relevância do problema na construção do conhecimento científico; b) a passagem da ação manipulativa para ação intelectual; c) a tomada de consciência dos ações; e) as explicações científicas.

A proposta dos 3MP fundamenta-se na epistemologia de Bachelard, que afirma que todo o conhecimento nasce a partir de um problema, e na pedagogia crítica de Paulo Freire, que considera o problema como gênese na elaboração dos conhecimentos. A Figura 12 demonstra a conexão entre o ENCI e os 3MP.

Figura 12 - Conexão entre a ENCI e os 3MP



Fonte: Soline e Ghein 2014

## 2.2 SEQUÊNCIA DE ENSINO DE CUNHO INVESTIGATIVO (SECI)

A proposição didática deste trabalho emprega uma sequência de ensino de cunho investigativo (SECI), descrita por Carvalho (2013), que propicia a criação de um ambiente investigativo, no qual o estudante tem a possibilidade de ampliar seus conhecimentos, propondo e investigando hipóteses, a partir de uma problematização inicial. Ao executar a SECI o estudante tem a possibilidade de consorciar hipóteses e problematização com habilidades e aportes teóricos que surgem na prática investigativa experimental. Ele também tem a oportunidade de discutir, debater, estruturar e sistematizar os saberes presentes na SECI, de modo a criar pontes para um processo formativo que visa sua autonomia.

### 2.2.1 Aplicação da SECI

Para organização da SECI, elaborou-se um quadro de atividades (Quadro 1) sistematizado da seguinte forma: a primeira coluna mostra a etapa da SEI, de acordo com as recomendações de Carvalho (2013); a segunda coluna aponta o

tema e o número da aula; a terceira coluna refere-se a metodologia da aula e a quarta coluna aborda os recursos didático-pedagógicos que serão utilizados.

**Quadro 1 - Etapas da SEI**

<b>Etapas da SEI</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Recursos</b>
<b>Abordagem Conceitual</b>	Utilizar os conhecimentos prévios dos alunos. Promover Hipóteses e conceber novos saberes sistematizações	o professor apresenta o tema através de questões ou situações reais de interesse do aluno	Roda de Conversa, questionamentos orais e quadro branco
<b>Proposição</b>	Aula 1: Aplicação de um pré-teste Apresentação da problemática	sob a orientação do professor, o conteúdo é estudado para que o tema desperte interesse	Roda de conversa, questionamentos orais, recursos audiovisuais e quadro branco
<b>Execução da Sequência Didática</b>	Aula 2 desenvolver a construção de conceitos intelectuais	Execução da prática por grupos de alunos;	Confecção de relatório, gravação de vídeos e registro de imagens
<b>Resolução</b>	Aula 3 Conexão entre hipótese e saber sistêmico	Discussões e debates sobre a prática realizada	Questionário formativo, análise das respostas pelo docente

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Esta sequência foi programada para ser aplicada em três semanas, ocupando seis aulas de 50min. A primeira semana está reservada para a apresentação do tema e a proposição do problema. A realização dos experimentos, a discussão e sua resolução são realizadas nas semanas subsequentes, com as devidas reflexões e organização dos dados coletados.

### **2.2.2 Descrição da sequência de ensino investigativo aula por aula**

Um dos grandes desafios do ensino de física é ensinar de forma contextualizada, conectar epistemologicamente conceitos e vivências dos estudantes para dar significado ao que está sendo estudado. Para isso, é necessário fornecer aos estudantes ferramentas para que eles próprios sejam capazes de construir o aprendizado e estendê-lo para a vida em sociedade.

Dessa forma apresentamos nessa SEI um ambiente de aprendizagem no qual as práticas experimentais dialogam com o ato de investigar cientificamente, atribuindo significado aos saberes de física e química relacionados à compreensão de fenômenos elétricos e sua transposição para situações do cotidiano. Na

sequência apresentamos algumas orientações gerais para a condução das atividades em sala de aula.

### **2.2.3 Abordagem conceitual e proposição do problema – aulas 01 e 02**

Nas aulas 1 e 2 o docente deve instigar o espírito investigativo dos alunos, explorar seus conhecimentos prévios sobre eletricidade. Para isso sugerimos aplicar um pré-teste no qual sejam abordados conceitos relacionados aos saberes que serão abordados no desenvolvimento da SECI (corrente elétrica, circuito elétrico, natureza dos elétrons, condutividade elétrica em soluções eletrolíticas). No Apêndice A apresentamos sugestões de questões que podem compor o pré-teste.

Após a aplicação do pré-teste, o professor deverá organizar uma roda de conversa e apresentar a problemática inicial da SECI: Em que condição uma substância pode conduzir corrente elétrica?. A ideia não é responder a pergunta, mas conduzir uma discussão acerca de elementos que instiguem os estudantes a elaborarem hipóteses para investigar o problema. Pode-se, por exemplo, perguntar o que é necessário para acender uma lâmpada? Procure identificar o que sabem sobre circuitos elétricos com base em suas experiências do dia a dia.

Ao final da discussão, o professor deve proceder com a divisão dos grupos e instruir sobre os materiais que serão necessários para a confecção do dispositivo eletrolítico. Um detalhamento desses materiais é apresentado no capítulo 2 deste manual.

### **2.2.4 Execução das atividades – aulas 3 e 4**

Nas aulas 3 e 4 os estudantes deverão ser instigados a utilizar os saberes que possuem sobre eletricidade, corrente elétrica, condutividade elétrica e circuito elétrico para investigar o problema apresentado na aula 1. Esses saberes podem ser desenvolvidos e aprimorados na medida que os grupos de estudantes vão executando a construção do dispositivo eletrolítico, na conexão dos fios, na disposição da lâmpada e da bateria e na função de cada um desses elementos.

Durante esse processo, o professor deve instigar os alunos a pensarem sobre como utilizar o dispositivo para averiguar se uma substância conduz ou não eletricidade.

Depois de construir o dispositivo, os grupos darão início ao preparo das soluções que serão testadas. Algumas sugestões são apresentadas no capítulo 3.

Nesse momento o professor pode explorar os conceitos físico-químicos sobre cargas iônicas, circuitos elétricos em soluções eletrolíticas.

A execução da prática experimental deve ser acompanhada do registro das observações. Para isso, podem ser utilizados recursos digitais como os smartphones. O professor deve solicitar a elaboração de um relatório de prática, a ser entregue ao final das atividades. Uma sugestão de relatório é apresentada no Apêndice B deste manual.

### **2.2.5 Resolução: conexão entre as hipóteses formuladas e o conhecimento adquirido – aulas 5 e 6**

Nas aulas 5 e 6 devem ser utilizadas para explorar o conhecimento construído de forma contextualizada com o dia a dia dos estudantes. Deve-se iniciar com discussões e debates sobre a prática realizada. Para isso, os alunos devem estar organizados nos respectivos grupos originais para apresentar os resultados obtidos. O professor deverá estimular as conexões entre as opiniões anteriores (hipóteses) e as conclusões obtidas.

Outras questões podem ser apresentadas visando a contextualização do conhecimento adquirido. Na aplicação que realizamos procuramos explorar as possíveis situações que podem levar o leite e a água a conduzir corrente elétrica. Foi verificado, por exemplo, que a condutividade do leite pode estar associada a algumas formas de adulteração. Os estudantes também foram estimulados a testarem a água de suas próprias casas e a pesquisarem sobre o que poderia causar a condutividade da água.

### **2.2.6 Parâmetros para análise da SECI**

Os parâmetros de análise da SECI, a partir do referencial de Carvalho (2013), consideraram os objetivos do estudo e devem considerar quais os elementos do ENCI se fizeram presentes durante a implementação da SECI. No que tange à articulação intrínseca aos três momentos pedagógicos e ao ENCI a problematização deve ocupar papel de destaque na construção dos saberes. Nesse sentido, a ação pedagógica deve ser orientada pelo ato de investigar um conteúdo e partir de hipóteses estabelecidas pelos próprios estudantes. Carvalho et al. (1998) afirmam que o professor, ao instigar os alunos a confrontar hipótese e problemática, deve estimular a conexão entre os conteúdos abordados na SECI e o cotidiano dos estudantes.

Carvalho (2013) ressalta algumas questões que deve ser levadas em consideração para averiguar se os elementos fundamentais da SECI estão sendo compreendidos em uma sala de aula investigativa:

- O eixo problematizador da SEI foi apresentado de forma coerente?
- Os alunos entenderam a problematização?
- Os grupos conceberam o problema para si?
- O trabalho em grupo ocorreu efetivamente?
- Os estudantes possuíam condições para o levantamento dessas hipóteses?
- Os grupos colocaram em prática suas ideias?
- Houve tempo e espaço para o entendimento do conhecimento coletivo?
- A resolução surgiu espontaneamente?

Essas questões ajudam a nortear a condução das atividades em sala de aula durante uma sequência de ensino investigativa.

### 3. ATIVIDADE PRÁTICA - CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO PARA DETECÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA E TESTAGEM DAS SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS

Nesta seção apresentamos o passo a passo para construção do dispositivo para detecção de corrente elétrica que será utilizado na testagem das soluções eletrolíticas. Os materiais podem ser ajustados e adaptados de acordo com a disponibilidade.

**Objetivo** - Construção do dispositivo eletrolítico para detecção de corrente elétrica.

**Objetivos específicos** – Aplicar conhecimentos sobre eletricidade, corrente elétrica, circuito elétrico, realizar testes em soluções eletrolíticas analisando se há ou não ocorrência de condução elétrica em solução mediante o acendimento ou não da luz do dispositivo, coletar dados e fazer registros em relatório da prática.

#### Materiais Necessários

- 10 copos de plástico ou PET de 500mL cortado ao meio
- Tomada para lampada/ ou LED e fios de cobre +base (opcional)
- Suporte ou similar para lampada ou LED (opcional) + tesoura
- 01 lâmpada ou LED + Bateria de 9volts / Pilhas AA ou similar
- Alicata + fita isolante + tesoura

Figura 13: Materiais utilizados para construção do dispositivo



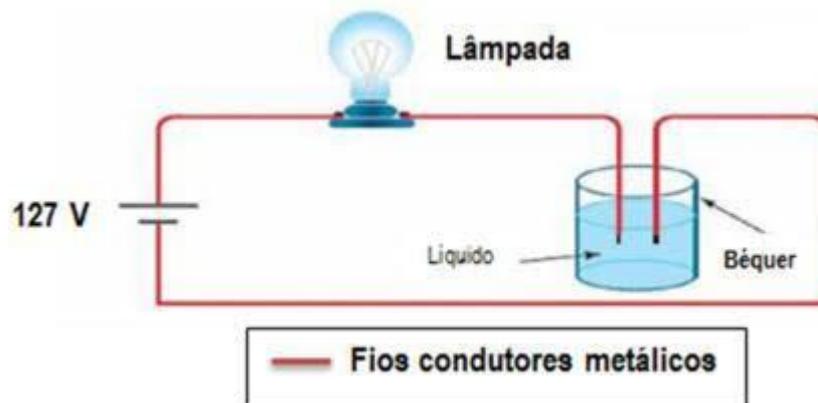
Fonte: autoria própria

### 3.1 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM

Oriente os estudantes a observar com cuidado as conexões mostradas na Figura 14. Os fios não podem cruzar, ou seja, o fio da parte superior conecta-se ao bocal da lâmpada/LED e não vai para o outro terminal da pilha. Um fio é dividido em duas partes, sendo uma para ligar a bateria a um dos terminais da lâmpada/LED, e o outro pedaço deve ser conectado ao outro terminal da lâmpada/LED. A outra ponta deste fio deve ser desencapada e vai funcionar como eletrodo.

O outro fio é ligado diretamente ao outro terminal da bateria e também deve ter a outra extremidade desencapada, pois vai funcionar como o outro eletrodo. Para investigar se ocorre ou não corrente elétrica é só por estes fios na solução sem que os mesmos se toquem ou fiquem muito próximos.

Figura 14: Esquema do dispositivo eletrolítico em funcionamento



Fonte: <https://www.preparaenem.com/quimica/teoria-dissociacao-ionica-arrhenius.htm>

### 3.2 PREPARO DAS SOLUÇÕES

O preparo das soluções também deve ser feito pelos estudantes. É importante que eles participem desse processo e observem atentamente os elementos que compõem cada solução.

**Objetivo** - preparar soluções a partir de materiais domésticos como açúcar, sal, álcool, suco de limão, vinagre e acetona.

Coloque cerca de 400 ml de água em cada copo que será utilizado. Para cada copo, adicione uma colher de chá de uma das substâncias (sal, açúcar, álcool, vinagre etc.), misture bem até dissolver, e identifique a solução colocando uma etiqueta ou escrevendo diretamente no copo. Como instrumento de medida, pode-se utilizar uma garrafa pet de 200ml de refrigerante). A Figura 15 mostra os copos

identificados com etiquetas. A seguir apresentamos algumas sugestões de soluções que podem ser utilizadas.

- I. água + sal;
- II. água + vinagre;
- III. água + açúcar;
- IV. água + acetona
- V. água + leite;
- VI. água doméstica.

Figura 15: Soluções identificadas com etiquetas



Fonte: autoria própria

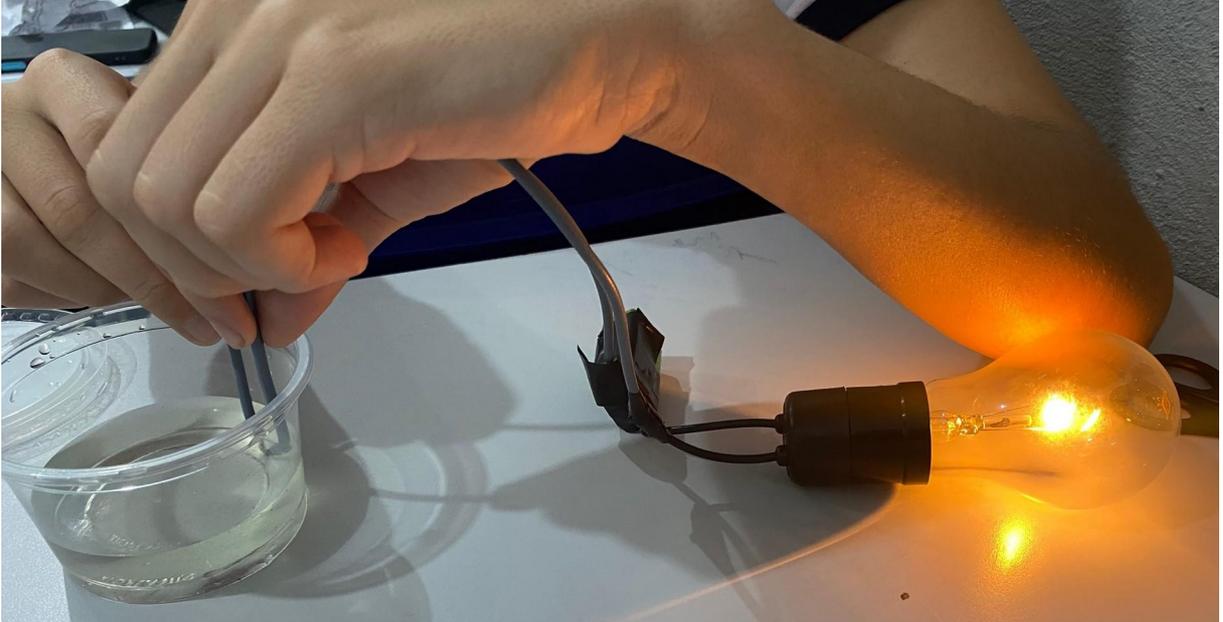
### 3.3 TESTAGEM DAS SUBSTÂNCIAS

Durante a testagem das substâncias, os alunos devem ser instigados a analisar os resultados criticamente. Para isso, o professor pode fazer perguntas, tais como: O fato de a lâmpada não acender é indicativo de que não há condução? O que o brilho da lâmpada nos informa sobre a condutividade da substância? A concentração da substância dissolvida na água interfere no acendimento ou brilho da lâmpada? Que características as substâncias onde ocorre a condução elétrica? É importante que o professor estimule os alunos a testarem suas hipóteses.

**Objetivo-** investigar se as soluções conduzem ou não corrente elétrica a partir do emprego do dispositivo verificador de condutividade elétrica.

Os testes de condutividade elétrica devem ser realizados de acordo com a Figura 4. Contudo, para se averiguar se o dispositivo está funcionando, os alunos devem ser orientados a encostar as extremidades dois fios desencapados para verificar se a lâmpada está acendendo.

Figura 4: testagem como o dispositivo eletrolítico



Fonte: autoria própria

O professor deve aproveitar todas as etapas da atividade para explorar o conhecimento dos alunos sobre circuitos elétricos. Para isso, é importante que leia o pré-teste realizado por eles antes da execução da atividade. Pode-se discutir, por exemplo, sobre circuitos abertos e fechados, movimento de cargas elétricas, diferenças entre íons, elétrons e nêutrons etc.

#### **4. COMPREENDENDO AS SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS NUMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR.**

Fazenda (2013, p. 72) considera que, “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”. A interdisciplinaridade ajuda a superar este isolamento e fragmentação do conhecimento escolar. A contextualização de conhecimentos comuns a duas ou mais disciplinas tem sido um desafio para professores e estudantes, principalmente no âmbito do Novo Ensino Médio. Nesse sentido, a atividade proposta aqui foi pensada para se configurar como um elemento de ligação entre conceitos de física e química estudados na escola básica.

A Interdisciplinaridade entre a Física e a Química desenvolvida na SEI é uma ferramenta importante e poderosa no processo de ensino e aprendizagem. Os testes realizados nas soluções com o dispositivo eletrolítico evidenciam essa conexão de saberes, pois a solução eletrolítica, ao fazer acender a lâmpada quando em contato com o dispositivo, passa a fazer parte do circuito elétrico em um estado físico diferente dos condutores observados pelos alunos no dia a dia.

Fazenda (1994) considera que a interdisciplinaridade permite explorar a máxima potencialidade das ciências.

Acreditando que o conhecimento deve partir do simples para o complexo, do abstrato para o concreto, do real para o imaginário, ressaltamos que a prática interdisciplinar oportuniza tudo isso, através de conteúdos cujos temas desencadeiam trabalhos com diversos enfoques. Sendo o princípio da máxima exploração das potencialidades de cada ciência, da compreensão de seus limites, o princípio da diversidade e da criatividade (Fazenda, 1994, p.38).

A SECI proposta possibilita que o educando organize a construção dos seus saberes partindo da sua vivência, dialogando com novos saberes adquiridos, e dessa forma tornando-o também articulador dessa interdisciplinaridade. Além disso, a SEI possibilita extrapolar os conhecimentos para além da sala de aula, numa perspectiva transdisciplinar, na qual o conhecimento adquirido passa a ser aplicado na vida cotidiana. Na nossa aplicação isso aconteceu na testagem do leite e da água doméstica, quando os estudantes observaram que a condutividade dessas

substâncias pode ser indicativo de doenças (mastite, no caso do leite) ou adulterações com outras substâncias diluídas. Para Carvalho (1998, p.21 )

[...] pensar a interdisciplinaridade nos remete a pensar em alguns questionamentos, como: de onde vem essa proposta? É mais uma metodologia? É um princípio educativo? É uma outra lógica de organização curricular dos conteúdos? São os conteúdos comuns a duas ou mais disciplinas? Tem que ver com a formação de equipes de profissionais de diferentes áreas? A interdisciplinaridade é um pouco de tudo isso e muito mais: é uma maneira de organizar e produzir o conhecimento, procurando integrar as diferentes dimensões dos fenômenos estudados.

Tornar concreto conceitos abstratos como corrente elétrica, elétrons, condutividade elétrica em soluções eletrolíticas e íons, por meio de uma SEI, corrobora para o desenvolvimento da criticidade do aluno em relação ao conhecimento adquirido, abrindo espaço para uma educação que evidencia a autonomia do estudante e sua capacidade de ir além da reprodução de conhecimento.

Assim, consideramos que as conexões experimentais entre as soluções eletrolíticas, no campo da química, e os conceitos físicos da eletricidade desenvolvidos na atividade aqui proposta, tem potencial interdisciplinar e transdisciplinar para levar o educando a um ganho em aprendizagem que dificilmente seria alcançado no caso de uma abordagem fragmentada como a que ainda ocorre na escola básica. Esperamos que essas reflexões sejam úteis para que outros professores possam repensar suas práticas educativas.

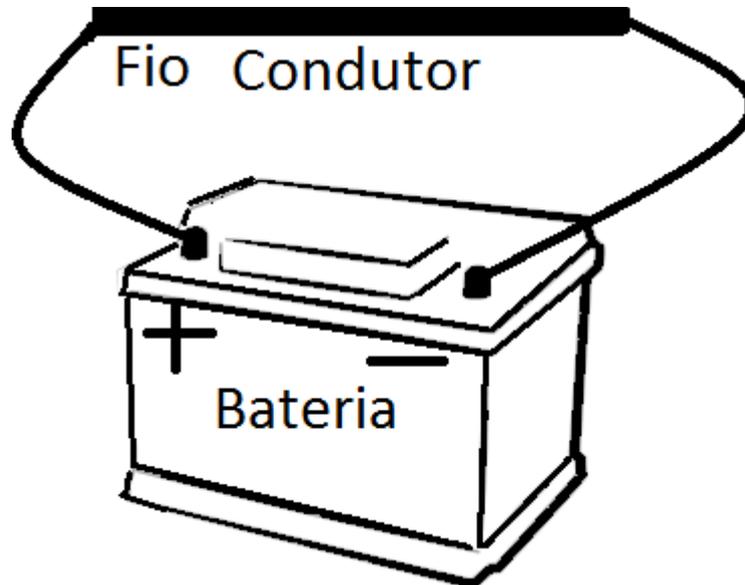
## REFERÊNCIAS

- ATKINS, P. **Físico-Química**, Vol. 1. Sétima edição. Editora LTC, 2002.
- BOSS, Sergio Luiz Bragatto. **Ensino de eletrostática: a história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunções**. 2009.
- CARVALHO, I.C.M. Em direção ao mundo da vida: interdisciplinaridade e Educação Ambiental. Coleção Cadernos de Educação Ambiental. Brasília: IPE, 1998. 101 p.
- CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In Carvalho, A. M.. (Org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. (pp. 1–20). São Paulo, SP: Cengage Learning, 2013.
- D'AMBROSIO, U. **Transdisciplinaridade**. São Paulo: Palas Athena, 2001.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- FAZENDA, Ivani Catarina Arantes (Org.). **O que é interdisciplinaridade?** — São Paulo: Cortez, 2008.
- HNEDA, José Felipe et al. **Abordagem do conceito de campo elétrico numa perspectiva de aprendizagem significativa por meio de uma sequência didática**. Dissertação do MNPEF/UEPG, 2022.
- FAZENDA, Ivani Catarina Arantes (Coord.). **Práticas Interdisciplinares na Escola**. – 13ª ed. rev. e ampl. – São Paulo: Cortez, 2013.
- MOURA, Dante Henrique. **Educação básica e educação profissional e tecnológica: dualidade histórica e perspectivas de integração**. 2007 [em linha]. 2011.
- SOLINO, Ana Paula; GEHLEN, Simoni Tormöhlen. **Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 19, n. 1, p. 141-162, 2014.
- ROSSI, A. V, PETERMAN, M. Z. **Condutividade elétrica de alguns materiais**; 2015.
- VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**. 5 ed. Mestre Jou, 1981.

YOUNG, HUGH D.; FREEDMAN, ROGER A. **Sears & Zemansky Física III: eletromagnetismo**. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. volume 3. 425p.

**APÊNDICE A - PRÉ-TESTE – 01**

**Questão 01** – Um fio condutor é conectado aos terminais de uma bateria, conforme a figura abaixo.



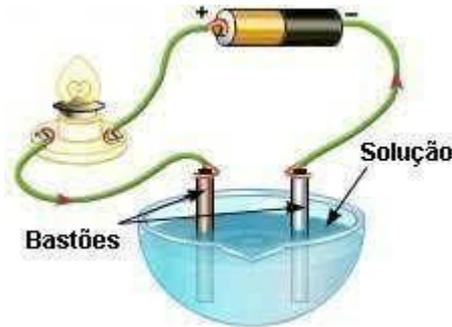
- a) Qual a orientação do campo elétrico estabelecido no fio condutor?
- b) Que tipos de partículas se movimentarão no fio condutor?
- c) Qual o conceito de corrente elétrica, observando o modelo de ligação da figura?
- d) Qual será o sentido convencional da corrente elétrica?

**Questão 02** – A respeito da corrente elétrica responda os itens a seguir.

- a) Quais as condições necessárias para se estabelecer uma corrente elétrica?
- b) Qual é a unidade de medida de corrente elétrica pelo Sistema Internacional (S.I.)?
- c) Quais são as partículas portadoras de cargas elétricas em condutores líquidos e gasosos?
- d) Os prótons e nêutrons podem ser considerados como portadores de carga em uma corrente elétrica? Por quê?

## APÊNDICE B - RELATÓRIO SEI

Solução iônica ou eletrolítica: esse tipo de solução conduz eletricidade, em razão da presença de íons (átomos ou grupos de átomos de elementos químicos com carga elétrica). Esses íons com carga negativa (ânion) e positiva (cátions) fecham o circuito elétrico conduzindo a corrente.



- 1) Descreva abaixo (através de fotos e explicações) como o grupo fez o kit para experiência:
- 2) Descreva abaixo como ficou seu dispositivo para detectar a condução eletrolítica (fotos e funcionamento prático)
- 3) Como os íons em solução conduzem eletricidade?
- 4) Proponha um diagrama de circuito simples para sua experiência:
- 5) Descreva na tabela abaixo qual foi o comportamento das substâncias em relação a condução eletrolítica nas soluções:

SOLUÇÃO	ELETROLÍTICA	NÃO-ELETROLÍTICA

- 6) Qual o papel da condutividade eletrolítica na análise da água e do leite? Descreva e explique com suas palavras. (fotos mais explicações)

**Grupo:**

**Data:**