



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

JAQUELIANE SOUZA DOS SANTOS

ANOMALIAS DA ÁGUA: UMA ABORDAGEM PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

BELÉM-PA

2024

JAQUELIANE SOUZA DOS SANTOS

ANOMALIAS DA ÁGUA: UMA ABORDAGEM PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemática do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências Matemáticas.

Linha de Pesquisa: Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática para a Educação Cidadã.

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Bassalo Crispino.

BELÉM-PA

2024

JAQUELIANE SOUZA DOS SANTOS

ANOMALIAS DA ÁGUA: UMA ABORDAGEM PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

Texto dissertativo apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemática do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção de Título de Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas.

Aprovado em: ____/____/2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Luís Carlos Bassalo Crispino - Orientador
Instituto de Educação Matemática e Científica / Universidade Federal do Pará
(IEMCI/UFPa)

Prof. Dr. Jesus de Nazaré Cardoso Brabo- Examinador Interno
Instituto de Educação Matemática e Científica / Universidade Federal do Pará
(IEMCI/UFPa)

Prof. Dr. Jorge Castiñeiras Rodríguez - Examinador Externo
Instituto de Ciências Exatas e Naturais/ Universidade Federal do Pará (ICEN/UFPa)

In Memoriam:

Ao Professor Dr. Licurgo Peixoto de Brito,
Aos meus avós Raimundo Pinto de Souza
e Francisca Rodrigues dos Santos

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais, Maria e Vagnaldo.

Aos amigos da turma PPGDOC - 2019, especialmente à Márcia Barbosa, Gleiciane Bezerra e Tamyres Silva.

À Simone Neves.

À Noade Martins.

À Carolina Leite.

Ao Professor Dr. Licurgo Peixoto de Brito (*In memoriam*).

Ao Professor Dr. Luís Carlos Bassalo Crispino, pela orientação de excelência e oportunidade concedida em colaborar com o Laboratório de Demonstrações da UFPA (LABDEMON).

Aos colegas do LADEMON.

Ao Programa de Pós de Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGDOC).

RESUMO

O presente trabalho se insere em uma linha investigativa que tem o objetivo de explorar comportamentos anômalos da água no Ensino de Física e de Ciências. *Anomalia* consiste em uma irregularidade ou anormalidade, que pode ser apresentada, por exemplo, no comportamento de um determinado material. A água, em particular, apresenta vários comportamentos ditos *anômalos*, que a tornam um fluido bastante diferenciado dos demais e com grande potencialidade para o Ensino de Física e de Ciências. As anomalias da água estão associadas a algumas de suas propriedades físicas como, por exemplo, tensão superficial, calor específico e dilatação térmica, que são objetos de pesquisa deste trabalho. A pesquisa foi desenvolvida em colaboração com o Laboratório de Demonstrações (LABDEMON) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Nossa proposta contempla a produção e publicação de vídeos no canal do YouTube “Laboratório de Demonstrações – UFPA” e a produção de uma sequência didática sobre a temática *anomalias da água*, com a finalidade de contribuir com a ação docente de professores de Física e de Ciências da Educação Básica. Assim, experimentos associados à temática foram desenvolvidos em sala de aula, utilizando como referencial teórico - metodológico as Sequências de Ensino por Investigação (SEI) e juntamente com os vídeos produzidos, à aplicação efetiva da proposta representou um dos primeiros contatos dos estudantes com atividades de demonstração experimental. O material didático produzido permite que professores, assim como estudantes, possam reproduzir os experimentos e também analisar e discutir os resultados em diferentes contextos da educação, tanto na Educação Básica quanto nos níveis Técnico e Superior.

Palavras-chave: Água; Anomalias; Ensino de Física e Ciências.

ABSTRACT

This work is part of a line of research aimed at exploring the anomalous behavior of water in Physics and Science Teaching. Anomaly consists of an irregularity or abnormality that can be seen, for example, in the behavior of a particular material. Water, in particular, exhibits various so-called anomalous behaviors, which make it a fluid that is quite different from the rest and has great potential for teaching physics and science. The anomalies of water are associated with some of its physical properties, such as surface tension, specific heat and thermal expansion, which are the subject of this research. The research was carried out in collaboration with the Demonstration Laboratory (LABDEMON) of the Federal University of Pará (UFPA). Our proposal includes the production and publication of videos on the YouTube channel "Demonstration Laboratory - UFPA" and the production of a teaching sequence on the subject of water anomalies, with the aim of contributing to the teaching activities of Physics and Science teachers in Basic Education. Thus, experiments associated with the theme were developed in the classroom, using the Sequences of Teaching by Investigation (SEI) as a theoretical-methodological framework and, together with the videos produced, the effective application of the proposal represented one of the students' first contacts with experimental demonstration activities. The didactic material produced allows teachers and students to reproduce the experiments and also to analyze and discuss the results in different educational contexts, both in basic education and at technical and higher education levels.

Keywords: Water; Anomalies; Physics and Science Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Divulgação do Webinar Água: da Era do gelo à nanociência.....	21
Figura 2 - Divulgação da V Semana Acadêmica da Licenciatura em Ciências Exatas.	22
Figura 3 - Mapa Conceitual das SEIs baseado em Carvalho (2013).....	35
Figura 4 - Imagem de abertura do vídeo denominado “Tensão Superficial I”.	39
Figura 5 - Estudantes interagindo com o experimento “Tensão Superficial I”.	40
Figura 6 - Experimentos “Água que não cai I, II e III”.	41
Figura 7 - Interação dos estudantes com os experimentos “Água que não cai I, II e III”.	42
Figura 8 - Experimento “Reduzindo a Tensão Superficial I”.	43
Figura 9 - Interação dos estudantes com o experimento “Reduzindo a tensão superficial”.	44
Figura 10 - Experimento “Balão que não estoura I, II e III”.	45
Figura 11 - Interações dos estudantes durante o experimento “Balão que não estoura I, II e III”.	46
Figura 12 - Experimento “Dilatação Anômala da Água”.	47
Figura 13 - Experimento “Dilatação Anômala da Água” realizado pelos estudantes.	47

LISTA DE SIGLAS

APD	Aprendizagem por Descoberta
APT	Aprendizagem por Transmissão
BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CICTA	Centro Interativo de Ciência e Tecnologia da Amazônia
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
IEMCI	Instituto de Educação Matemática e Científica
LABDEMON	Laboratório de Demonstrações
LaPEF	Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física
PPGDOC	Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemática
SD	Sequência Didática
SEI	Sequências de Ensino Investigativas
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNB	Universidade de Brasília
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

MEMORIAL DE FORMAÇÃO	11
INTRODUÇÃO	16
1 CAPÍTULO - O TEMA ÁGUA COMO PROPOSTA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA	18
1.1 A Física da água como uma proposta para o Ensino de Ciências e Física	18
1.2 - Abordagem das propriedades físicas da água no Ensino de Ciências: Uma análise a partir de teses, dissertações e artigos científicos	22
2 CAPÍTULO - O CONTEXTO TEÓRICO DA PESQUISA	27
2.1 Mudanças no Ensino de Ciências	27
2.2 Sequências de Ensino Investigativas (SEI)	31
3 CAPÍTULO - PERCURSO METODOLÓGICO	36
3.1 Uma proposta de SEI com a temática Anomalias da água.	37
4 CAPÍTULO - RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE A - PRODUTO DIDÁTICO	55
APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO	56

MEMORIAL DE FORMAÇÃO

Simple e essencial para a sobrevivência de toda espécie de vida, a água é um dos líquidos mais comuns encontrados na natureza. E talvez, por isso, pode-se considerar que não há mais o que se investigar ao seu respeito. Todavia, a água é um tema que tem se destacado na comunidade científica, mesmo atualmente como um dos principais objetos de investigação, devido às suas propriedades que a diferenciam de outros materiais e, especialmente, devido à preocupação mundial com a falta deste líquido para o consumo humano. Às investigações acerca da água estão centralizadas na intenção de descobrir novas formas de obtê-la ou reutilizá-la e, consequentemente, solucionar o problema da crise hídrica no planeta (Barbosa, 2015).

Por considerar um debate relevante, apresento a minha aproximação como professora-pesquisadora com esse o objeto de pesquisa e destaco a origem da presente proposta de estudo/investigação que envolve várias etapas da minha formação, desde a Educação Básica ao Nível Superior, em atividades de extensão. Em decorrência do envolvimento com a temática água em diferentes contextos, minhas observações sobre esse problema passaram por reflexões e amadurecimento, em busca de consolidação ou evolução de algumas ideias; entre o que destaco o fato de este tema ainda ser pouco explorado no Ensino de Física, paralelo à sua relevância, como é mencionado em diferentes pesquisas (Barbosa, 2015).

Partindo da minha vivência escolar na Educação Básica, o meu primeiro contato com água, como problema de investigação, se iniciou no Ensino Fundamental, exatamente no nono ano, quando comecei a participar de feiras de ciências locais, municipais e estadual. Um dos projetos de feiras de ciências que mais me marcou, tinha como tema “Água: um bem precioso”. O projeto realizado em colaboração com outros colegas da mesma escola, porém, de séries diferentes, foi executado no Distrito Nova Vida, interior do município de Moju, Pará. Em linhas gerais, o projeto objetivava sensibilizar a comunidade sobre a importância da água, informava sobre doenças relacionadas a este líquido, formas de tratamento e a importância da conservação dos igarapés da localidade.

Naquela pesquisa, verifiquei o estado de conservação dos igarapés, realizando registros fotográficos. Associado a isto, consideramos relevante destacar, mediante entrevistas, os relatos dos moradores mais antigos da comunidade sobre como era o estado dos igarapés assim que chegaram à localidade. Revisitando essa etapa de formação, observo que este projeto representou a minha primeira interação com a Ciência, no que tange as várias características da atividade científica, tais como investigação, observação de um problema e aspectos da pesquisa qualitativa; ressaltados por meio dos dados obtidos com as entrevistas dos moradores (Carvalho, 2013); mesmo que naquela época não os compreendesse como tais.

Ainda durante a minha vivência escolar na Educação Básica, precisamente no segundo ano do ensino médio, comecei a ter um maior interesse pelas aulas de Física. Esse entusiasmo por essa disciplina sobreveio por meio de uma apresentação em sala de aula de dois fenômenos físicos: o princípio de funcionamento de um submarino e a capacidade de certos insetos andarem sobre a superfície da água, ou porque determinados objetos (clipes, lâminas de barbear e etc.), ao serem colocados de modo horizontal sobre a superfície da água, não afundarem. Essas situações/problemas, que podem ser observadas no cotidiano, provocaram em mim inquietações e o interesse pela atividade de experimentação e investigação.

A busca de respostas a essas questões conduziram-me a esclarecer esses fenômenos físicos, por meio de explicações e definições de principais conceitos físicos envolvidos (Princípio de Arquimedes¹) e ainda me levaram a perceber que fazer uso de experimentos poderia ser uma estratégia interessante para elucidar as teorias e problemáticas e, conseqüentemente, tornar a apresentação mais compreensiva e interessante. Assim, optei por um experimento simples denominado “Submarino”, construído a partir de uma garrafa *pet*, uma caneta e água. Para explicar o fenômeno da tensão superficial, utilizei um recipiente com água e lâminas de barbear. Portanto, esse momento representou a minha primeira interação com as atividades experimentais no Ensino de Física.

¹ Um corpo completa ou parcialmente imerso em um fluido receberá a ação de uma força para cima igual ao peso do fluido que o corpo desloca (Halliday, 2000, p. 89).

Em tais vivências, muitos aspectos do fazer científico e do ensino por investigação se faziam presentes, como: a manipulação do material utilizado para a montagem dos experimentos, as inúmeras tentativas de fazê-los funcionar, a proposição de hipóteses para justificar os erros, as discussões com os meus colegas, até a compreensão dos conceitos científicos (Carvalho, 2013).

Em 2016, no final do meu curso de Física na UFPA, me envolvi em um projeto de extensão universitária que investigava e propunha atividades sobre a temática água nas escolas do município de Abaetetuba. O projeto intitulava-se “O tema água na Educação Básica” (Nascimento *et al.*, 2017) O projeto citado subdividia-se em três áreas da Educação Básica: Ensino Fundamental, Educação Especial e Ensino Médio. Todavia, a minha pesquisa centralizou-se nos estudantes do Ensino Médio.

Inicialmente, a revisão da literatura apontava a existência de vários trabalhos no Ensino Fundamental. No entanto, durante a etapa do Ensino Médio o conteúdo passa a ser pouco explorado, contradizendo a proposta dos documentos para a elaboração do currículo escolar, como a própria Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que estabelece que os conhecimentos adquiridos pelos estudantes no Ensino Fundamental devem ser consolidados e aprofundados na etapa seguinte (Brasil, 2020). Ou seja, a abordagem da temática água não deveria cair em desuso, mas continuar sendo versada nas diferentes disciplinas, valorizando suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Outra observação diz respeito ao fato de o tema não ser mais utilizado como principal objeto de estudo, mas, como um meio material para se exemplificar algum fenômeno físico-químico; chegando a estar presente em textos complementares e questões para ilustrar situações/problemas. Além disso, a abordagem desta temática está restrita a questões como a qualidade água, tratamento da água, importância da água, água e meio ambiente ou pesquisas voltadas para a comunidade científica.

Essas questões, como é de consenso na comunidade escolar, são importantes temas geradores de discussões em sala de aula, nas diferentes disciplinas. Entretanto, há algumas peculiaridades da água que são pouco abordadas no Ensino de Física e que explicam uma variedade de fenômenos físicos observáveis no cotidiano dos estudantes. Segundo Barbosa (2015, p.1):

“Dada a sua abundância e simplicidade, muitos subestimam a água. Isto é um erro”. A água apresenta uma série de comportamentos incomuns, chamados *anômalos*. Essa característica corresponde a uma irregularidade ou anormalidade que pode ser apresentada, por exemplo, no comportamento de um determinado material. A água, em particular, possui várias *anomalias* que a torna um fluido diferente dos demais (Barbosa, 2015).

Dentre as anomalias da água, destacam-se sua densidade, tensão superficial, e calor específico, responsáveis pela existência de diversos fenômenos tais como: a flutuação do gelo sobre a água, pequenos insetos podem-se deslocar sobre a superfície da água, a sobrevivência da fauna marinha em épocas de inverno, a areia da praia esquentar mais rápido que a água do mar em dias ensolarados, entre outros. Estes fenômenos estão inseridos na proposta curricular do Ensino Médio e são objetos de conhecimento da área da Física.

A água apresenta 74 anomalias² (Chaplin, 2020). Dentro dessa lista há uma anomalia que chamou a minha atenção, justamente por ter sido descoberta por uma física teórica brasileira, à Dr. Marcia Cristina Barbosa³ e seu grupo de pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A pesquisa desenvolvida sobre a anomalia da *difusão da água*, rendeu-lhe o prêmio internacional L’Oréal-Unesco para Mulheres na Ciência. No entanto, apesar da relevância do seu trabalho, no sentido de contribuir para a obtenção de água potável, chegando a substituir alguns processos de dessalinização da água do mar, como a evaporação e a filtragem que apresentam custos elevados e não são tão eficientes; percebe-se que seu trabalho tem sido pouco difundido nas escolas brasileiras.

Diante das novas descobertas sobre a água e suas peculiaridades, ou mesmo esquisitices, como é chamada pela professora Marcia Barbosa, novas inquietações emergiram, tal como: “*O que fazer, para divulgar amplamente que*

² Estas informações estão sendo atualizadas constantemente e disponibilizadas no seguinte endereço eletrônico: http://www1.lsbu.ac.uk/water/water_structure_science.html.

³ A Professora Dra. Marcia Cristina Barbosa, Licenciada Plena em Física, com Mestrado e Doutorado pela UFRGS. Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências e da Academia Mundial de Ciências (TWAS). Atua na área da Física da Matéria Condensada, principalmente no estudo da água e suas anomalias. Caso o leitor deseje ter mais informações sobre a referida professora, sugiro acessar o endereço eletrônico no seguinte Currículo Lattes, disponível: <http://lattes.cnpq.br/7216344229807186>

a água é um líquido complexo, e diferente dos demais?”, “Como posso tornar esse conhecimento científico acessível aos estudantes?” e “Por que essa distância entre a comunidade científica e a sociedade, visto que o estudo da professora Márcia é pouco difundido no Brasil?”.

Todas as questões mencionadas anteriormente e a identificação de poucos artigos de divulgação científica e outros materiais, em português, voltados para a temática, são razões que sustentam a necessidade de produzir material didático que possa auxiliar professores em sala de aula. Como docente, percebe-se a potencialidade e abrangência que o assunto possui para o Ensino de Física, envolvendo áreas como a Física Térmica e a Mecânica dos Fluidos, considerando-se as *anomalias da água*.

INTRODUÇÃO

A linha investigativa deste trabalho se insere na parceria desenvolvida entre o Programa de Pós-Graduação em Docência em Ciências e Matemáticas (PPGDOC) em colaboração com o Laboratório de Demonstrações (LABDEMON), ambos vinculados à Universidade Federal do Pará (UFPA).

O LABDEMON, fundado em 2004, conta com um acervo de experimentos industrializados e de baixo custo com a finalidade de realizar práticas experimentais voltadas a atender os estudantes da Educação Básica, Técnica e Superior; atuando como um centro de pesquisa, ensino e popularização da ciência na Amazônia brasileira e contribuindo com a divulgação e comunicação científica, que são consideradas insuficientes para o contexto brasileiro (Caldas; Crispino, 2017). Assim, a aproximação e integração da pesquisa entre o PPGDOC e o LABDEMON contribui para uma melhor formação docente, dos estudantes e com a produção de material didático acerca do objeto de pesquisa investigado, a saber: *as anomalias da água*.

Essa pesquisa reitera a importância de discutir em sala de aula um tema contemporâneo e regional, valorizando o contexto social e cultural dos estudantes; caracterizando-se pelo uso e de demonstrações experimentais de três peculiaridades da água: tensão superficial, calor específico e dilatação anômala da água. Com uma abordagem baseada nas Sequências de Ensino por Investigação (SEI) (Carvalho, 2013). Apresentamos a possibilidade de demonstrar e ensinar fenômenos e conceitos de Física por meio de atividades experimentais; demonstrando que a experimentação não é uma atividade pedagogicamente inócua, porém, válida, significativa e com potencial cognitivo e de aprendizagem (Gaspar; Monteiro, 2005).

Todo esse movimento até o reconhecimento da água como elemento essencial à sobrevivência da vida na Terra, mais a compreensão de suas propriedades intrínsecas, conduziu ao problema de pesquisa deste trabalho. Portanto, a pesquisa tem a seguinte questão: ***Que potencialidades e dificuldades existem para a implementação de uma sequência didática a respeito de três propriedades anômalas da água?***

Nessa perspectiva, é elaborado o seguinte objetivo geral: **compreender em que termos a implementação de uma sequência didática de ensino por investigação pode favorecer o ensino e aprendizagem de algumas propriedades anômalas da água.**

A partir do problema de pesquisa e do objetivo geral, definimos os seguintes objetivos específicos: (1) Desenvolver uma sequência didática sobre tensão superficial, densidade e calor específico da água com atividades diversificadas baseada na SEI; (2) Produzir e disponibilizar vídeos acerca das propriedades anômalas da água.

Este trabalho está estruturado a partir da introdução em três seções. No Capítulo 1, aborda-se a relevância da temática água no Ensino de Física, por meio de um breve levantamento bibliográfico de algumas produções, incluindo teses, dissertações e artigos.

No Capítulo 2, são descritas as mudanças ao longo dos anos no Ensino de Ciências, até a introdução do ensino por investigação e sua relevância, seguindo o desenho teórico-metodológico proposto pelas SEI, descrevendo cada etapa que a constitui.

O Capítulo 3 corresponde ao percurso metodológico, considerando os aspectos da pesquisa qualitativa.

No Capítulo 4, apresentam-se os resultados da pesquisa, bem como as discussões das atividades experimentais com a literatura pertinente.

Na quinta e última seção as Considerações Finais são apresentadas, seguido do produto didático originário da presente pesquisa de mestrado profissional.

1 CAPÍTULO - O TEMA ÁGUA COMO PROPOSTA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA

1.1 A Física da água como uma proposta para o Ensino de Ciências e Física

A água constitui, na atualidade, um tema presente em inúmeras discussões no cenário político e social. Atribui-se a isso, o seu uso desenfreado, a poluição e conseqüentemente a sua escassez. Estas questões, somadas às desigualdades quanto à distribuição de água entre a população, acentua o problema da escassez da água em regiões que ainda encontram este recurso de forma abundante. Diante deste cenário de preocupação mundial, diversos grupos de pesquisadores têm sido motivados a procurar a existência da água em outros planetas e, em simultâneo, formas de se obtê-la e reutilizá-la.

Para Torralbo e Marcondes (2009), os avanços da Ciência e o desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, as ações sobre o ambiente, permitiram que a sociedade notasse que pode esgotar com a qualidade do recurso natural à água. Logo, dada a importância da temática, em como a preocupação da sociedade frente à busca de soluções para o problema da crise hídrica e o papel da sociedade, torna-se necessário discutir esta temática na educação básica, dando condições para que os estudantes atuem no e sobre este problema de interesse coletivo.

Neste sentido, o Ensino de Ciências desenvolve um papel fundamental quanto ao tema água, já que o assunto passa por todas essas disciplinas. Para a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2020) o Ensino de Ciências, desde os anos iniciais, deve promover condições de caráter intervencionista para que os alunos possam: “Implementar soluções e avaliar sua eficácia para resolver problemas cotidianos. Desenvolver ações de intervenção para melhorar a qualidade de vida individual, coletiva e socioambiental” (Brasil, 2020, p. 323).

Em conformidade com isso, nota-se que o tema água, como descrito por Nicolleti (2013), é amplamente discutido em todas as séries do ensino fundamental, abrangendo os assuntos relacionados ao meio ambiente, saúde e biodiversidade. A autora ainda discorre que o tema pode ser discutido sobre várias perspectivas e de acordo com a necessidade e o interesse da comunidade escolar. De acordo com um estudo inicial realizado por Nascimento (2018), a

temática água é abordada em todas as etapas do Ensino Fundamental, especialmente no sexto, fazendo menção no estudo das substâncias e no nono, considerando a composição microscópica da matéria.

Todavia, o assunto tem sido pouco explorado no Ensino Médio, especialmente no ensino de Física. Segundo uma investigação realizada em uma coleção de livros didáticos⁴ de Física (utilizados no Ensino Médio) sobre abordagem do conteúdo água, percebe-se que:

As análises dos livros didáticos mostram que em geral o tema água perde foco nesta nova etapa de ensino, uma vez que são percebidos poucos tópicos com relação ao assunto. Geralmente, ela é tratada como um elemento importante para se exemplificar algum fenômeno físico, como um dos materiais utilizados para a realização de atividades experimentais sugeridas, ou quando são citadas em questões de exercícios ao longo dos capítulos. (Santos, 2018, p. 36)

Isto é reiterado pela mesma autora ao afirmar que quando os estudantes chegam ao Ensino Médio, o tema passa a ser pouco valorizado, caindo até mesmo em desuso. A água não é compreendida como principal objeto de estudo nos conteúdos de Física. Ao invés disso, é considerado como um meio material para se exemplificar um fenômeno físico-químico (Watanabe, 2008). Este fato é observado no primeiro e segundo anos do Ensino Médio, nos conteúdos de Hidrostática e Termologia, onde estão presentes situações/problemas que envolvem a água e que auxiliam na explicação, demonstração ou ilustração de fenômenos, como, por exemplo:

No que diz respeito ao conteúdo curricular de Física do Ensino Médio, a água é tratada na Hidrostática, mas não como objeto de estudo e sim um meio onde os problemas de empuxo e equilíbrio podem ser analisados. Já na Termologia e Calorimetria, estão presentes as mudanças de estado da água e as transformações termodinâmicas dos líquidos e gases. A água serve como um exemplo conveniente para tratar a relação entre o aquecimento e as mudanças de estado, dadas suas peculiaridades. (Watanabe, 2008, p. 61)

Todavia, como é de conhecimento dos professores de Física, existem vários conceitos físicos relacionados a natureza molecular da água, que

⁴ Essa investigação nos Livros Física 1, 2, e 3 dos autores Alysson Ramos Artuso e Marlon Wrublewski (2015), da editora Positivo, corresponde a uma das etapas de um projeto de extensão denominado “A utilização do tema água na educação básica”. A análise tinha como objetivo investigar a abordagem do tema água nos referidos livros, disponibilizados na biblioteca da escola participante do projeto.

explicam fenômenos como as mudanças de estado físico da água, o seu elevado calor específico, sua densidade, etc. Esses conceitos são explorados pelo professor no Ensino Fundamental, mas poderiam ser abordados em maior complexidade no Ensino Médio. Seguindo as próprias orientações dos documentos curriculares, como a BNCC (2018), que descreve o Ensino Médio, como complementação e aprofundamento dos conteúdos do Ensino Fundamental (Brasil, 2020).

Para Torralbo e Marcondes (2009, p. 148): “é importante que se reflita sobre a abordagem desse tema na escola, considerando o papel que esta tem na veiculação de informações e conhecimento [...]”. Considerando os atuais estudos das anomalias da água realizado pela professora Marcia Barbosa, mencionada anteriormente, o docente pode introduzir em suas aulas de Física as peculiaridades da água, paralelo, à divulgação dos trabalhos da referida pesquisadora, na intenção de também aproximar dos estudantes o que se tem produzido na academia brasileira.

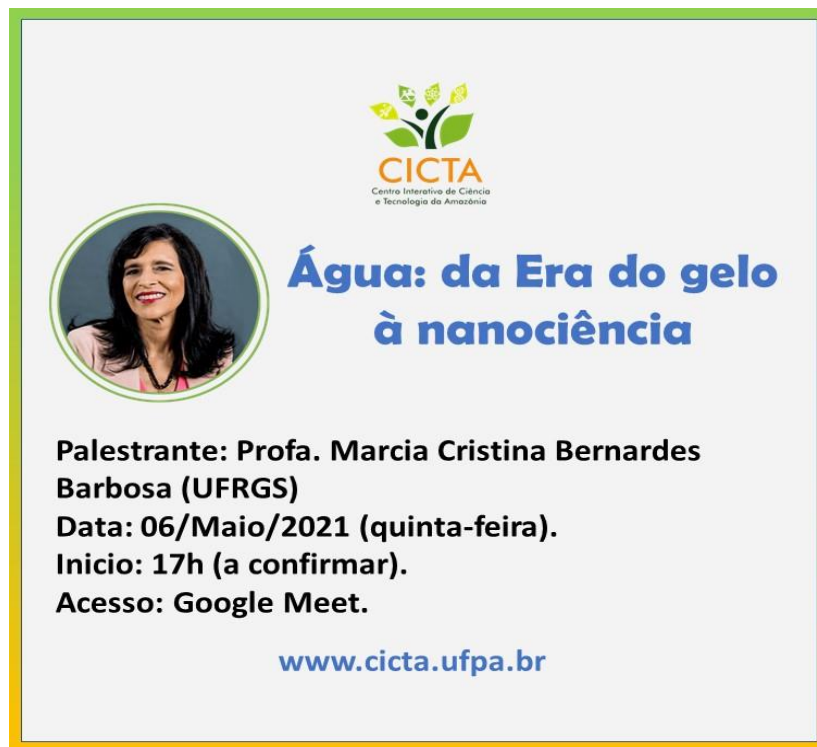
A própria pesquisadora demonstra um interesse em tornar acessível o resultado das suas pesquisas científicas sobre as anomalias da água à população de modo a desmistificar a ideia de que a água é um líquido simples e, portanto, que precisa ser investigado. A professora tem realizado um intenso trabalho no desejo de comunicar e divulgar as suas pesquisas, o que é observável nas inúmeras entrevistas, reportagens, em produções acadêmicas como o artigo: “*Aprendendo com as esquisitices da água*” (Barbosa, 2015) e das suas inúmeras *lives* realizadas, especialmente, no período de pandemia.

Os conteúdos produzidos são sempre no sentido de apresentar a água, como um líquido diferente dos outros materiais. Ao fazer menção sobre esta molécula, Barbosa (2015, p. 01), inicia seus textos/entrevistas/*lives* descrevendo que: “[...] A água é um líquido fascinante [...]” ou por vezes, como ela mesma denomina “esquisito”. Com muita propriedade, conduz os ouvintes e leitores a conhecer as peculiaridades da água de forma dinâmica, popularizando o conhecimento científico.

Há alguns anos a professora Marcia Barbosa, com o intuito de democratizar o conhecimento científico que tem sido produzido sobre a água, em seus mais diversos níveis, seja para um público geral ou mesmo mais específico, vem utilizando a *internet*, mais, precisamente, as redes sociais ou

canais do *YouTube* para realizar suas apresentações como ilustrado na Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Divulgação do Webinar Água: da Era do gelo à nanociência.



Fonte: Centro Interativo de Ciência e Tecnologia da Amazônia (CICTA) (2021).

A pesquisadora ainda se engaja em questões sobre o feminismo e as desigualdades de gênero na área de Ciências, na intenção de incentivar e desenvolver um interesse maior das mulheres pelas Ciências, desmistificando que esta é uma atividade quase que exclusivamente masculina.

Portanto, estudar as propriedades anômalas da água nas diferentes etapas da Educação Básica, em especial nas aulas de Física, implica em aproximar a sociedade dos conhecimentos específicos que têm sido produzidos nos laboratórios de pesquisa científica do Brasil e no mundo. Tais informações, como a, de que água é um líquido diferente, precisam ser utilizadas com o objetivo de propor novos meios para se obter água limpa (Barbosa, 2015).

Figura 2 - Divulgação da V Semana Acadêmica da Licenciatura em Ciências Exatas.



Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2020).

Assim, diante dessas informações, os docentes podem elaborar atividades que tratem deste tema tão contemporâneo de acordo com os seus contextos, sempre no sentido de valorizar a temática, divulgar a pesquisa e propor soluções para os problemas locais, regionais ou mesmo globais.

1.2 - Abordagem das propriedades físicas da água no Ensino de Ciências: Uma análise a partir de teses, dissertações e artigos científicos

Breve Panorama das Propriedades Físicas-Químicas da Água abordadas no Ensino de Ciências

A relevância da temática água no Ensino de Física suscitou a necessidade de realizar um breve levantamento bibliográfico na literatura a partir de trabalhos com foco na abordagem das propriedades físico-químicas da água. A pesquisa restringe-se aos comportamentos ditos anômalos da água, ou seja, incomuns que a diferenciam de outros materiais.

O levantamento foi realizado no período de outubro a novembro de 2019 com a finalidade de identificar e analisar como se tinha desencadeado a abordagem das anomalias da água no Ensino Médio e ocorreu a partir da análise

das fontes documentais existentes na literatura brasileira. Para tanto, os bancos de dados selecionados para a investigação do objeto de pesquisa foram: Portal de Periódicos da Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Google Acadêmico e a Plataforma Sucupira.

Os termos utilizados para o presente estudo foram: “propriedades da água”, “anomalias da água” e “ensino”. É válido ressaltar que a temática em questão é um tema transversal que pode ser abordado em diferentes disciplinas como Física, Biologia, Química e Geografia, tornando-se um tema comum na literatura existente. Diante deste fato, tornou-se evidente que os termos da pesquisa precisavam estar entre aspas, com o objetivo de selecionar os trabalhos mais adequados ao tema que se está investigando.

As produções encontradas incluem teses, dissertações e artigos científicos. Os trabalhos foram selecionados, por meio da leitura de seus títulos, resumos e palavras-chave. Considerando os critérios anteriores, as produções encontram-se organizadas no Quadro 1, com seus respectivos anos, autores, instituições de ensino e o título do trabalho.

Quadro 1- Levantamento de Teses, Dissertações e Artigos Científicos.

TESES		
ANO	AUTOR/INSTITUIÇÃO	TÍTULO
2018	Michele Marcelo Silva Bartolai USP	Percepções escolares sobre água na perspectiva da Teoria das representações sociais
2018	Aline Carvalho Freitas UFRGS	Água: Temática integradora dos conteúdos curriculares aos temas transversais a partir de metodologias investigativas
DISSERTAÇÕES		
ANO	AUTOR/INSTITUIÇÃO	TÍTULO
2008	Giselle Watanabe USP	Elementos para uma abordagem temática: A questão das águas e sua complexidade
2009	Daniele Torralbo USP	O tema água no ensino: a visão de pesquisadores e professores de Química
2016	Alessandro Rodrigues Barbosa UnB	Água como um tema CTS no ensino médio: Uma proposição
2018	Claudiane Ferreira dos Santos Rocha UFPE	Torneio Virtual para o desenvolvimento de práticas no ensino sobre a temática água

2018	José Antônio Bezerra de Oliveira UFPE	Flex-Água: Ferramenta para o ensino da água na perspectiva da aprendizagem significativa crítica na educação básica
ARTIGOS		
ANO	AUTOR/INSTITUIÇÃO	TÍTULO
2015	Marcia Cristina Bernardes Barbosa Revista e-Boletim de Física	Aprendendo com as esquisitices da água
2017	Sarita de Cassia Brunelli e Felipe Raíck Programa de Pós-Graduação Revista Física na Escola	A física premiada: Márcia Barbosa, a água e a sala de aula

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Os dados das produções apresentados no Quadro 1 evidenciam de poucos trabalhos sobre as propriedades físicas da água no Ensino de Ciências, com as ferramentas. Nesse levantamento foram selecionados apenas os trabalhos que apresentaram o tema água como a questão principal de seus estudos, em um total de 9 (nove).

A análise das produções científicas indicou que o tema água tem sido objeto de estudo em diversas áreas de ensino, especialmente da Química. Todavia, percebe-se que o tema é amplamente debatido sobre a perspectiva da educação ambiental, tratamento da água e saúde humana, com diferentes abordagens teórico-metodológicas, tanto para a formação de professores como para o ensino e aprendizagem.

O enfoque dos trabalhos, em geral, não difere muito quanto ao objeto de pesquisa. Entretanto, existem poucos trabalhos que utilizam a água como principal objeto de estudo, ou melhor, que não consideram suas propriedades físico-químicas, mas a utilizam como um meio material durante um experimento, com a finalidade de verificar algum fenômeno físico; nos trabalhos voltados para a área de Química e Física.

Quanto à metodologia da pesquisa, verifica-se a existência de atividades investigativas, mas não com o uso de uma SEI.

Há ainda as produções que abordam o tema somente sobre o viés da pesquisa em Física, como os trabalhos desenvolvidos pela física teórica Dr. Márcia Barbosa da UFRGS. Dentre os seus artigos encontramos o “*Aprendendo com as esquisitices da água*” (Barbosa, 2015), que apresenta a importância e

implicações das anomalias da água para a sociedade, frente à preocupação iminente com a escassez desse líquido.

A cientista supramencionada recebeu uma série de prêmios, dentre eles podemos destacar o Prêmio L'Oréal da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) para Mulheres na Ciência (2013) e, em 2019, foi eleita membro da Academia Mundial de Ciências (*TWAS – The World Academy of Sciences*). Seu trabalho sobre uma das anomalias da água, denominada de difusão, descoberta por seu grupo de pesquisa, impactou a sociedade nacional e internacional devido à sua importância.

Ainda assim, mesmo diante da importância que se atribui às propriedades da água, o número de trabalhos continua reduzido nos programas de pós-graduação no Ensino de Física, principalmente na Região Norte, enquanto nas Regiões Sul e Sudeste apresentam-se em maior número. Por outro lado, a escassez de água tem sido um tema recorrente nas discussões dos órgãos governamentais e nas escolas e a Amazônia passa a estar presente nos discursos de educadores, cientistas e políticos da região e país, por ser a maior bacia hidrográfica do mundo.

São questões como estas que reiteram a importância da água como um dos principais objetos de estudo na educação básica. Pois, a partir da apropriação dos conhecimentos de suas propriedades específicas, pode-se futuramente buscar soluções ou ao menos contribuir para minimizar o problema da falta de água no mundo, como por exemplo, trabalhando questões referentes à sua qualidade. Portanto, é preciso estudar para conhecer e compreender a natureza da água e assim contribuir de forma significativa com as problemáticas que envolvem esse líquido.

Todas as questões levantadas e atribuídas à água no contexto da educação, precisam ser revistas e reformuladas, pois os estudantes e toda a comunidade precisam reconhecer e valorizar este líquido tão peculiar, com a finalidade não somente de se apropriarem dos fenômenos físicos associados a este fluido, mas, como pesquisadores nos ambientes escolares, atuarem sobre os problemas encontrados em sua própria comunidade. Nesse sentido Carvalho (2011, p. 253) descreve que o:

“Ensino de Ciências precisa ser planejado para ir além do trabalho como conceitos e ideias científicas: é preciso que a escola ofereça condições para que a cultura da ciência seja conhecida pelos estudantes”.

Propomos assim, uma maior proximidade entre o que está sendo produzido de conhecimento científico na academia e a comunidade escolar. Essa proximidade pode contribuir com a eliminação da separação existente entre o trabalho de professores-pesquisadores e dos pesquisadores-acadêmicos, além da ruptura de algumas concepções relacionadas à água, como, por exemplo, a crença de que tudo que se relaciona a este líquido já foi descoberto e que não há mais nada o que se aprender sobre ele.

Diante da escassez de trabalhos encontrados e reiterando novamente a importância deste estudo na educação básica, além das atuais descobertas referentes aos comportamentos da água no contexto da academia científica, o que nos dá um novo olhar, acerca deste líquido tão peculiar, justificamos o interesse pelo tema dessa pesquisa. Deste modo, partindo da ideia de que a água é um líquido incomum e abundante (mas não é um recurso infinito), e utilizando como referencial teórico-metodológico as SEI, podemos propor aulas diversificadas sobre o assunto.

2 CAPÍTULO - O CONTEXTO TEÓRICO DA PESQUISA

2.1 Mudanças no Ensino de Ciências

Na literatura, no que se refere ao Ensino de Ciências, existe uma variedade de estratégias pedagógicas cujo objetivo é contribuir no processo de ensino e aprendizagem. Tais concepções foram se constituindo e se solidificando ao longo das mudanças ocorridas na sociedade.

Por um longo período, o Ensino de Ciências foi compreendido como um *produto-final*, que contemplava a transmissão de conceitos, leis e fórmulas pelos professores aos alunos (Carvalho, 2011). Este modelo que ficou comumente conhecido como Aprendizagem Por Transmissão (APT).

A APT, caracteriza-se pela transmissão, assimilação e reprodução de informações dadas pelo professor ao aluno (Cachapuz; Praia; Jorge, 2002). Nesta perspectiva, a proposta de ensino possui como fundamentos aulas teóricas expositivas e com poucas atividades práticas/experimentais, exceto em alguns momentos, para fins de elucidação de um fenômeno específico, mas, sem o envolvimento dos alunos (Rosa; Rosa, 2012).

As características mencionadas acima com relação à APT denotam que o ensino nesta concepção está centralizado no professor, como se ele fosse o detentor de um conhecimento definitivo e inquestionável, enquanto o aluno tem a função de reiterar as informações recebidas.

As mudanças no Ensino de Ciências passaram a ocorrer de acordo com as necessidades vigentes nas diferentes épocas. Questões políticas, sociais e econômicas influenciaram diretamente a forma de se ensinar (Zompero, Laburú, 2010). Tal processo de mudança foi realizado de forma gradual e vários indícios reforçaram a necessidade de ruptura de paradigmas existentes para o surgimento de novas formas de ensinar e fazer ciência, principalmente pelo insucesso quanto ao aprendizado dos alunos, o qual se tornou o ponto-chave para esta mudança de perspectiva no Ensino de Ciências.

Neste sentido, Carvalho (2013) aponta dois aspectos que nortearam estas mudanças. Em primeiro lugar destaca-se o aumento progressivo do conhecimento e, conseqüentemente, a impossibilidade de ensinar sobre estes conteúdos e suas especificidades. De acordo com esta referida autora, um

segundo fator são as pesquisas epistemológicas sobre a importância do trabalho individual e coletivo, e o quanto isso contribui para o aprendizado.

Outro sinal de modificações é a necessidade do uso prático daquilo que os estudantes aprendem na escola. Pois, no sentido geral, compreende-se que o conhecimento não é mais visto como algo neutro e descontextualizado, como é descrito no excerto a seguir.

A educação em Ciências, em termos de finalidades, deixará pois de se preocupar somente com a aprendizagem de um corpo de conhecimentos ou de processos da ciência, mas antes garantir que tais aprendizagens se tornaram úteis e utilizáveis no dia a dia - não numa perspectiva meramente instrumental, mas sim numa perspectiva de ação no sentido de contribuir para o desenvolvimento pessoal e social dos jovens, num contexto de sociedades tecnologicamente desenvolvidas que se querem abertas e democráticas (Cachapuz, 2002, p. 02).

Desta forma, os objetivos de ensino deixam de atender exclusivamente apenas a apresentação de todos os eixos temáticos propostos pelos currículos, mas uma nova necessidade ganha espaço, que é o como usar o conhecimento no seu contexto social e compreender a sua importância para justificar, modificar e resolver problemas.

Por outro lado, as investigações apontam um desinteresse por parte dos alunos quanto ao aprendizado de Ciências, tornando-se mais uma questão a ser discutida e enfrentada pelos educadores. A falta de interesse justifica-se por inúmeros fatores, porém a razão mais comum referenciada pelos pesquisadores em educação é o caráter abstrato e complexo da Ciência (Cachapuz; Praia; Jorge, 2002). Esta é, portanto, uma particularidade da atividade científica, salientada pelos professores e alunos que apresentam dificuldades em compreender os sentidos e significados dos conteúdos relacionados à disciplina.

Nesse sentido, é necessário um olhar atento sobre como esse o ensino ocorre nas salas de aula para compreender o que gera a falta de interesse nos alunos e até o seu baixo desempenho. Segundo Cachapuz (2002, p. 31), “a educação científica tem estado orientada para preparar os estudantes, como se todos pretendessem chegar a ser especialistas em Biologia, Física ou Química”. Desta forma, há uma supervalorização dos conteúdos específicos, em detrimento dos interesses e dificuldades particulares dos estudantes, uma vez

que a sala de aula é um ambiente diverso. Assim, tal forma de ensinar Ciências tem contribuído para a solidificação de uma imagem distorcida, dogmática e empobrecida da atividade científica (Gil; Vilches, 2001), e, conseqüentemente, provocando visões negativas em relação às disciplinas científicas nos estudantes.

Ademais, destacam-se no Quadro 2 sete aspectos sobre esta questão que Gil e Vilches, (2001) denominam de *deformações* no Ensino de Ciências. Tais concepções estão sendo transmitidas e produzem visões empobrecidas da educação científica.

Quadro 2- Visões deformadas expressas da atividade científica.

DEFORMAÇÕES	IDEIAS EXPRESSAS
Visão Empírico-Indutivista e Ateórica	Valorização da observação, indução e experimentação para a comprovação de uma teoria.
Visão Rígida	O método científico é constituído por etapas que devem ser seguidas.
Visão Aproblemática e Ahistórica	O conhecimento não é compreendido como um produto de um problema. Além de não considerar os seus aspectos evolutivos.
Visão Exclusivamente Analítica	Não valoriza a unificação entre as áreas do conhecimento, em detrimento da simplificação ou mesmo separação entre os corpos do conhecimento.
Visão Acumulativa de Crescimento Linear	O conhecimento cresce de forma linear e cumulativo.
Visão Individualista e Elitista	O conhecimento é produzido por uma minoria, como um pesquisador ("gênio") ou apenas um grupo.
Visão Descontextualizada	A ciência é apresentada de forma descontextualizada, esquecendo-se das relações desta com a sociedade.

Fonte: Adaptado de Gil; Vilches (2001).

Essas são as principais visões deformadas que foram sendo construídas em relação ao Ensino de Ciências, segundo os artigos de periódicos da área de ensino investigativo (Gil; Vilches, 2001). Essas visões têm contribuindo para a forma o ensino tem se desenvolvido e, conseqüentemente, a falta de interesse dos alunos por aprender ou mesmo ingressar em cursos de Ciências, Matemática, Engenharia e outras áreas afins. Portanto, essas visões necessitam ser desmistificadas diante do que tem se estabelecido no Ensino de Ciências.

Mediante este cenário de mudanças, de crises e dificuldades, a relação entre aluno e professor também sofrem transformações. Há necessidade de introduzir novos métodos no processo de ensino e aprendizagem. Essa mudança de hegemonia dá espaço à Aprendizagem por Descoberta (APD), que se fundamenta na participação ativa dos alunos e a valorização das suas concepções alternativas (Rosa; Rosa, 2012).

Dentre as principais tendências da educação que valoriza a inserção dos alunos, podemos citar o Ensino por Investigação ou *enquiry* fortemente inspirado pelas ideias do filósofo e pedagogo americano John Dewey (Zompero; Laburú, 2010). Essa e outras perspectivas representaram uma mudança de paradigma de ideias até então vigentes e o início de um novo ciclo para o Ensino de Ciências, que influenciou e modificou o currículo e as metodologias de ensino.

O Ensino por Investigação apresenta-se como uma metodologia de ensino em que os estudantes passam a ser sujeitos ativos e o professor o mediador das atividades e, surgindo em um momento em que novas relações de ensino são almejadas, de acordo com as novas exigências do contexto social, econômico, político e curricular, como descrito no trecho a seguir.

A educação científica, na primeira metade do século XX, teve seu objetivo principal voltado aos valores sociais, devido ao crescimento da urbanização, da migração e problemas relacionados com a saúde pública. Neste sentido a *enquiry* foi vista como um modo de desenvolver habilidades necessárias para resolver problemas de relevância social, ao invés de apenas desenvolver nos alunos habilidades de raciocínio. (Zompero; Laburú, 2011, p. 71)

Neste sentido, o Ensino por Investigação pretende estimular as habilidades cognitivas dos estudantes, tornando-os sujeitos ativos. Assim, conforme os autores supracitados, os objetivos dessa proposta se distancia daquele da década de 1960, que era formar cientistas, e apresenta atualmente outra finalidade, como destacado no excerto a seguir.

Atualmente, a investigação é utilizada no ensino com outras finalidades, como o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, a realização de procedimentos como a elaboração de hipótese, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação. (Zompero; Laburú, 2011, p.73)

Além disso, uma atividade que envolve elaboração de hipóteses, anotações, análises de dados e a construção de argumentos frente a situações problemas são características de um Ensino por Investigação. Todavia, outros aspectos são mencionados por serem considerados como essenciais para este tipo de estudo. Tais quais: a problematização, emissão de hipóteses, valorização do trabalho coletivo, estimular a reflexão dos alunos etc (Pérez; Castro, 1996).

No entanto, o referido trabalho restringe-se à discussão das Sequências de Ensino por Investigação (Carvalho, 2013) como proposta metodológica para o Ensino de Ciências. Esta proposta didática originou-se por meio das investigações realizadas por grupos de estudo do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

2.2 Sequências de Ensino Investigativas (SEIs)

A Sequência de Ensino Investigativa (SEI) difere-se das demais práticas investigativas no sentido de apresentar algumas especificidades. Segundo Carvalho (2013), para que se crie um ambiente que permita o estudante construir o conhecimento científico são necessárias quatro etapas, consideradas como os fundamentos de uma SEI; tais etapas são descritas a seguir.

1. Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor

A primeira etapa é considerada fundamental, pois corresponde a base de toda a atividade investigativa. Deste modo, a atividade deve iniciar pela proposição de um problema dado pelo professor, podendo ser de caráter experimental ou teórico. O problema deve ser apresentado ao aluno de forma contextualizada e a proposição deve ser baseada em circunstâncias que os permitam desencadear o raciocínio e se possível trabalharem sobre as variáveis em torno do problema investigado. (Carvalho, 2013)

A problematização norteia toda a proposta da atividade e deve propiciar situações que conduzam os estudantes a elaborarem hipóteses e argumentos. Neste sentido, Zompero e Laburú (2011, p. 75) destacam que “é necessário que

os alunos se interessem pelo problema a ser investigado, de forma a sentirem-se motivados a resolvê-lo". Portanto, o problema deve ser algo autêntico e que incentive os alunos a buscarem respostas, podendo ser introduzido a partir do uso de figuras, textos, ou mesmo por meio das ideias empíricas dos alunos. Estes são os chamados problemas não experimentais. Os problemas do tipo experimental que fazem uso de elementos (como o fogo) e que podem proporcionar um eventual perigo aos alunos devem ser manipulados pelo professor (Carvalho, 2013).

Assim, existem algumas características fundamentais que o docente precisa considerar durante escolha do problema a ser utilizado na atividade, como enfatizado no excerto a seguir.

O problema não pode ser uma questão qualquer. Deve ser muito bem planejado para ter todas as características apontadas pelos referenciais teóricos: estar contido na cultura social dos alunos, isto é, não pode ser algo que os espante, e sim provoque interesse de tal modo que se envolvam na procura de uma solução e essa busca deve permitir que os alunos exponham os conhecimentos anteriores adquiridos (espontâneos ou já estruturados) sobre o assunto. (Carvalho, 2013, p. 11).

Desta forma, a definição do problema, de acordo com as características mencionadas anteriormente, é essencial para a construção da atividade investigativa e o desenvolvimento das demais etapas que compõem uma SEI.

2. Etapa de resolução do problema pelos alunos

A proposta principal do Ensino por Investigação é criar situações para que os estudantes não realizem algo de modo algorítmico, mas, que proponham possíveis soluções ao problema a ser investigado. Logo, durante a segunda etapa, deve haver um contato destes sujeitos com o material disponibilizado, de maneira que possam manipulá-lo, como é mencionado a seguir.

Nesta etapa, o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses (ou seja, ideias para resolvê-lo) e os testes dessas hipóteses (ou seja, pôr essas ideias em prática). É a partir das hipóteses - das ideias - dos alunos que quando testadas deram certo que eles terão a oportunidade de construir o conhecimento. As hipóteses que quando testadas não deram certo também são muito importantes nessa construção, pois é a partir do erro - o que não deu certo - que os alunos têm confiança no que é certo, eliminando as variáveis que não

interferem na resolução do problema, O erro ensina... e muito. (Carvalho, 2013, p. 11 e 12).

Desse modo, como destacado anteriormente, a ação manipulativa é uma atividade importante neste processo de construção do conhecimento científico. O aprender não se restringe somente ao domínio da exposição oral pelo professor, mas em ações realizadas pelos sujeitos envolvidos na pesquisa e que dará origem à elaboração de hipótese, testes e à identificação de possíveis erros.

Essa perspectiva de atuação do aluno sobre o objeto investigado contribui para a formação de um sistema conceitual coerente nos alunos durante as aulas de ciências e que deve ser acompanhado de discussões de ideias que suscitaram o gerir, o clarificar, o acompanhar e a distribuir ideias entre os integrantes de cada grupo (Oliveira; Carvalho, 2005).

Ainda nesta etapa, toda a linha de raciocínio é centrada nos alunos. O professor tem o papel de observar e certificar se os grupos entenderam o problema. Portanto, o objetivo dessa etapa é levar os estudantes à compreensão de que suas ações manipulativas sobre o material têm a intenção de, na etapa seguinte, conduzi-los na formação da ação intelectual do conteúdo. Assim, cada etapa está intrinsecamente aliada a outra.

3. Etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos

Neste momento, a ideia central é a sistematização coletiva das hipóteses, testes e erros encontrados pelos estudantes na etapa anterior. Portanto, o objetivo é sistematizar estes elementos de forma organizada, por meio da orientação do docente. Existem algumas perguntas norteadoras que o docente pode realizar, tais como:

Como vocês conseguiram resolver o problema? – o professor busca a participação dos alunos, levando-os a tomar consciência da ação deles. É a etapa da passagem da ação manipulativa à ação intelectual [...]. O Professor, ao atentar que todos já relataram o que fizeram, deve fazer a próxima pergunta (um conjunto de perguntas) *‘Por que vocês acham que deu certo?’* ou *‘Como vocês explicam o porquê de ter dado certo?’* Com esse tipo de pergunta, os alunos buscam uma justificativa para o fenômeno, ou mesmo uma explicação causal, mostrando, no conjunto da classe, uma argumentação científica. (Carvalho, 2013, p. 12).

Diante do exposto, tais perguntas incentivam e conduzem os estudantes a refletirem sobre as suas ações manipulativas sobre o objeto. O professor precisa conduzir de forma pontual para que os alunos justifiquem os seus argumentos, destacando os aspectos que estão em desconformidade com as suas alegações (Bellucco; Carvalho, 2014).

O professor não deve criar expectativas de que os estudantes apresentem argumentos sólidos e organizados sobre o problema apresentado. Deve estar ciente que as reflexões dos estudantes estarão sujeitas a modificações (Pérez; Castro, 1996), especialmente porque haverá o confronto dos seus conhecimentos empíricos com os novos conceitos descobertos.

Ainda neste aspecto, o professor tem a função de mediar as discussões, devendo estar atento aos argumentos dados pelos alunos na intenção de ampliá-los e acrescentar novas alegações e, conseqüentemente, conduzir os alunos à conclusão de que os novos argumentos se originam de observações (Pérez; Castro, 1996).

4. Etapa do escrever e desenhar

As duas etapas anteriores se desenvolveram por meio do trabalho coletivo entre os indivíduos dos grupos formados. Todavia, torna-se necessário a organização de ideias, ou seja, a sistematização dos argumentos de forma individual, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos dos alunos (Carvalho, 2013). As atividades devem ser contextualizadas, sem perder o seu caráter investigativo e desafiador.

Há várias formas de se realizar este tipo de atividade. Porém, é comum recorrer a questões como: *“No seu dia a dia, onde vocês podem verificar este fenômeno?”*, na intenção de conduzir os alunos a refletirem e relacionarem o problema a situações do seu cotidiano (Carvalho, 2013), com objetivo final de refinar o conhecimento científico dos estudantes a partir do acesso a novas informações sobre um dado conteúdo.

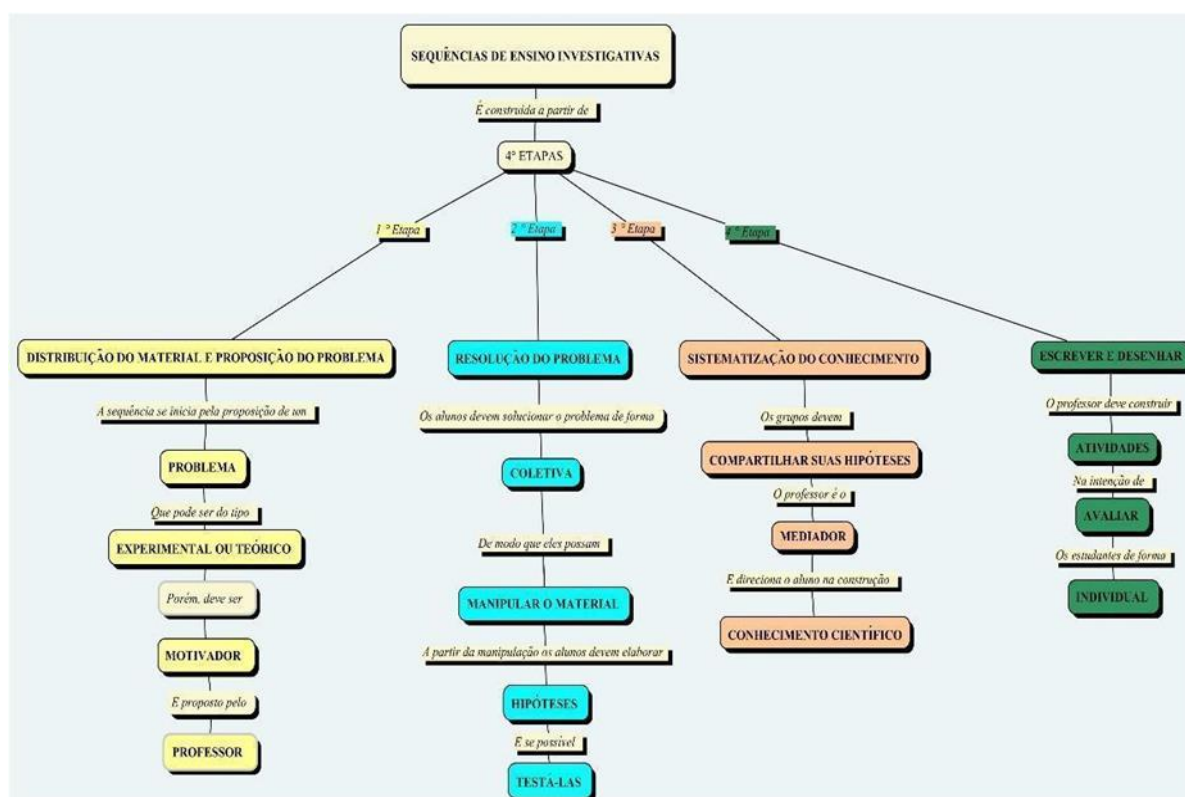
Para tanto, o docente pode fazer uso de técnicas como a escrita e/ou desenho. Estas duas técnicas em conjunto têm se consolidado no cenário da educação científica com um sistema conceitual coerente. A escrita, de modo especial, tem se desencadeado como um mecanismo cognitivo singular na

organização e refinamentos de ideias sobre temas específicos (Oliveira; Carvalho, 2005).

Além disso, a introdução das SEI também exige que se adapte a forma de avaliar os alunos. Desta forma, o instrumento de avaliação deve ser condizente com o método de ensino utilizado. A avaliação deve ter caráter formativo e não somativo, visando harmonizar o propósito do ensino proposto pelas SEIs com a avaliação da aprendizagem (Carvalho, 2013).

Nesse sentido, conforme as etapas descritas, o organograma da Figura 3 apresenta, como síntese, todos os elementos constituintes de uma SEI.

Figura 3 - Mapa Conceitual das SEIs baseado em Carvalho (2013).



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Logo, o desenho metodológico de uma atividade, seguindo todas as características de uma SEI, mencionadas anteriormente, possibilita a criação de um ambiente em que os alunos são estimulados a apresentar suas ações e ideias para a solução do problema em questão. Uma SEI é uma estratégia que gera situações argumentativas no contexto da sala de aula (Carvalho, 2013). No próximo capítulo, apresentamos a estrutura metodológica da pesquisa e a como foi criado o produto didático.

3 CAPÍTULO - PERCURSO METODOLÓGICO

A abordagem metodológica adotada na presente dissertação é do tipo qualitativa, uma vez que não se utiliza de instrumentos estatísticos para a análise de dados de um determinado problema que se deseja investigar. Deste modo, o seu objetivo não consiste em quantificar as informações obtidas, mas em compreender a natureza de determinado acontecimento social (Richardson, 1985).

Podemos elencar algumas características da abordagem qualitativa que fazem parte desse trabalho: (1) A escola é um espaço que faz parte do ambiente natural da atividade docente, permitindo ao pesquisador ser o investigador principal do objeto e também dos sujeitos envolvidos; (2) Os dados coletados devem ser descritivos; (3) É dada uma maior ênfase nos processos do que os próprios resultados; (4) A importância da temática para os estudantes e a comunidade é considerada vital (Bogdon; Biklen, 1991).

Tais aspectos da pesquisa qualitativa alinham-se com cada uma das atividades a serem propostas, no sentido de que a investigação é situada em um ambiente natural do pesquisador, onde há o seu contato direto com a situação estudada e com os sujeitos participantes da pesquisa, podendo assim gerir, mediar e analisar todos os processos e dados obtidos de forma sistematizada.

Dessa forma, como **objetivo geral** buscamos *compreender em que termos a implementação de uma sequência didática de ensino por investigação pode favorecer o ensino e aprendizagem de algumas propriedades anômalas da água* e responder à **pergunta da presente pesquisa**: que potencialidades e dificuldades existem para a implementação de uma sequência didática a respeito de três propriedades anômalas da água? Traçamos **como objetivos específicos**: Desenvolver uma sequência didática sobre tensão superficial, densidade e calor específico da água, com atividades diversificadas baseada na SEI (1); Produzir e disponibilizar vídeos acerca das propriedades anômalas da água (2).

As atividades da sequência didática foram realizadas no período entre maio a agosto de 2022 com alunos colaboradores das turmas do sexto ao nono ano do Ensino Fundamental da Escola de Ensino Fundamental Duque de

Caxias, localizada em uma comunidade do interior do Município de Moju/PA, que foi o lócus da pesquisa.

3.1 SEI: uma proposta de ensino com a temática Anomalias da água.

As atividades foram desenvolvidas de acordo com os fenômenos a serem demonstrados por experimentos e conforme a SEI (CARVALHO, 2013). Desta forma, iniciamos as atividades com os experimentos relacionados à tensão superficial, seguido de calor específico e, por fim, dilatação anômala da água no período de maio a agosto de 2022 com alunos das turmas do sexto ao nono ano do Ensino Fundamental de uma Escola pública, localizada em uma comunidade do interior do Município de Moju/PA.

Dada a escassez de materiais didáticos, especialmente em língua portuguesa, que explorem as propriedades físico-químicas da água, consideramos necessária a produção de vídeos que explorem as três propriedades da água aqui, consideradas a saber: tensão superficial, calor específico e dilatação anômala, com objetivo de contribuir para o ensino e aprendizagem de Física, em todos os níveis da educação.

A produção dos vídeos foi realizada durante o período da pandemia de Covid-19, entre maio de 2021 e janeiro de 2022. Em razão das condições de isolamento e distanciamento social ocasionados pela pandemia, as gravações dos primeiros vídeos ocorreram na residência de colaboradores e/ou bolsistas do Laboratório de Demonstrações (LABDEMON) da UFPA. Porém, à medida que as atividades presenciais foram retornando, alguns vídeos foram gravados no próprio espaço do Laboratório.

Com relação aos materiais utilizados nos experimentos, em sua maioria foram materiais de baixo custo e de fácil acesso, possibilitando a reprodução por estudantes, professores ou mesmo curiosos no assunto. Após as gravações dos experimentos, antes que os vídeos fossem disponibilizados nos sítios eletrônicos, eles foram apresentados de forma *remota* aos demais integrantes do projeto, incluindo professores, bolsistas e colaboradores, com o objetivo de discutir os conceitos físicos envolvidos no experimento e possíveis alterações e/ou adaptações que poderiam ser feitas para a obtenção da versão final de cada um dos vídeos.

Vale destacar que as discussões foram necessárias, uma vez que é possível produzir várias versões de um único experimento e alterar os materiais por outros que se adaptem melhor aos objetivos ou mesmo que sejam de mais fácil acesso. Todos os vídeos gravados e utilizados nas atividades encontram-se publicados no canal do *YouTube* “Laboratório de Demonstrações - UFPA” e compõe o produto didático da presente pesquisa juntamente com a sequência didática sobre o tema anomalias da água. Nesse material disponibilizamos os links dos vídeos e as sugestões de práticas experimentais que estão organizadas de acordo com cada uma das três propriedades da água citadas anteriormente.

As atividades foram desenvolvidas de acordo com a SEI de Carvalho (2013) e a partir dos fenômenos a serem demonstrados pelos experimentos relacionados à tensão superficial, seguido de calor específico e por fim dilatação anômala da água, conforme descrito brevemente no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Atividade com Experimentos.

Propriedade da Água	Vídeos das Atividades
Tensão Superficial	Tensão Superficial I, II, III, IV, V e VI;
	Reduzindo a Tensão Superficial I
	Água que Não Cai I, II, III
Estrutura Molecular da Água	Desvio da Água
Calor Específico	Balão que não estoura I, II e III
Densidade	Dilatação Anômala da Água

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4 CAPÍTULO - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentamos os relatos da experiência com a SEI acerca das propriedades anômalas da água, sobre os quais fazemos reflexões e

discutimos com a literatura pertinente, destacando aspectos positivos e desafiadores no desenvolvimento das atividades.

Experiência I: Tensão Superficial

A primeira atividade explora a temática tensão superficial da água. Neste caso utilizamos como base o vídeo da “Série Experimentando”: Tensão superficial I/ Surface tension I⁵. Na Figura 4 apresentamos a imagem de abertura do vídeo que está relacionado ao fenômeno investigado. Para a realização do experimento associado a este vídeo foi utilizado água, clipe de papel e um recipiente de vidro.

Figura 4 - Imagem de abertura do vídeo denominado “Tensão Superficial I”.



Fonte: Acervo do LABDEMON/UFPA (2021).

Iniciamos as atividades perguntando: - *É possível o clipe ficar boiando na água sem afundar?* Os estudantes mencionaram que isso não seria possível em razão de considerarem o clipe como um objeto pesado para ficar flutuando na água. Após as respostas dos estudantes, apresentamos à turma o vídeo Tensão

⁵ O experimento Tensão superficial I/ Surface tension I foi realizado e filmado por Sérgio Henrique Nonato de Souza, que é graduando em Física pela UFPA e bolsista do Laboratório de Demonstrações desde 2018.

Superficial I, com o intuito de demonstrar que o clipe, ao ser colocado com cuidado na superfície da água, não afundava. A partir disso, apresentamos à turma o problema a ser investigado: “Por que o clipe não afunda?” disponibilizamos em seguida os materiais necessários para que os alunos realizassem a prática em grupo. Destacamos que a atividades foram desenvolvidas com turmas do sexto ao nono ano (Figura 5).

Figura 5 - Estudantes interagindo com o experimento “Tensão Superficial I”.



Fonte: Acervo da autora (2022).

As informações coletadas pelo professor em sala de aula, tanto pelas falas dos estudantes como pelo próprio material escrito, não apontaram disparidade entre as turmas. As proposições iniciais para a solução do problema *do clipe não afundar* estavam associadas principalmente à “leveza” do objeto. Porém, os estudantes mencionaram também a necessidade de cuidado e paciência.

Percebe-se que, de maneira geral, os sujeitos não associam o fenômeno com as moléculas de água, exceto a turma do sétimo ano, na qual os relatos apresentam menções explícitas sobre a constituição da molécula de água.

Este foi o caminho introdutório para a discussão do tema, pois os próximos experimentos serão capazes de mostrar para os estudantes que a “leveza” não é a razão que justifica o fato do clipe flutuar sobre a água.

Após todas as turmas terem realizado o experimento, foram apresentados todos os vídeos relacionados a tensão superficial, a saber: Tensão Superficial I, Tensão Superficial II, Tensão Superficial III, Tensão Superficial IV e Tensão Superficial V. A partir destes vídeos os estudantes observaram que o fator “leveza” não era a razão para o clipe flutuar, pois diferentes objetos com pesos e formatos distintos flutuam sobre a água. Entre todos os objetos, o que mais despertou a curiosidade dos estudantes foi o que figura no vídeo Tensão Superficial V, pois estes, inicialmente, ao serem perguntados se a moeda flutuaria, afirmaram que isto não era possível. As demonstrações dos experimentos mencionados anteriormente proporcionam aos estudantes a percepção de que a “leveza”, formato ou mesmo o material de que é feito o objeto utilizado no experimento não são as únicas razões que explicam o fenômeno. Portanto, existe uma outra razão que está associada ao líquido, neste caso à água.

Experiência II: Água que não Cai

Em continuidade ao fenômeno da tensão superficial apresentamos ainda alguns experimentos associados ao tema, que estão presentes no canal do *YouTube* Labdemon, a saber: Água que não cai I, Água que não cai II e Água que não cai III. Na Figura 6 apresentamos a imagem de abertura dos vídeos mencionados.

Figura 6 - Experimentos “Água que não cai I, II e III”.



Fonte: LABDEMON/UFPA (2021).

Dessa forma, conforme os vídeos Água que não cai I, II e III apresentados aos estudantes, foram feitos os experimentos com o uso do papel, tela vazada e adição de palitos no copo com água, diante das seguintes situações problemas: Para o Vídeo I: “Vocês irão tentar fazer a água do copo não cair utilizando uma folha de papel”; Para o Vídeo II: “Vocês irão tentar fazer a água do copo não cair utilizando uma tela e um elástico”; no Vídeo III: “Vocês irão tentar introduzir palitos de dente no copo”.

Figura 7 - Interação dos estudantes com os experimentos “Água que não cai I, II e III”.



Fonte: Acervo da autora (2022).

As principais percepções mencionadas pelos estudantes na primeira situação são de que a água desloca o papel para o interior do copo, usando a palavra “puxar” para fazer referência ao fenômeno observado. Desta forma, o papel sustentaria a água até o momento em que o papel ficaria completamente molhado. Com relação à segunda prática experimental, os estudantes consideram os orifícios da tela pequenos para que a água caia. Ao adicionar um ou mais palitos, no terceiro experimento, verificaram que um pouco de água sai do recipiente. Além disso, ao modificar a posição do recipiente que tem o líquido, seja para a esquerda ou direita, toda a água cai.

Experiência III: Tensão superficial da água

O objetivo desta atividade é explorar a diminuição da tensão superficial da água utilizando o experimento e o vídeo denominado “Reduzindo a Tensão Superficial I”. Com esta prática finalizamos a abordagem da primeira anomalia da água investigada. Na Figura 8 apresentamos a imagem de abertura do vídeo “Reduzindo a Tensão Superficial I”.

Figura 8 - Experimento “Reduzindo a Tensão Superficial I”.



Fonte: LABDEMON/UFPA (2021).

Inicialmente o professor pergunta à turma: “É possível uma palha de aço ficar sobre a água sem afundar?”. Provavelmente por terem observado que diferentes objetos flutuam na água, a resposta dada pelos estudantes foi de que nesta situação a palha de aço também flutuaria na água, pois pode parecer mais “leve” que a moeda ou mesmo o clipe, conforme verificado nos excertos a seguir. Em seguida, os estudantes observaram o vídeo e realizaram a prática experimental; inicialmente, sabendo que a palha de aço não afundaria no líquido, como observado na demonstração experimental. Para o caso particular dessa atividade, introduziu-se o detergente. Assim, a partir da situação problema principal desta atividade: “Por que a esponja de aço afundou após colocarmos uma gota de detergente?” A Figura 9 apresenta a interação dos estudantes em diferentes momentos da prática experimental.

Figura 9 - Interação dos estudantes com o experimento “Reduzindo a tensão superficial”.



Fonte: Acervo da autora (2022).

Os estudantes, ao serem questionados, associaram o fenômeno ao líquido adicionado, pois relataram que o fato de um objeto afundar ou ficar sobre a água, utilizando como referência as situações apresentadas experimentalmente, não tem relação com o formato, peso, tamanho e o material de composição do objeto fabricado. Porém, concluiria que a adição do detergente na água seria a razão para que a palha de aço afundasse e que, se fossem utilizados os demais objetos nesta prática experimental, o mesmo aconteceria.

Experiência IV: Calor específico da água

Nessa atividade apresentamos os vídeos “Balão que não estoura I, II e III” (Figura 10), que está relacionado ao elevado calor específico da água, ilustrando o comportamento de um balão com ar, areia e água, submetido ao fogo; de modo que possamos comparar experimentalmente o calor específico destas três

substâncias. Para a realização do experimento associado a estes vídeos utilizamos três balões, água e areia, além de uma vela e um isqueiro.

Figura 10 - Experimento “Balão que não estoura I, II e III”.



Fonte: Acervo do LABDEMON/UFPA (2021).

Em sala de aula, realizamos os experimentos acima, exceto o da situação em que há areia dentro do balão. Neste último caso, essa situação foi apresentada no vídeo. Neste primeiro momento os sujeitos participantes não conhecem o que seja o calor específico e que cada substância apresenta um valor característico dessa grandeza física; portanto, os vídeos auxiliam na interpretação do fenômeno investigado, pois os estudantes verificaram experimentalmente que o balão com ar, por exemplo, estourou em um intervalo de tempo menor que com a areia e o com água. Assim, o professor propõe a seguinte questão: “Por que o balão com água não estourou?”. Na Figura 10 é apresentado diferentes momentos em que os estudantes realizam a prática experimental.

Figura 11 - Interações dos estudantes durante o experimento “Balão que não estoura I, II e III”.



Fonte: Acervo da autora (2022).

Nesta prática experimental os estudantes observaram que o balão contendo ar (Figura 11 A) estourava assim que entrava em contato com a chama da vela. Na situação em que havia areia no interior do balão (Figura 11 B), apresentada por meio do vídeo, observou-se que o balão levava um intervalo de tempo maior para estourar. Para o caso do balão contendo água (Figura 11 C e 10 D), observa-se que a região do balão que estava em contato com a chama mudava de cor, porém, o balão não estourava. Nessa prática com três substâncias diferentes, os estudantes observaram que a água comporta-se de maneira diferente em relação as outras duas.

Experiência V: Dilatação anômala da água

Nessa experiência apresentamos o vídeo que está relacionado ao fenômeno da dilatação anômala da água (Figura 11). Para a realização do experimento associado a este vídeo utilizamos água, corante, pincel marcador e recipiente de plástico.

Figura 12 - Experimento “Dilatação Anômala da Água”.



Fonte: Acervo do LABDEMON/UFPA (2021).

Essa prática experimental foi realizada pelos estudantes em suas residências. Inicialmente apresentamos o tema e o vídeo em sala de aula e descrevemos os materiais e os procedimentos necessários para a realização da prática experimental. Também sugerimos a questão inicial: “Quando diminuimos a temperatura a água, os objetos diminuem ou aumentam de volume?”. A Figura 13 apresenta alguns dos experimentos realizados pelos estudantes.

Figura 13 - Experimento “Dilatação Anômala da Água” realizado pelos estudantes.



Fonte: Acervo da autora (2022).

Após a execução, os estudantes relataram os procedimentos experimentais para a realização da atividade e suas primeiras observações em relação ao experimento. Os relatos dos estudantes descreveram que a água aumentou de volume, em alguns casos a garrafa estourou e ainda houve a situação em que o aluno não observou a expansão do líquido.

Em todas as atividades experimentais foi evidenciado a importância da demonstração experimental para elucidar fenômenos e conceitos físicos que caracterizam-se por serem abstratos e de difícil compreensão, especialmente ao que tange as anomalias da água.

Os experimentos associados com os vídeos permitem a visualização do comportamento anômalo da água em diferentes situações. Além disso, por serem realizados com materiais simples, de fácil acesso e manuseio, permitem a investigação e interação entre estudantes, de maneira que estes realizem ações que fazem parte do método científico (Carvalho, 2013).

Assim, as atividades experimentais não são inócuas ou sem intenção, mas têm um impacto pedagógico sobre os estudantes (Gaspar; Monteiro, 2005). Podemos mencionar ainda o aspecto motivacional que a experimentação ocasiona em sala de aula, pois os experimentos realizados e sugeridos estimulam a curiosidade dos sujeitos, promovendo, assim, um maior interesse pelas atividades.

As atividades experimentais são por nos consideradas essenciais para os estudantes, sendo, portanto, apresentadas como produto da presente dissertação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação versa sobre uma pesquisa de cunho qualitativo, com o foco principal em três características anômalas da água. Foi estruturada a partir de diversas atividades experimentais organizadas em Sequências Didáticas Investigativas (SEIs), associadas à produção de vídeos, em parceria com Laboratório de Demonstrações (LABDEMON) da UFPA. Buscamos responder que potencialidades e dificuldades existem para a implementação desse tipo de atividade e compreender em que termos elas podem favorecer o ensino e aprendizagem das propriedades anômalas da água.

A facilidade de obtenção dos materiais envolvidos, aliada com a simplicidade do experimento realizado, permitem a ampla reprodução da prática proposta, bem como alterações e adaptações originárias das necessidades locais dos professores e estudantes. Além disso, a proposta apresentada pode ser adaptada e, conseqüentemente, contemplar todos os níveis da educação, seja básica ou mesmo superior.

Em razão das consequências ocasionadas pela pandemia, a pesquisa teve suas limitações, principalmente com relação à identificação da taxa de analfabetismo científico entre os sujeitos participantes da pesquisa. Isso certamente influencia na análise dos resultados. Porém, segundo relatos dos estudantes, este foi o primeiro contato com atividades experimentais de caráter demonstrativo e investigativo, em que os estudantes foram estimulados a realizar diferentes práticas experimentais, variar suas ações sobre o objeto investigado, elaborar hipóteses e testá-las em grupo. A prática experimental e a argumentação de resultados observados em cada experimento contribui para o desenvolvimento de competências dos estudantes.

Considera-se importante realizar um movimento de repetições das atividades com os sujeitos participantes, de maneira a propor novas observações acerca das percepções dos estudantes, que não foram registradas, ou mesmo novos conceitos ou dúvidas que emergiram ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Assim, destacamos a importância dos vídeos disponibilizados como material pedagógico para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem da temática abordada.

Concluimos que os alunos podem evidenciar fenômenos relacionados às propriedades anômalas da água, a partir de atividades com SEIs, pois estas, se bem mediadas, são potencialmente significativas e favorecem a aprendizagem de conceitos abstratos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Márcia Cristina Bernades. Aprendendo com as esquisitices da água. **Revista e-Boletim de Física**, Brasília, p. 01-08, maio 2015.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em jun. 2020.

BOGDON, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto, 1991.

BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Ana Maria Pessoa. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30-59, abr. 2014.

CACHAPUZ, Antonio; PRAIA, João; JORGE, Manuela. **Ciência, Educação em Ciência e Ensino de Ciências, Ministério da Educação**, Lisboa, 2002.

CALDAS, Jocasta; CRISPINO, Luís Carlos Bassalo. Divulgação Científica na Amazônia: O Laboratório de Demonstrações da UFPA. **Revista Brasileira de Ensino de Física (Online)**, v.39, n. 2, 2309, 2017.

Canal do YouTube do Laboratório de Demonstrações da UFPA. Disponível em: <https://www.youtube.com/c/LabdemonUFPA>. Acesso em: 21 out. 2021.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa. **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo, 2013.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de Carvalho. **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

CHAPLIN, M. **Water structure and behavior**. Disponível em: <https://water.lsbu.ac.uk/water/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Sítio na internet do Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Matemática. Belém-PA. Disponível em <https://ppgdoc.propesp.ufpa.br>. Acesso em: 21 out. 2021.

Experimentando: Tensão Superficial I / Surface Tension I. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/nXZNM-p6a5A>. Acesso em: 04 maio. 2021.

Experimentando: Tensão Superficial II / Surface Tension II. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: https://youtu.be/-7ku35O_1zw. Acesso em: 5 maio. 2021.

Experimentando: Tensão Superficial III / Surface Tension III. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/dXZqTWPscKs>. Acesso em: 7 maio. 2021.

Experimentando: Tensão Superficial IV / Surface Tension IV. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/fcWpRRVrmjY>. Acesso em: 7 maio. 2021.

Experimentando: Tensão Superficial V / Surface Tension V. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/xdoDvCcp1wo>. Acesso em: 20 out. 2021.

Experimentando: Água que não cai I / Upside down glass of water I / Inverted glass I. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/xcgKOhjU2gY>. Acesso em: 20 abril. 2021.

Experimentando: Água que não cai II / Upside down glass of water II / Inverted glass II. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/llvCkVXYJ4s>. Acesso em: 29 jan. 2022.

Experimentando: Água que não cai III / Upside down glass of water / Inverted glass III. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/GWAPhT4SuHM>. Acesso em: 30 jan. 2022.

Experimentando: Reduzindo a tensão Superficial I / Reducing surface tension I. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/HWbpRXu2d-w>. Acesso em: 27 out. 2021.

Experimentando: Balão que não estoura I / Fire water ballon I. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/8McCzVC3Y-U>. Acesso em 20 abr. 2021.

Experimentando: Balão que não estoura II / Fire water ballon II. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: https://youtu.be/lhB_1B-81oQ. Acesso em 20 abr. 2021.

Experimentando: Balão que não estoura III / Fire water ballon II. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/lcHfindz0qk>. Acesso em: 26 out. 2021.

Experimentando: Dilatação anômala da água / Anomalous expansion of water. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/ugv98WGdGT0>. Acesso em: 29 jul. 2021.

Experimentando: Desvio da água / Bending water with static electricity. Laboratório de Demonstrações - UFPA. Disponível em: <https://youtu.be/lGjPooh9Vt0>. Acesso em: 9 abril. 2021.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina. Atividades Experimentais de demonstração em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227 - 254, 2005.

GIL, Daniel; VILCHES, Amparo. Uma Alfabetización Científica para El Siglo XXI Obstáculos y Propuestas de Actuación. **Investigación em la Escuela**, Nº 43, p. 27-37, 2001.

HALLIDAY, David; WALKER, Jeart; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmicas**. 9. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2012.

KONCAGÜL, Engin; TRAN, Michael; CONNOR, Richard. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. 2020.

NICOLETTI, Elenize Rangel. **Explorando o Tema Água através de diferentes abordagens metodológicas no Ensino Fundamental**. 2013. 94 f. Dissertação de Mestrado - Centro de Ciências Naturais e Exatas Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

NASCIMENTO, Lubiana Cristina Trindade. **Proposta experimental para o ensino em ciências: Maquete do ciclo hidrológico**. 2018. 134 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Física) - Universidade Federal do Pará, Abaetetuba, 2018.

OLIVEIRA, Carla Marques Alvarenga; CARVALHO, Ana Maria Pessoa. Escrevendo em aulas de ciências. **Revista Ciência e Educação**, v. 11, n. 3, p. 347-366, 2005.

PÉREZ, Gil; CASTRO, Pablo Valdés. La Orientación de Las Prácticas de Laboratorio como investigación: um Ejemplo Ilustrativo. Enseñaza de las Ciencias, 1996.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas S. A, 1985.

ROSA, Cleci Werner; ROSA, Álvaro Becker. O Ensino de Ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 58, p. 2-21, fev. 2012.

SANTOS, Jaqueline Souza. **O tema água e suas possibilidades para o ensino de física**. 2018. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Física) - Universidade Federal do Pará, Abaetetuba, 2018.

Sítio na internet do Laboratório de Demonstrações da UFPA. Disponível em <http://labdemon.ufpa.br>. Acesso em: 21 out. 2021.

TORRALBO, Daniele. “Água” como tema ambiental no ensino de química: o que pensam os pesquisadores. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 22, p. 146-167, jan/jul 2009.

WATANABE, Giselle Caramello. **Elementos para uma abordagem temática: A questão das águas e sua complexidade**. 2008. 184 f. Dissertação de Mestrado - Instituto de Física, Química, Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ZOMPERO, Andréia de Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Buenos Aires, v. 5, n.2, p. 12-19, dez. 2010.

APÊNDICE A – PRODUTO DIDÁTICO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PPGDOC - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Anomalias da Água: Uma abordagem para a Educação Básica

Autores: Jaqueline Souza dos Santos, Licurgo Peixoto de Brito e Luís Carlos Bassalo Crispino

Natureza: Sequência didática.

Dissertação de origem: Anomalias da Água – Uma Abordagem para a Educação Básica.

Área de Concentração: Ensino, aprendizagem e formação de professores para o Ensino de Ciências e Matemáticas.

Linha de Pesquisa: Ensino e aprendizagem de ciências e matemática para a educação cidadã.

Finalidade: Contribuir com a ação docente quanto à exploração da temática anomalias da água para o Ensino de Física.

Tipo de impacto: Real.

Impacto: Os experimentos que compõem este produto didático encontram-se disponíveis no sítio eletrônico do Laboratório de Demonstrações (LABDEMON) da UFPA e têm a eles associados vídeos no canal do *YouTube* do LABDEMON, que já totalizam mais de 2 mil visualizações. O canal do *YouTube* do laboratório tem mais de 15 mil visualizações distribuídas entre países, como o Brasil, Estados Unidos, Irlanda, Portugal, Suécia, China e Barein. Além disso, os experimentos e vídeos, que são demonstrativos, podem ser utilizados e até reproduzidos pelos docentes em seus diferentes contextos de atuação.

Caráter inovador: O produto desenvolvido apresenta certo ineditismo, pois existem poucos materiais, especialmente em língua portuguesa, que abordam o tema investigado.

Forma de avaliação: Revisão pelos pares da banca de avaliação.

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

O (A) Sr. (a) está sendo convidado para participar da pesquisa em andamento que tem como responsável a aluna, **Jaqueline Souza dos Santos**, bem como seu orientador, **Prof. Dr. Luís Carlos Bassalo Crispino**, do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI), da Universidade Federal do Pará (UFPA). A pesquisa está sendo desenvolvida no âmbito do mestrado profissional e tem como objetivo coletar dados para a elaboração de sua dissertação que investiga as anomalias da água no Ensino de Física.

Sua participação nesta pesquisa é de caráter voluntário e consistirá em participar de atividades experimentais. Neste último caso observando e obedecendo os critérios de distanciamento social sugeridos pelo Ministério da Saúde em razão da SARS-CoV-2.

Informamos que o seu envolvimento não acarretará quaisquer danos a sua pessoa, familiares mesmo ou a escola em que está vinculado, pois os seus dados não serão divulgados de forma a possibilitar a sua identificação.

Você tem a total liberdade de recusa, assim como pode solicitar a exclusão de seus dados, retirando seu consentimento sem qualquer penalidade ou prejuízo, quando assim o desejar. Logo, a sua recusa não trará qualquer prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Desde já agradecemos a colaboração e colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos antes ou durante o curso da pesquisa.

Tendo ciência das informações contidas neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, eu

_____, portador do RG nº _____ autorizo a utilização, nesta pesquisa, dos dados por mim fornecidos.

Moju, 20 de Março de 2022.

Assinatura do responsável