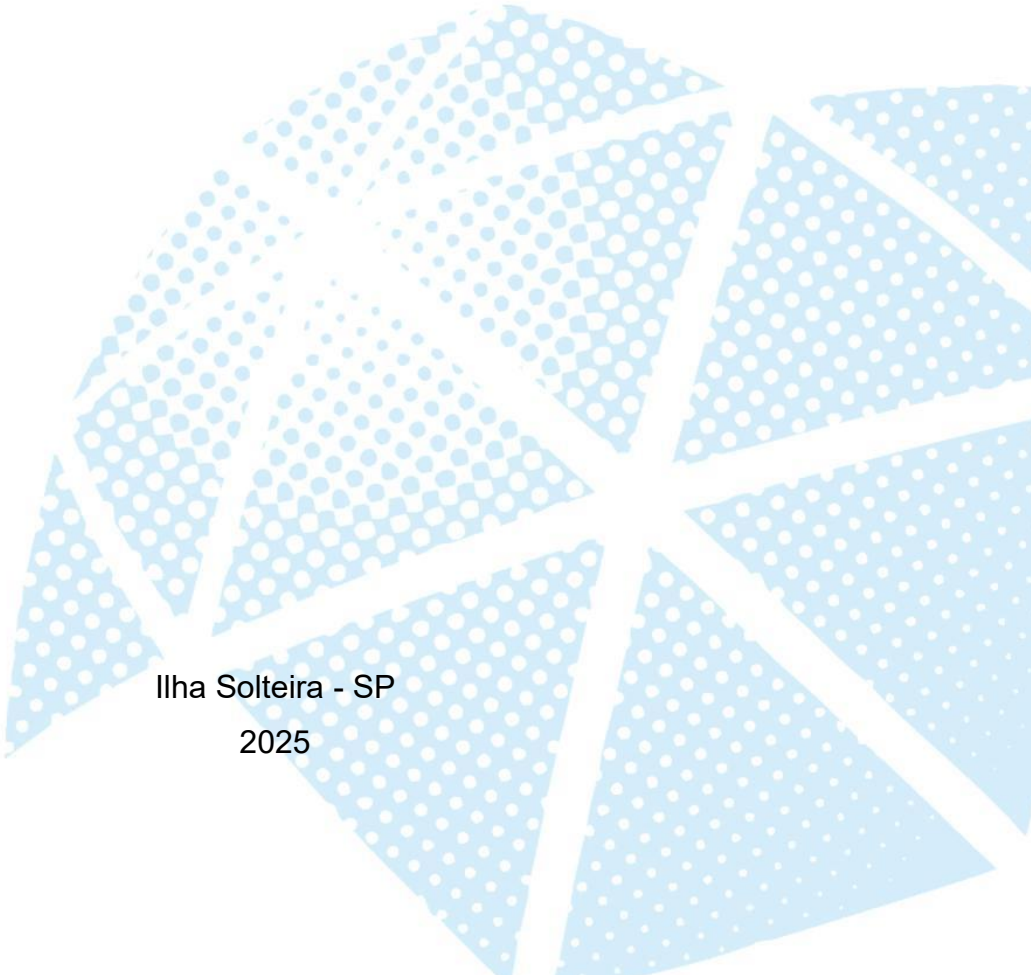
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

LEONARDO AUGUSTO NATÉRCIO DA SILVA

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE ÁCIDOS E BASES: UMA ANÁLISE DOS CONTEÚDOS CONCEITUAIS, PROCEDIMENTAIS E ATITUDINAIS



Ilha Solteira - SP
2025

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E PROCESSOS FORMATIVOS

LEONARDO AUGUSTO NATÉRCIO DA SILVA

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE ÁCIDOS E BASES: UMA ANÁLISE DOS CONTEÚDOS CONCEITUAIS, PROCEDIMENTAIS E ATITUDINAIS

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos.

Área de Concentração: Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin.

Ilha Solteira - SP

2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

S586s

Silva, Leonardo Augusto Natércio da.
Ensino por investigação para a aprendizagem significativa de ácidos e bases: uma análise dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais / Leonardo Augusto Natércio da Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
205 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ensino e Processos Formativos, 2025

Orientador: Gustavo Bizarria Gibin
Inclui bibliografia

1. Ausubel. 2. Ensino de química. 3. Metodologias ativas. 4. Tecnologias.

Elaborada por Raiane da Silva Santos - CRB-8/9999

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa contribui para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da busca por uma educação de qualidade (ODS 4). Segundo a ONU, dentre os propósitos do ODS 4, está a promoção da aprendizagem ao longo da vida para todos. Nesse sentido, este estudo desempenha um papel fundamental na promoção de uma aprendizagem significativa, tanto conceitual, quanto procedimental e atitudinal, ou seja, uma aprendizagem diretamente relacionada ao cotidiano dos estudantes, abrangendo conteúdos que envolvem o “saber” (conceituais), o “saber fazer” (procedimentais) e o “ser” (atitudinais). Destaca-se que as três diferentes naturezas dos conteúdos devem ser trabalhadas concomitantemente e de forma complementar, para que os aprendizes recebam uma formação bem-sucedida, voltada ao desenvolvimento de cidadãos capazes de contribuir para o progresso da sociedade em que vivem.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research contributes to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDG) established by the United Nations (UN), through the pursuit of quality education (SDG 4). According to the UN, one of the purposes of SDG 4 is to promote lifelong learning for all. In this regard, this study plays a key role in promoting meaningful learning, encompassing conceptual, procedural, and attitudinal aspects, that is, learning directly related to students' daily lives, covering content that involves "knowing" (conceptual), "knowing how" (procedural), and "being" (attitudinal). It is important to highlight that these three different types of content should be worked on simultaneously and complementarily, so that learners receive successful training, aimed at developing citizens who are capable of contributing to the progress of the society they live in.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Ensino por investigação para a aprendizagem significativa de ácidos e bases: uma análise dos conteúdos conceituais, procedimentos e atitudinais

AUTOR: LEONARDO AUGUSTO NATÉRCIO DA SILVA
ORIENTADOR: GUSTAVO BIZARRIA GIBIN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, pela Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
GUSTAVO BIZARRIA GIBIN
Data: 18/07/2025 16:00:14-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. GUSTAVO BIZARRIA GIBIN (Participaçao Virtual)
Departamento de Quimica e Bioquimica / Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP

gov.br Documento assinado digitalmente
JACKSON GOIS DA SILVA
Data: 18/07/2025 16:07:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. JACKSON GOIS DA SILVA (Participaçao Virtual)
Departamento de Educação / Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - UNESP

gov.br Documento assinado digitalmente
ANA CLAUDIA KASSEBOEHMER
Data: 18/07/2025 16:43:20-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. ANA CLAUDIA KASSEBOEHMER (Participaçao Virtual)
Instituto de Química de São Carlos / Universidade de São Paulo - USP

Ilha Solteira, 18 de julho de 2025

Dedico este trabalho à minha esposa, Evelin Karoline, por todo amor, carinho e companheirismo.

Aos meus pais, Silvia e Marcos, por me apoiarem em todos os momentos.

Ao meu padrasto, Valdecir (*in memoriam*), por sempre ter me incentivado enquanto esteve ao meu lado. Certamente esta seria mais uma conquista que o deixaria orgulhoso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita bondade, auxílio, misericórdia e paciência para comigo durante todo esse processo de formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro (código de financiamento 001).

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin, pelo auxílio, orientações e conselhos durante todos esses anos que desenvolvemos trabalhos juntos. Ao todo, são cinco anos de parceria e muito aprendizado.

À Prof. Dra. Ana Cláudia Kasseboehmer e ao Prof. Dr. Jackson Gois da Silva, pelas contribuições ao estudo, apresentadas no exame de qualificação e na defesa da dissertação.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Metodologias para o Ensino de Ciências (GPMEC), especialmente Charlles e Taís, pelos momentos de debates e reflexões.

À minha esposa, Evelin Karoline, por todo amor, carinho, paciência e ajuda. À minha companheira, obrigado por tudo!

Ao amigo Julio, pelo auxílio durante a aplicação do minicurso e na coleta de dados.

A todos os estudantes participantes deste estudo.

RESUMO

O presente trabalho busca responder a seguinte questão: “De que modo uma proposta pautada no Ensino por Investigação (EI) e no suporte das tecnologias digitais (TD) contribui para que estudantes do Ensino Médio de uma escola privada do interior paulista apresentem indícios de aprendizagem significativa de conteúdos de natureza conceitual, relacionados aos ácidos e bases, bem como de natureza procedimental e atitudinal?”. Além disso, o trabalho tem como objetivo geral investigar se os estudantes de uma escola privada do interior paulista apresentam indícios de aprendizagem significativa de conteúdos conceituais sobre ácidos e bases, conteúdos procedimentais e atitudinais, por meio da abordagem investigativa atrelada ao uso de TD. Os objetivos específicos consistem em: (i) compreender se as TD contribuem para o processo de resolução de problemas em atividades baseadas no EI e (ii) evidenciar se houve avanços na aprendizagem de conteúdos conceituais sobre ácidos e bases, bem como de conteúdos procedimentais e atitudinais relacionados à abordagem investigativa, sob a perspectiva ausubeliana. Para tanto, o referencial teórico adotado foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Contudo, ao se considerar que a teoria ausubeliana dá ênfase à aprendizagem conceitual, buscou-se por aproximações entre a teoria e os conteúdos de aprendizagem atitudinais e procedimentais. Os participantes da pesquisa foram vinte e um estudantes das três turmas do Ensino Médio de uma escola particular localizada no interior paulista. A pesquisa tem caráter qualitativo e os dados foram coletados por meio de questionários, entrevistas semiestruturadas e mapas conceituais. Os dados foram analisados sob a ótica da Análise de Conteúdo, proposta por Bardin, e os resultados evidenciam que os estudantes possuíam concepções prévias distintas sobre ácidos e bases antes da realização das atividades investigativas. Após as atividades, apresentaram indícios de aprendizagem significativa conceitual sobre o tema, uma vez que os mapas conceituais elaborados continham diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Além disso, majoritariamente, os estudantes perceberam que já possuíam determinados conteúdos atitudinais prévios, como trabalho em equipe, organização frente à resolução de problemas, entre outros, antes da realização das atividades investigativas. Contudo, após as atividades, suas concepções sofreram alterações, principalmente em relação à liderança de grupos, o que indica indícios de aprendizagem significativa atitudinal. No que diz respeito aos procedimentos adotados durante as três atividades investigativas, os dados revelam que os grupos seguiram etapas de forma progressiva, partindo de procedimentos mais simples para os mais complexos. Em alguns casos, foi possível observar a articulação entre etapas mais complexas e etapas mais simples, o que demonstra a presença de reconciliação integrativa e, consequentemente, de aprendizagem significativa dos procedimentos. Por fim, os dados indicam que as TD foram utilizadas como ferramentas auxiliares na resolução das situações-problema, porém de forma restrita, limitando-se à busca por informações que poderiam ter sido acessadas por outros meios, como, por exemplo, livros didáticos. Contudo, conclui-se que os estudantes apresentaram indícios de aprendizagem significativa nos âmbitos conceitual, procedimental e atitudinal através das atividades investigativas atreladas às TD, evidenciando o potencial dessa abordagem no ensino de Química.

Palavras-chave: Ausubel; ensino de Química; metodologias ativas; tecnologias.

ABSTRACT

This study aims to answer the following research question: “How does an approach based on Inquiry-Based Learning (IBL), supported by Digital Technologies (DT), contribute to enabling high school students from a private school in the countryside of São Paulo state to show evidence of meaningful learning regarding conceptual content related to acids and bases, as well as procedural and attitudinal content?” In addition, the general objective of this study is to investigate whether students from a private high school demonstrate evidence of meaningful learning of conceptual content about acids and bases, as well as procedural and attitudinal content, through the inquiry-based approach supported by the use of DT. The specific objectives are: (i) to understand whether DT contributes to the problem-solving process in activities based on IBL, and (ii) to identify whether there was progress in learning conceptual content about acids and bases, as well as procedural and attitudinal content related to the inquiry-based approach, from the perspective of Ausubel's theory. To this end, the theoretical framework adopted was Ausubel’s Theory of Meaningful Learning. However, considering that Ausubel’s theory emphasizes conceptual learning, this research sought to establish connections between the theory and the learning of attitudinal and procedural content. The research participants were twenty-one students from three high school classes at a private school located in the countryside of São Paulo state. This is a qualitative study, and data were collected through questionnaires, semi-structured interviews, and concept maps. The data were analyzed using Content Analysis, as proposed by Bardin. The results show that students had different prior conceptions about acids and bases before carrying out the inquiry-based activities. After the activities, they demonstrated evidence of meaningful conceptual learning on the subject, as the concept maps they produced contained signs of progressive differentiation and integrative reconciliation. Furthermore, most students recognized that they already possessed certain prior attitudinal skills, such as teamwork and organization in problem-solving, before participating in the inquiry-based activities. However, after the activities, their conceptions changed, particularly regarding group leadership, indicating evidence of meaningful attitudinal learning. Regarding the procedures adopted during the three investigative activities, the data reveal that the groups followed the steps progressively, moving from simpler to more complex procedures. In some cases, it was possible to observe the articulation between more complex and simpler steps, which demonstrates the presence of integrative reconciliation and, consequently, meaningful learning of procedural aspects. Finally, the data indicate that DT were used as auxiliary tools in solving problem situations, but in a limited way, restricted mainly to searching for information that could have been accessed through other means, such as textbooks. Nevertheless, it is concluded that the students showed evidence of meaningful learning in conceptual, procedural, and attitudinal domains through the inquiry-based activities supported by DT, highlighting the potential of this approach in chemistry teaching.

Keywords: Ausubel; chemistry teaching; active methodologies; technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de integração das tecnologias digitais às práticas pedagógicas ..48
Figura 2 – Características da aprendizagem significativa e mecânica e esquema do contínuo presente entre os dois tipos de aprendizagem 68
Figura 3 – Mapa conceitual evidenciando as ideias e as características envolvidas no processo de construção de um mapa conceitual 74
Figura 4 – Algumas tecnologias apresentadas aos estudantes 99
Figura 5 – Organização dos materiais disponibilizados para a realização das (a) AEI1 e (b) AEI2 101
Figura 6 – Organização dos materiais disponibilizados para a realização da AEI3 102
Figura 7 – Dendograma de CHD gerado pelo Iramuteq 110
Figura 8 – Dendograma de CHD obtido após a análise pelo Iramuteq 143
Figura 9 – Relação entre os conteúdos atitudinais avaliados antes e depois das atividades investigativas 154
Figura 10 – Mapa conceitual excluído na pré-análise 157
Figura 11 – Mapa conceitual elaborado por Berílio 163
Figura 12 – Mapa conceitual elaborado por Silício 164

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percepções dos estudantes sobre seus conteúdos atitudinais anteriormente à realização das atividades investigativas.....121
Tabela 2 - Percepções dos estudantes sobre seus conteúdos atitudinais posteriormente à realização das atividades investigativas.....151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Participação em eventos científicos durante o mestrado 23
Quadro 2 – Artigos publicados durante o mestrado 25
Quadro 3 – Níveis de investigação em uma atividade experimental investigativa 36
Quadro 4 – Relações entre a abordagem experimental tradicional e a abordagem experimental investigativa 37
Quadro 5 – Propósitos e ações pedagógicas do professor para promover a argumentação em atividades investigativas 39
Quadro 6 – Trabalhos selecionados na revisão bibliográfica sobre a abordagem investigativa e as tecnologias digitais.....51
Quadro 7 – Composição dos conteúdos de aprendizagem.....75
Quadro 8 – Trabalhos selecionados na revisão bibliográfica sobre a abordagem investigativa e a teoria ausubeliana 79
Quadro 9 – Resultado da validação por juízes dos instrumentos para coleta de dados 90
Quadro 10 – Atividades investigativas que compõem a sequência didática 96
Quadro 11 – Síntese da sequência didática aplicada 96
Quadro 12 – Materiais fornecidos para a realização da AEI1 e AEI2.....100
Quadro 13 – Materiais fornecidos para a realização da AEI3 102
Quadro 14 – Categorização realizada para a primeira pergunta do questionário inicial 108
Quadro 15 – Categorização realizada para a classe 3 presente no dendograma de CHD 111
Quadro 16 – Conhecimentos prévios sobre ácidos e bases 113
Quadro 17 – Etapas adotadas por cada grupo na atividade investigativa 1.....124
Quadro 18 – Dificuldades e formas de utilização da tecnologia durante a atividade investigativa 1.....128
Quadro 19 – Etapas adotadas pelos grupos na atividade investigativa 2 131
Quadro 20 – Dificuldades e formas de utilização da tecnologia durante a atividade investigativa 2.....134
Quadro 21 – Etapas adotadas pelos grupos na atividade investigativa 3 137
Quadro 22 – Dificuldades e formas de utilização da tecnologia durante a atividade investigativa 3.....140

Quadro 23 – Utilização dos recursos tecnológicos durante as atividades investigativas.....143
Quadro 24 – Erros conceituais contidos nos mapas selecionados na etapa de exploração dos materiais 158
Quadro 25 – Mapas conceituais confeccionados individualmente pelos estudantes 161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEI	Atividades Experimentais Investigativas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CHD	Classificação Hierárquica Descendente
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EI	Ensino por Investigação
IA	Inteligência Artificial
IVC	Índice de Validade de Conteúdo
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais+
RDD	Recursos Didáticos Digitais
SD	Sequência Didática
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TD	Tecnologias Digitais
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UC	Unidade de Contexto
UR	Unidade de Registro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
1.1 PROCESSO FORMATIVO NA EDUCAÇÃO BÁSICA: SERÁ O MOMENTO EM QUE OCORRERA O DESPERTAR DO INTERESSE PELA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA? 16
1.2 LICENCIATURA EM QUÍMICA: O INÍCIO DAS ATIVIDADES DE PESQUISA NA ÁREA DE ENSINO DE QUÍMICA 19
1.3 TRAJETÓRIA E PRODUÇÕES DURANTE O MESTRADO PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E PROCESSOS FORMATIVOS 23
1.4 QUESTÃO DE PESQUISA 26
1.5 OBJETIVO GERAL 26
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 26
1.7 APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO 27
2 QUADRO TEÓRICO-METODOLÓGICO 28
2.1 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO 28
2.1.1 Uma breve trajetória histórica acerca do ensino por investigação 29
2.1.2 Atividades experimentais investigativas e suas potencialidades 33
2.1.3 O papel do professor nas atividades investigativas 38
2.2 AS TECNOLOGIAS DIGITAIS 41
2.2.1 Tecnologias no ensino de Química 41
2.2.2 O papel do professor frente aos recursos tecnológicos 47
2.3 ABORDAGEM INVESTIGATIVA E TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE QUÍMICA 50
3 REFERENCIAL TEÓRICO: A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL 59
3.1 CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA 60
3.2 O PAPEL DOS SUBSUNÇORES E O QUE FAZER QUANDO NÃO EXISTEM 62
3.3 PROCESSOS DINÂMICOS DA ESTRUTURA COGNITIVA: DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA 64
3.4 ATRIBUIÇÕES DO PROFESSOR NA FAMILIARIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA 66
3.5 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E APRENDIZAGEM MECÂNICA 67
3.6 APRENDIZAGEM RECEPTIVA E POR DESCOBERTA 69

3.7 CATEGORIZAÇÃO DE FORMAS E TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA 70
3.8 MAPAS CONCEITUAIS E SUA RELAÇÃO COM A TEORIA DE AUSUBEL 72
3.9 APROXIMAÇÕES ENTRE A TEORIA DE AUSUBEL E OS CONTEÚDOS DE APRENDIZAGEM ATITUDINAIS E PROCEDIMENTAIS 75
3.10 ABORDAGEM INVESTIGATIVA E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL 78
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 85
4.1 LOCAL E SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA 85
4.2 CARÁTER DA PESQUISA E INSTRUMENTOS PARA COLETA DOS DADOS 87
4.3 VALIDAÇÃO DOS INTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS 89
4.4 APLICAÇÃO DO PROJETO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA 95
4.4.1 Primeiro dia: levantamento dos conhecimentos prévios e explicação sobre mapas conceituais 97
4.4.2 Segundo dia: explicação teórica sobre ácidos e bases e apresentação das tecnologias digitais 98
4.4.3 Terceiro dia: realização das duas primeiras atividades investigativas 100
4.4.4 Quarto dia: realização da última atividade investigativa e confecção dos mapas conceituais 101
4.5 ANÁLISE DOS DADOS 103
4.5.1 Pré-análise 104
4.5.2 Exploração do material 105
4.5.3 Tratamento dos resultados, inferência e interpretação 107
4.5.4 Elaboração das categorias de análise 107
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 112
5.1 QUESTIONÁRIO INICIAL 112
5.1.1 Parte 1 – Conhecimentos prévios sobre ácidos e bases 112
5.1.2 Parte 2 – Conhecendo os conteúdos atitudinais dos estudantes antes das atividades investigativas 121
5.2 QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1 124
5.3 QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2 131
5.4 QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 3 137
5.5 ENTREVISTAS COM OS REPRESENTANTES DOS GRUPOS 142

5.6 QUESTIONÁRIO FINAL: CONTEÚDOS ATITUDINAIS PÓS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS 151
5.7 MAPAS CONCEITUAIS 155
5.8 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA RELAÇÃO ENTRE O PROCESSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS E AS TECNOLOGIAS DIGITAIS 165
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 168
REFERÊNCIAS 173
APÊNDICE A–QUESTIONÁRIO INICIAL 185
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1 188
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2 191
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 3 194
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO FINAL 197
APÊNDICE F – ROTEIRO DE ENTREVISTA 200
ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP 201

1 INTRODUÇÃO

Na introdução, serão apresentados alguns aspectos pertinentes à motivação para a realização do estudo. Para isso, busquei descrever minha trajetória acadêmica, desde a Educação Básica até a Pós-Graduação, com o intuito de esclarecer o motivo de minha chegada até aqui. Além disso, serão apresentados a questão de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, bem como os detalhes de cada um dos capítulos que compõem a estrutura do estudo aqui descrito.

1.1 PROCESSO FORMATIVO NA EDUCAÇÃO BÁSICA: SERÁ O MOMENTO EM QUE OCORRERA O DESPERTAR DO INTERESSE PELA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA?

Realizei toda a minha formação inicial básica (Ensino Fundamental e Médio) em escolas privadas. Isto não serve para vangloriar-me, o que realmente não é da minha índole, e sim, serve-me como recordação dos esforços feitos pelos meus pais, para oportunizar-me coisas que eles não tiveram em sua infância e adolescência. Durante esse período, morei em três cidades, Maracaí, Pirassununga e Ourinhos, todas localizadas no Estado de São Paulo.

Desde pequeno, sempre levei minhas atividades da escola com seriedade. Recordo-me que meus pais ficavam tranquilos quanto às minhas obrigações, ao ponto de não ser preciso ficarem me questionando sobre. Por muito tempo, minha disciplina favorita foi a matemática. Me sentia fascinado pelos números, bem como pelas simples manipulações, que na época, eram possíveis fazer.

Em relação à componente curricular Ciências, pouco me recordo das aulas. As vagas recordações que tenho, possivelmente, podem estar relacionadas ao modelo de ensino que recebi. Por estudar em escolas privadas, desde pequeno fui incentivado, como os demais colegas, a estudar para o vestibular, visto que esse era o objetivo das escolas que estudei. As aulas de quase todas as disciplinas eram extremamente conteudistas, ou seja, prevalecia o modelo de aula tradicional, no qual os professores seguiam o conteúdo programático presente nas apostilas.

Autores como Carvalho e Gil-Perez (1992), há cerca de 30 anos, já questionavam sobre a obrigatoriedade de os professores cumprirem à risca os

conteúdos apresentados nos livros textos, que nas escolas particulares, são as famosas apostilas. Os autores, apoiados na concepção de Piaget, descreviam que tal obrigatoriedade serviria como um obstáculo para o aprofundamento de temas relevantes relacionados ao cotidiano dos estudantes.

Dentre as poucas coisas, recordo-me que achava os conteúdos da disciplina Ciências, um tanto quanto abstratos. Nada daquilo que me era apresentado fazia sentido. Isto que acontecia comigo, ia à contramão daquilo que Ovigli e Bertucci (2009, p. 102) propõem: “[...] o ensino de Ciências deve fazer sentido para o aluno e ajudá-lo a não apenas compreender o mundo físico, mas a reconhecer seu papel como participante em decisões individuais e coletivas”.

Os anos escolares avançaram, e deparei-me no último ano do Ensino Fundamental: o 9º ano, antiga 8ª série. Passei a ter contato com as disciplinas de Química, Física e Biologia, entretanto, o modelo de ensino que prevalecia era o tradicional. De imediato, continuei assustado com os conteúdos que me eram apresentados. Todavia, a minha entrada no Ensino Médio fez com que tudo isso mudasse. Ressalto que as vivências até aqui apresentadas ocorreram nas escolas em que estudei nas cidades de Maracaí e Pirassununga.

Assim sendo, o ensino tradicionalista no qual convivi ao longo do Ensino Fundamental, certamente influenciou em minha formação, visto que eu não era incentivado a refletir e nem mesmo propor soluções aos problemas cotidianos, e sim, recebia incentivo em realizar as tarefas da apostila, tendo em vista que era necessário cumpri-la. Diferentemente do ensino tradicional, Galiazzi e Moraes (2002) acreditam que metodologias que visam o desenvolvimento de criticidade e argumentação nos indivíduos, permitem que o processo de aprendizagem seja mais fluído, fazendo com que os aprendizes tenham autonomia.

Cursei todo o Ensino Médio em uma escola particular na cidade de Ourinhos. Todas as minhas concepções acerca das disciplinas, principalmente Química, Física e Biologia, foram modificadas. Passei a ter contato com professores que se dispunham em utilizar estratégias metodológicas opostas às tradicionais: as metodologias ativas. Essas estratégias de ensino, buscam se opor diretamente a outras estratégias, especialmente as transmissivas do conhecimento, que são mais centradas no professor (Moran, 2018; Valente, 2018).

Há autores, como Moran (2018) e Valente (2018), que atribuem a essas metodologias a definição de serem estratégias de ensino voltadas para uma

aprendizagem ativa dos alunos, ou seja, que os permitem estar no centro de seu processo de ensino-aprendizagem, realizando atividades nas quais são estimulados a pensarem e refletirem sobre o que fazem. Cabe salientar que essas estratégias metodológicas ativas estão muito presentes em trabalhos de autores como Ausubel e Vigotsky, conhecidos por fomentarem as correntes construtivistas.

Sendo assim, passei a sentir-me mais interessado pelas disciplinas anteriormente mencionadas. O uso de tecnologia, atrelado às metodologias ativas como, por exemplo, sala de aula invertida, aprendizagem baseada em projetos e gamificação, fizeram-me repensar acerca do meu desejo de inteirar-me sobre os conceitos estudados. Vale apontar que, grande parte do corpo docente dessa escola, onde cursei o Ensino Médio, possuía especializações ou estavam cursando mestrado, ou doutorado. O mais fascinante de tudo isto é: esses docentes tinham a Educação como área de interesse e de estudos.

Certamente, o fato de os docentes desta escola mostrarem-se empenhados em seus estudos na pós-graduação, os influenciou diretamente no que diz respeito às metodologias de ensino que adotavam em suas aulas. Além disso, a busca constante por conhecimentos evidenciava que estes professores estavam realmente preocupados com a aprendizagem de seus alunos. Tal fato corrobora com os ideais de Langhi e Nardi (2012) acerca da formação docente. Para os autores, o professor deve encarar sua formação como sendo contínua, ininterrupta e permanente, visto que o ensino é uma profissão que exige constante evolução, bem como adaptações frente às novas situações.

Uma vez que a minha concepção acerca das disciplinas havia mudado, vi-me encantado com a Química. Sua abstração não era mais um obstáculo para mim, havia aprendido a utilizar a tecnologia ao meu favor. À medida que avançávamos nos conteúdos desta disciplina, foi surgindo o desejo de me tornar um professor de Química. Expus esse desejo aos meus pais, bem como à minha professora responsável pela disciplina e, desde o primeiro momento, recebi apoio deles. O incentivo desses indivíduos, fez com que eu decidisse o meu futuro pós-Ensino Médio, que relatarei na próxima seção. Tal fato vai ao encontro das ideias de Langhi e Nardi (2012), que muitas das vezes, o desejo de ser professor pode ter origem através do incentivo recebido de professores e até mesmo da família.

1.2 LICENCIATURA EM QUÍMICA: O INÍCIO DAS ATIVIDADES DE PESQUISA NA ÁREA DE ENSINO DE QUÍMICA

Em fevereiro de 2019, ingressei no curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Presidente Prudente. Meu ingresso se deu por vestibular próprio da instituição, elaborado pela Fundação Vunesp. No início, além das dificuldades impostas pela mudança de cidade, sofri para criar uma rotina de estudos diários, uma vez que eu não possuía este hábito durante o Ensino Médio.

O primeiro ano na graduação foi extremamente desafiador. Deparei-me com disciplinas difíceis e com aulas “hiper conteudistas”. Uso este termo, pois havia aulas onde os professores apresentavam cerca de cem slides num período de três horas e meia, aproximadamente. Além das aulas maçantes, os professores passavam listas de exercícios extensas para serem resolvidas. Pressionado a cumprir com as atividades do curso, me vi organizando tempo e adquirindo hábitos de estudos. Vale frisar que os desafios impostos pelas disciplinas fizeram-me adquirir hábitos de estudos que, por consequência, me possibilitaram alcançar inúmeras vitórias, discorridas por mim ainda nesta seção.

Por mais difícil e desafiador que fora este primeiro ano na universidade, acredito que graças a ele cheguei até aqui por este caminho de formação na área de Ensino de Química. No 2º semestre do primeiro ano, pude cursar a disciplina *Introdução à Pesquisa em Ensino de Química*. Nesta disciplina, teríamos que elaborar um projeto de pesquisa que fosse voltado ao Ensino de Química. Sendo assim, tive o primeiro contato com metodologias de pesquisa, referenciais teóricos, estrutura de um projeto, entre outras coisas. Em resumo, esta disciplina me serviu como propulsora para iniciar meus trabalhos como pesquisador na área.

Através de debates e textos disponibilizados pelos docentes da disciplina, pude refletir sobre a metodologia de ensino adotada pelos outros professores do curso, como já citado anteriormente, conteudista. Surgiram-me os seguintes questionamentos: “Por qual motivo os professores das demais disciplinas lecionam dessa forma? Não receberam formação para lecionar?”. Estes meus questionamentos podem ser respondidos por Freitas e Villani (2002). Segundo esses autores, os professores que adotam metodologias tradicionais de ensino, pautadas na memorização de conteúdos e cópia de conceitos, certamente

receberam uma formação para tal, também caracterizada pela prevalência do ensino tradicional.

Ayres e Selles (2012, p. 98) relatam que, por volta de 1940, a concepção do professor universitário vigente “[...] era essencialmente daquele que dominava os conhecimentos da disciplina que iria ensinar e as técnicas necessárias para garantir a aprendizagem”. O comportamento de alguns professores da minha turma parecia assemelhar-se com o exposto pelos autores. Era notório que não estavam preocupados com a aprendizagem de seus alunos, e sim, em externar aquilo que sabiam, cumprindo o conteúdo programático de suas disciplinas, seu principal objetivo.

Todavia, os questionamentos que surgiram em minha mente, somados ao aprendizado que adquiri nesta disciplina sobre Ensino de Química, levaram-me a contatar os docentes responsáveis por ela para saber se o projeto que eu havia escrito, produto da disciplina, poderia ser aplicado “na vida real”. Mais do que depressa, recebi o apoio dos professores e fui convidado a integrar o Grupo de Pesquisa em Metodologias para o Ensino de Ciências (GPMEC), único grupo de pesquisa do departamento de Química e Bioquímica voltado ao ensino. Ainda no término do primeiro ano da graduação, comecei a participar das reuniões do grupo e a inteirar-me com os integrantes. Os trabalhos listados a seguir foram supervisionados pelo Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin, também orientador deste estudo realizado durante o mestrado.

No início do segundo ano da licenciatura, comecei meu primeiro trabalho de Iniciação Científica. O projeto recebera o título de “O uso do Google Sala de Aula na construção do conceito mol através do ensino híbrido e metodologias ativas” e, mais uma vez, me vi desafiado: surge a pandemia da COVID-19. Todas as atividades do projeto foram pensadas e elaboradas para ocorrerem de forma presencial nas escolas, todavia, o isolamento social imposto pela pandemia, fez-nos reformular estas atividades, passando-as para o *online*.

Neste projeto em específico, visávamos compreender se o ambiente virtual de aprendizagem Google Sala de Aula, associado às atividades desenvolvidas com base em estratégias metodológicas ativas, contribuía para o aprendizado dos alunos acerca do conceito químico mol. Embora as atividades tiveram de ser modificadas, os dados obtidos evidenciaram aspectos positivos na evolução da aprendizagem

dos alunos participantes, que fora constatada por meio da análise de conteúdo dos mapas conceituais confeccionados pelos aprendizes.

Cabe destacar que os participantes dessa pesquisa foram alunos de todas as séries do Ensino Médio de uma escola pública do interior paulista. Este trabalho, no ano posterior, ou seja, 2021, rendeu uma menção honrosa pela 2ª colocação na 1ª fase do XXXIII Congresso de Iniciação Científica da Unesp. Novamente fica explícito que os desafios me levaram a conquistar vitórias e reconhecimentos acadêmicos.

Os resultados positivos obtidos neste primeiro projeto de Iniciação Científica, certamente se devem às estratégias metodológicas que adotamos, como já citado anteriormente, e ao fato de buscarmos apresentar o conceito químico aos alunos de maneira contextualizada, visando mostrar onde se faz presente em nosso cotidiano. Isto, sem sombra de variação, é intensificado por Sasseron e Carvalho (2011) no tangente à forma de apresentação dos conceitos. Para as autoras, conceitos científicos devem ser apresentados a partir “[...] de atividades problematizadoras, cujas temáticas sejam capazes de relacionar e conciliar diferentes áreas e esferas da vida de todos nós, ambicionando olhar para as ciências e seus produtos como elementos presentes em nosso dia-a-dia” (Sasseron; Carvalho, 2011, p. 66).

Entusiasmado pelos resultados que obtive em meu primeiro projeto, me vi ainda mais interessado em continuar nesta área. Assim sendo, no terceiro ano de graduação, dei início a um novo projeto de Iniciação Científica, que recebera o título “A utilização de metodologias ativas apoiadas em TDIC por professores da rede pública durante a pandemia do COVID-19”. Durante doze meses, recebi bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para que as atividades do projeto fossem desenvolvidas. Objetivávamos compreender as concepções de professores de Química, atuantes na rede pública, acerca das tecnologias digitais e, também, das metodologias ativas. Outrossim, buscávamos averiguar se durante as aulas remotas, esses professores se dispuseram de estratégias metodológicas ativas.

Notou-se que os docentes não utilizaram metodologias ativas e, como recurso tecnológico, usaram principalmente simuladores. Aspectos como a falta de estrutura e a oferta de formações continuadas foram alguns dos desafios relatados pelos professores participantes da pesquisa, evidenciando a necessidade de investimentos em tecnologias e ofertas de formação docente sobre os temas. Novamente, a apresentação deste trabalho na 1ª fase do XXXIV Congresso de

Iniciação Científica da Unesp, realizado em 2022, fez com que recebesse uma menção honrosa pela 3ª colocação entre os trabalhos apresentados no evento.

No quarto e último ano do curso de licenciatura, pude realizar meu terceiro projeto de Iniciação Científica, que recebera o título “Metodologias ativas e tecnologias digitais na rede particular educacional: concepções de professores de Química acerca do uso no ensino remoto”, que também foi financiado pelo CNPq. Nota-se que o título apresentado, assemelhava-se ao título proposto ao projeto de pesquisa anterior, já comentado. Isto se deve ao fato de ter surgido o desejo de comparar as concepções de professores de Química das escolas particulares, com as ideias dos docentes de Química das escolas públicas, acerca das metodologias ativas e tecnologias digitais. Tal desejo surgiu por ter recebido minha formação inicial básica em instituições escolares privadas.

Em meu pensamento, os professores das escolas particulares apresentariam concepções diferentes aos dos docentes das escolas públicas, visto que se esperava que estes, por atuarem em instituições privadas, haveriam recebido incentivos, recursos e até mesmo formação para trabalharem com metodologias de ensino alternativas e ferramentas tecnológicas durante o período de aulas remotas. Entretanto, não fora isso que os dados obtidos evidenciaram. Diria que as condições dos docentes da rede privada estavam piores do que os atuantes na rede pública. Durante o período citado, estes professores se viram mais pressionados do que nunca, pois eram cobrados constantemente para cumprirem os conteúdos das apostilas, o que lhes impossibilitava de propor aulas por meio de metodologias ativas.

Vale aqui relembrar o que foi dito por Carvalho e Gil-Perez (1992) e já apresentado no início da segunda seção desta introdução, e questionar sobre qual é realmente a necessidade de se cumprir os conteúdos programáticos presentes nos livros textos, que no caso das instituições privadas de ensino, recebem o nome de apostilas? Nesse sentido, durante o mestrado, propus-me continuar meus estudos acerca das metodologias ativas de ensino, todavia, busquei aprofundar-me e compreender melhor a usabilidade de uma estratégia metodológica ativa específica: o ensino por investigação.

Para Sasseron e Carvalho (2011), é importante que professores, ao desenvolverem atividades voltadas ao ensino de Ciências, utilizem de estratégias, atividades e propostas instigantes. As referidas autoras utilizam o termo

“instigantes”, objetivando referir-se “[...] tanto à resolução de problemas e à exploração de fenômenos naturais, que, por si só, atingem a curiosidade e o interesse dos alunos [...]” (Sasseron; Carvalho, 2011, p. 73). Destaca-se que esses ideais estão contidos na abordagem investigativa, alvo da minha pesquisa de mestrado.

Por fim, ressalto que todas as atividades que desenvolvi ao longo de minha formação no curso de Licenciatura em Química, somadas às oportunidades que tive ao desenvolver projetos de Iniciação Científica, bem como aos desafios que enfrentei, serviram para realizar uma autorreflexão da minha própria formação. Tal reflexão me levou a enxergar que, realmente, um profissional da educação está em constante formação e, por conseguinte, deve atentar-se e procurar aprimorar seus conhecimentos sobre aquilo que pratica. Assim sendo, espero ter sido claro em minha forma de expressar ao longo do texto, expondo ao leitor, que sim, os desafios fazem com que alcancemos coisas jamais imaginadas!

1.3 TRAJETÓRIA E PRODUÇÕES DURANTE O MESTRADO PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E PROCESSOS FORMATIVOS

Ingressei no curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos em agosto de 2023. A fim de cumprir os créditos destinados às disciplinas, cursei as seguintes disciplinas obrigatórias: *Pesquisa em Ensino* e *Pesquisa em Educação em Ciências*. Como optativas, decidi cursar as disciplinas *Transposição didática e Produtos e Processos Educacionais* e *Tendências contemporâneas da pesquisa sobre formação de professores*. Todas estas foram enriquecedoras e contribuíram diretamente para minha formação como professor-pesquisador, bem como favoreceram o desenvolvimento de minha pesquisa.

Tive a oportunidade de ser contemplado com a bolsa de pesquisa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Esta bolsa fez toda a diferença durante o processo, permitindo-me participar de diversos eventos científicos, os quais listei no quadro a seguir:

Quadro 1 - Participação em eventos científicos durante o mestrado

Evento	**Data/ Período**	**Modalidade do trabalho apresentado**

		Resumo	Resumo expandido	Trabalho completo
XII Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química	14 e 15/09/2023	X		X
Encontro Nacional de Ensino, Pesquisa e Extensão	16 a 20/10/2023			X
VI Congresso Nacional de Formação de Professores e XVI Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores	29/11/2023 a 01/12/2023			X
III Encontro de Ensino de Ciências por Investigação	15 a 17/05/2024			X
Seminários de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos da UNESP 2024	20/05/2024		X	
Congresso Internacional de Educação e Tecnologias e de Educação a Distância	10 a 13/07/2024	X		
VII Congresso Brasileiro e Ensino e Processos Formativo & I Simpósio Internacional de Ensino e Processos Formativos	21 a 24/10/2024			X
Seminários de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos da	26 a 28/05/2025		X	

UNESP 2025				

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Além das participações em eventos científicos, bem como apresentações de trabalhos, tive a oportunidade de publicar alguns artigos em revistas com Estrato Qualis CAPES A. Estes artigos (Quadro 2) são referentes às Iniciações Científicas que desenvolvi e trabalhos realizados com os colegas do grupo de pesquisa concomitantemente ao mestrado. Todos tiveram a participação e orientação do meu orientador.

Quadro 2 – Artigos publicados durante o mestrado

Título do artigo	**Data de publicação**	**Revista**	**Qualis Capes (2017-2020)**
Olhares de professores de Química da rede pública e privada sobre as metodologias ativas e tecnologias digitais	29/11/2023	Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC)	A4
Inteligência Artificial frente a resolução de exercícios de química: um estudo exploratório com o ChatGPT	12/12/2023	Colloquium Humanarum	A4
Metodologías activas y tecnologías digitales en la enseñanza a distancia: concepciones de profesores de química de escuelas públicas del estado de São Paulo	15/12/2023	Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)	A2
Metodologias ativas e tecnologias digitais na ótica de professores de	14/06/2024	ACTIO: Docência em Ciências	A3

Química durante o ensino remoto: uma análise com auxílio do *software* Iramuteq			

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Todas as produções apresentadas representam para mim o aproveitamento e a evolução como pesquisador obtidos durante o mestrado. Acredito que os artigos e os trabalhos apresentados em eventos me permitiram contribuir para a literatura sobre o Ensino de Ciências e o Ensino de Química, evidenciando a importância da utilização de estratégias metodológicas ativas e recursos tecnológicos no ensino, bem como da oferta de formações de professores sobre esses temas.

1.4 QUESTÃO DE PESQUISA

De que modo uma proposta pautada no ensino por investigação e no suporte das tecnologias digitais contribuem para que estudantes do Ensino Médio de uma escola privada do interior paulista apresentem indícios de aprendizagem significativa de conteúdos de natureza conceitual, relacionados aos ácidos e bases, bem como de natureza procedimental e atitudinal?

1.5 OBJETIVO GERAL

Investigar se os estudantes do Ensino Médio de uma escola privada do interior paulista apresentam indícios de aprendizagem significativa de conteúdos conceituais sobre ácidos e bases, conteúdos procedimentais e atitudinais, por meio da abordagem investigativa atrelada ao uso de tecnologias digitais.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1 – Compreender se as tecnologias digitais contribuem para o processo de resolução de problemas em atividades baseadas no ensino por investigação;

2 – Evidenciar se houve avanços na aprendizagem de conteúdos conceituais sobre ácidos e bases, bem como de conteúdos procedimentais e atitudinais

relacionados à abordagem investigativa, sob a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

1.7 APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO

O estudo está organizado em seis capítulos, que serão apresentados em detalhes adiante.

No *Capítulo 1 – Introdução*, apresenta-se a trajetória acadêmica e as motivações do pesquisador que realizou o presente estudo, os objetivos gerais e específicos e a questão de pesquisa.

No *Capítulo 2 – Quadro teórico-metodológico*, será exposta a evolução histórica da abordagem investigativa, destacando os potenciais das Atividades Experimentais Investigativas (AEI) e o papel do professor diante das atividades investigativas. Além disso, serão abordados aspectos históricos do uso de tecnologias no ensino de Química, a atuação do professor diante desses recursos e uma revisão bibliográfica sobre estudos que relacionam a abordagem investigativa ao uso de tecnologias no ensino da disciplina.

No *Capítulo 3 – Referencial teórico: A teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel*, serão abordados os elementos fundamentais desta teoria proposta por David Ausubel. Além disso, buscar-se-á apresentar a relação entre essa teoria e os mapas conceituais, bem como as atribuições do professor na promoção da aprendizagem significativa, as aproximações entre a teoria e os conteúdos de aprendizagem atitudinais e procedimentais e uma breve revisão bibliográfica sobre trabalhos que utilizam a abordagem investigativa para o ensino de Química e a teoria ausubeliana como referencial teórico.

No *Capítulo 4 - Procedimentos metodológicos*, serão detalhadas as etapas metodológicas, incluindo a descrição do desenvolvimento do minicurso, o local e sujeitos participantes da pesquisa, os instrumentos para coleta de dados e metodologia utilizada para a análise dos dados.

No *Capítulo 5 – Resultados e* Discussão, serão apresentados os resultados obtidos durante a aplicação da pesquisa e serão detalhadas a discussão e as respectivas reflexões fundamentadas no referencial teórico adotado.

No *Capítulo 6 – Considerações finais*, serão feitas as considerações finais acerca do estudo desenvolvido.

2 QUADRO TEÓRICO-METODOLÓGICO

Neste capítulo, será apresentada a trajetória histórica da abordagem investigativa, os potenciais das AEI e será discutido o papel do professor frente às atividades investigativas. Além disso, serão apresentados alguns aspectos históricos acerca do uso das tecnologias no ensino de Química, o papel do professor frente aos recursos tecnológicos e uma breve revisão bibliográfica sobre trabalhos que relacionam a abordagem investigativa ao uso de tecnologias no ensino de Química.

2.1 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Nesta seção, será apresentada a trajetória histórica da abordagem investigativa e os potenciais das AEI. Além disso, será discutido o papel do professor frente às atividades investigativas.

Inicialmente, faz-se necessário compreender que há diferenças entre os termos abordagem e metodologia. Conforme aponta Carvalho (2022), *abordagem* consiste em uma ou mais concepções sobre um determinado objeto de estudo, oriundos de pesquisas científicas, enquanto *metodologia* caracteriza-se pelo que o professor de fato desenvolve em sua sala de aula. A autora ainda reitera que a metodologia a ser adotada pelo docente, baseia-se nos fundamentos de uma abordagem em questão, todavia, é influenciada por suas crenças, observações e, sobretudo, experiências.

Visto isso, Sasseron (2015) defende que o Ensino por Investigação (EI) extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino utilizada para certos conteúdos, uma vez que pode ser colocado em prática nas mais diversas aulas, sob diversas formas e para diferentes conteúdos. Para a autora,

> [...] o ensino por investigação configura-se como uma *abordagem didática*, podendo, portanto, estar vinculado a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor (Sasseron, 2015, p. 58).

Tal discussão, acerca da diferença entre os termos abordagem e metodologia, somada à concepção de Sasseron (2015), é importante para compreender que o EI é uma abordagem didática, ou seja, é produto de pesquisas

científicas, todavia, torna-se uma metodologia quando levada para as salas de aulas pelos professores que desejam utilizá-la. Esta “transição” de abordagem para metodologia, quando aplicado em sala de aula, se dá pela inserção das crenças, observações e experiências do professor, bem como pelas adaptações realizadas pelo docente, como já discutido anteriormente.

Neste sentido, é válido ressaltar que ao longo deste capítulo, tomaremos como definição de EI: uma metodologia de ensino, na qual os aprendizes ocupam posição de protagonistas ao longo do processo de ensino e aprendizagem, sendo colocados frente aos problemas cotidianos e bem elaborados que deverão ser resolvidos. A resolução pode se dar por meio de experimentos e atividades diversas que instiguem os alunos a elaborar hipóteses, construir argumentos e conclusões acerca do problema apresentado (Sasseron; Carvalho, 2011; Gibin; Ferreira, 2021; Suart; Marcondes, 2022).

Salienta-se também que a expressão EI pode ser encontrada na literatura como sinônimo de *abordagem investigativa*, *metodologia investigativa* e *método investigativo* (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015; Oliveira, 2021).

2.1.1 Uma breve trajetória histórica acerca do ensino por investigação

Segundo Briccia (2014, p. 114), “as características sobre a construção do conhecimento científico são objeto de debate entre diversos filósofos e historiadores e estudiosos da Ciência”. Neste sentido, a autora aponta que não há um consenso sobre o que é Ciência, todavia, defende que um dos seus objetivos é criar interações e relações entre teorias, haja vista que o conhecimento não é construído pontualmente.

Considerando que “[...] a Ciência usa dos problemas para encontrar explicações e respostas, sendo o problema essencial nessa construção” (Briccia, 2014, p. 116) e que, em primeiro lugar, é necessário saber formular problemas (Bachelard, 1996), é fundamental estabelecer um paralelo entre Ciência e Ensino de Ciências (Oliveira; Gibin, 2020). Em síntese, faz-se necessário estabelecer relações sobre a Ciência e as diversas maneiras de como ensiná-la, visando à compreensão dos conceitos que a compõe.

Neste sentido, surge ainda em meados do século XIX, a preocupação em estimular atividades de cunho investigativas na educação científica, ou seja, no

Ensino de Ciências (Zompero; Laburú, 2011). O EI aparece na literatura inglesa com a nomenclatura *inquiry* ou *inquiry learning*, tendo como base central as ideias do filósofo e pedagogo americano John Dewey (Oliveira; Gibin, 2020; Batista; Silva, 2018; Andrade, 2011; Zompero; Laburú, 2011).

Conforme aponta Andrade (2011, p. 122), “Dewey é reconhecido como um pensador de vanguarda no pragmatismo e na Educação progressista nos Estados Unidos da América, sendo o educador estadunidense mais considerado do século XX”. Zompero e Laburú (2011) acrescentam que o termo *Pedagogia Progressista* pode ser encontrado na literatura com outras denominações, tais como: Escola Nova, Escola do Trabalho, Escola Ativa e Pedagogia Ativa. Ademais, os últimos autores supracitados relatam que a pedagogia progressista surgiu nos Estados Unidos como uma crítica à pedagogia tradicional, então defendida pelo filósofo e pedagogo Herbart, que viveu no século XIX.

Na concepção de Herbart, o ensino devia ser organizado com base em três conceitos principais: governo, disciplina e instrução educativa. O governo referia-se às regras externas que faziam com que o estudante mantivesse atento ao assunto estudado. Tais regras englobavam aplicação de castigos e ameaças aos estudantes. Já a disciplina dizia respeito à formação do caráter do estudante, enquanto a instrução educativa consistia em educar o estudante para que tivesse o prazer em aprender, sendo a instrução assegurada tanto pelo governo como pela disciplina. (Zompero; Laburú, 2011).

Contrapondo-se ao que defendia Herbart, surgiu no final do século XIX, o chamado Movimento Progressista, tendo como principal nome o de Dewey (Zompero; Laburú, 2011). Os adeptos a este novo movimento defendiam que o ensino deveria ser centrado na vida dos estudantes, bem como na atividade, aliando a teoria com a prática. Além disso, defendiam que o próprio estudante deveria ser o participante ativo durante todo o seu processo de aprendizagem (Andrade, 2011; Zompero; Laburú, 2011).

As ideias de Dewey surgiram durante um período em que os Estados Unidos passavam por uma crise econômica que, por sua vez, acarretou inúmeras medidas governamentais para conter a falência das empresas e o desemprego (Batista; Silva, 2018). Tais medidas, adotadas pelo governo da época, despertaram em pessoas como Dewey, a defesa por uma perspectiva de educação escolar capaz de contribuir para uma sociedade mais humanizada (Barrow, 2006). Neste sentido, o *inquiry* foi

visto como uma forma de desenvolver nos estudantes as habilidades necessárias para resolver problemas de relevância social da época (Zompero; Laburú, 2011).

Outro fator determinante para que os Estados Unidos fomentassem o Ensino de Ciências foi a necessidade de formar cientistas capazes de competir com os russos nos termos militar e tecnológico, durante a Corrida Espacial e a Guerra Fria, estabelecida entre os Estados Unidos e a antiga União Soviética. Tal necessidade fez com que organizações internacionais, nos anos 1960, promovessem debates que resultaram em novos projetos curriculares e em materiais didáticos inovadores (Batista; Silva, 2018). Zompero e Laburú (2011) ainda afirmam que essa preocupação com a educação científica, por parte dos Estados Unidos, surgiu após o lançamento do satélite russo denominado *Sputinik*. Assim, os americanos viram-se preocupados em formar cientistas para a sua segurança.

Os novos projetos curriculares americanos enfatizavam a necessidade de fomentar o desenvolvimento, nos estudantes, de habilidades como observar, classificar, inferir e controlar variáveis (Barrow, 2006), aspectos presentes também no EI, como discutiremos mais adiante. Em síntese, conforme aponta Zompero e Laburú (2011), os fatos ocorridos nos Estados Unidos, fizeram com que passasse a existir uma tradição histórica no emprego da abordagem investigativa no ensino de Ciências naquele país.

Oliveira e Gibin (2020) relatam que os documentos oficiais que orientam o ensino de Ciências nos Estados Unidos revelam que o EI tem destaque. O Conselho Nacional de Pesquisa estadunidense (*National Research Council*, em inglês), elaborou um documento que esclarece a importância do uso da abordagem investigativa no ensino de Ciências. Dentre os aspectos apontados, o documento menciona que nesta abordagem, é necessário que os estudantes fiquem engajados com perguntas de cunho científico; priorizem as evidências ao responderem às questões; formulem hipóteses e explicações a partir das evidências; avaliem suas explicações à luz de outros conhecimentos e/ou alternativas e comuniquem suas explicações e conclusões aos colegas (United States of America, 2000).

No que diz respeito ao Brasil, Oliveira e Gibin (2020) afirmam que existem orientações em documentos oficiais sobre o uso de investigações no ensino de Ciências. Os autores reiteram que tais orientações são muito breves, sendo um desses documentos, os Parâmetros Curriculares Nacionais+ (PCN+). Nesse documento em questão, propõe-se que as competências gerais a serem

desenvolvidas na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias são: domínio da representação e comunicação, da *investigação* e compreensão e da contextualização sociocultural (Brasil, 2002).

Neste documento contém que “no Ensino de Química, os conteúdos abordados e as atividades desenvolvidas devem ser propostos de forma a promover o desenvolvimento de competências dentro desses três domínios, com suas características e especificidades próprias” (Brasil, 2002, p. 88). Tais competências, propostas como objetivo de serem desenvolvidas nos estudantes, são as seguintes:

> 2 Identificar as informações ou variáveis relevantes em uma **situação-problema** e **elaborar possíveis estratégias** para equacioná-la ou resolvê-la;
> 3 Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações, identificar regularidades, invariantes e transformações;
> 4 Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados;
> 5 Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para situações-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos;
> 6 Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento. (Brasil, 2002, p. 90-91, grifo do autor).

Cabe salientar que os PCN+ surgiram posteriormente aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) publicados em 1997, como sendo um documento contendo orientações educacionais complementares aos PCN. Além disso, é válido destacar que os PCN de 1997 já enfatizavam que,

> Em Ciências Naturais, os procedimentos correspondem aos modos de buscar, organizar e comunicar conhecimentos. São bastante variados: a observação, a experimentação, a comparação, a elaboração de hipóteses e suposições, o debate oral sobre hipóteses, o estabelecimento de relações entre fatos ou fenômenos e ideias, a leitura e a escrita de textos informativos, a elaboração de roteiros de pesquisa bibliográfica, a busca de informações em fontes variadas, a elaboração de questões para enquete, a organização de informações por meio de desenhos, tabelas, gráficos, esquemas e textos, o confronto entre suposições e entre elas e os dados obtidos por **investigação**, a elaboração de perguntas e problemas, a proposição para a solução de problemas (Brasil, 1997, p. 29, grifo do autor).

Em continuação ao que se diz acerca do EI no Brasil, foi publicado em 2018, um documento denominado Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Este documento visa definir o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das modalidades da Educação Básica

(Brasil, 2018). Carvalho (2022, p. 23) afirma que, de acordo com a BNCC, “[...] o Ensino de Ciências deve aproximar gradativamente os alunos aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica”.

Além disso, este documento defende ser imprescindível que os estudantes sejam progressivamente estimulados a planejarem e realizarem atividades investigativas de modo cooperativo, bem como compartilharem os resultados provenientes das investigações. Acrescenta-se que,

> Isso não significa realizar atividades seguindo, necessariamente, um conjunto de etapas predefinidas, tampouco se restringir à mera manipulação de objetos ou realização de experimentos em laboratório. Ao contrário, pressupõe organizar as situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções (Brasil, 2018, p. 322).

Diante do exposto, nota-se que a abordagem investigativa contribui para que os estudantes atuem como protagonistas durante todo o processo de aprendizagem, bem como favorece habilidades como levantamento de hipóteses, análise de dados, construção de argumentos, comunicação de inferências e propostas de intervenções para os problemas apresentados. Ademais, através do breve trajeto histórico aqui apresentado, evidencia-se que o EI visa à formação de cidadãos, ou seja, indivíduos que desempenham funções importantes para a melhoria das sociedades onde vivem.

2.1.2 Atividades experimentais investigativas e suas potencialidades

A experimentação é um dos principais recursos didáticos utilizados no ensino de Ciências e, em particular, no ensino de Química. Todavia, conforme aponta Gibin e Oliveira (2020), quando este recurso é utilizado para ensinar Ciências e/ou Química, deve ser para atingir os objetivos pedagógicos definidos previamente pelo professor que o utiliza. Tais objetivos devem fazer parte de um planejamento assíduo do docente que, por sua vez, deve-se preocupar com alguns aspectos, tais como: “[...] o desenvolvimento de diferentes habilidades como a capacidade de observação, levantamento de hipóteses, registro e análise dos dados” (Gibin;

Oliveira, 2020, p. 152). Assim, nota-se a importância do planejamento das atividades experimentais.

Conforme aponta Hodson (1994), três eixos devem ser levados em consideração quando se discute a utilização de atividades experimentais no ensino de Ciências: reconceituação do trabalho prático, aprendizagem da Ciência e relação entre a prática e reflexão. No que diz respeito ao primeiro eixo, Lima e Marcondes (2005) afirmam que a reconceituação exige que os professores evitem tratar as atividades experimentais como algo convencional, nem considerem sua execução apenas como a simples descrição de um manual, reduzida a uma mera operação. Ainda, as autoras afirmam que as atividades experimentais devem ser bem planejadas a fim de facilitar o desenvolvimento conceitual e gerar o interesse pela Ciência nos estudantes.

O eixo relacionado à aprendizagem da Ciência diz respeito à necessidade de o professor fornecer tempo aos estudantes para construírem os seus próprios conhecimentos, além de também propor experimentos em que os aprendizes possam explorar, desenvolver e até mesmo modificar suas ideias. Por fim, o último eixo, relação entre prática e reflexão, evidencia que o professor deve orientar as atividades propostas de maneira que fomente os estudantes a refletirem e compreenderem os conteúdos conceituais e procedimentais, resultando no estabelecimento de ligações entre as atividades práticas realizadas e o tema estudado (Hodson, 1994; Lima; Marcondes, 2005).

Além da discussão acerca dos eixos propostos por Hodson (1988, 1994), é válido destacar os objetivos da experimentação. Este mesmo autor, por exemplo, propõe que as atividades experimentais devem ser realizadas a fim de motivar os estudantes; intensificar a aprendizagem de conhecimentos científicos; desenvolver atitudes científicas e ensinar técnicas de laboratório. Dentre esses objetivos, a motivação recebe alguns questionamentos, pois, como apontam Galiazzi e Gonçalves (2004), existem estudos que afirmam que os professores consideram as atividades experimentais importantes porque motivam intrinsecamente seus estudantes, todavia, estes mesmos estudos revelam que isso pouco ocorre nas aulas experimentais.

Para as autoras:

> Essa ideia presente no pensamento dos professores está associada a um

> conjunto de entendimentos empiristas de Ciência em que a motivação é resultado inerente da observação do aluno sobre o objeto de estudo. Isto é, os alunos se motivam justamente por "verem" algo que é diferente da sua vivência diária, ou seja, pelo "show" da ciência. (Galiazzi; Gonçalves, 2004, p. 328).

Outros objetivos do uso de experimentos para o ensino de Ciências também são apontados por Galiazzi *et al.* (2001). Para os autores a experimentação deve ser utilizada a fim de proporcionar o desenvolvimento do raciocínio, da observação e da capacidade de trabalho em grupo. Além disso, destacam-se os seguintes objetivos: melhorar a aprendizagem da teoria; aprender os conceitos científicos por meio da prática e verificar princípios e fatos estudados teoricamente.

Embora seja reconhecida a importância da experimentação no ensino de Ciências e de Química, este é um recurso pouco utilizado pelos professores, em especial, no Ensino Médio (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015; Gibin; Oliveira, 2020). A justificativa fornecida pela maioria dos professores é de que muitas escolas não possuem laboratório, vidrarias e equipamentos e quando possuem espaço, ele não está em condições de uso (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015; Martines; Carvalho, 2024).

Cabe salientar que a não realização de atividades experimentais por parte dos professores, também envolve outras justificativas, tais como: problemas administrativos, econômicos e deficiência em sua formação inicial (Gibin; Oliveira, 2020). Outrossim, alguns professores alegam que

> [...] é arriscado cuidar de cerca de quarenta estudantes sozinhos, correndo riscos de acidentes, o preparo das aulas pela separação de vidraria e a lavagem das mesmas ao final da aula demanda bastante tempo, atrapalhando a aula teórica e sobrecarregando o professor (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015, p. 27).

Somado à discussão até então realizada, Gibin e Oliveira (2020) enfatizam que, atualmente, o ensino experimental abordado na maioria das escolas e até mesmo em universidades, segue a abordagem tradicional. Para os autores, nesta abordagem, os alunos devem seguir uma sequência linear na qual o roteiro disponibilizado determina o que e como deve ser feito. A adoção desta abordagem pelos professores pode estar atrelada ao fato de que é comum discutirem a teoria durante a aula e, ao final, apresentam um experimento para mostrar a validade da discussão, todavia, os autores defendem que "[...] a experimentação no Ensino não

tem como objetivo provar na prática alguma teoria", visto que o seu papel é desenvolver nos estudantes diferentes habilidades (Gibin; Oliveira, 2020, p. 155).

Segundo Azevedo (2004), pesquisas têm evidenciado que ao realizar atividades em que estão separadas a resolução de problemas, a teoria e as aulas práticas, os estudantes têm sua visão deformada sobre o que é Ciência, uma vez que na realidade do cientista essas formas de trabalho aparecem bem interconectadas, dando origem a um todo coerente e interdependente. Como contraposição à abordagem da experimentação tradicional, Gibin e Souza-Filho (2016) defendem o uso das chamadas AEI.

As AEI apresentam um caráter construtivista, pois a aprendizagem é baseada na resolução de um problema, por meio de um experimento. Além disso, essas atividades partem do pressuposto que os estudantes trazem ao ambiente escolar, concepções distintas adquiridas pelo convívio cotidiano com diversos fenômenos e eventos. Assim, faz-se necessário que o professor respeite e favoreça essas atividades com base nas concepções prévias dos aprendizes (Gibin; Souza-Filho, 2016).

Conforme aponta Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015), existem diferentes níveis de investigação que podem ser adotados nas AEI (Quadro 3).

Quadro 3 – Níveis de investigação em uma atividade experimental investigativa

Nível	**Problemas**	**Materiais**	**Procedimentos experimentais**	**Coleta e análise de dados**	**Conclusões**
0	Dado	Dado	Dado	Dado	Dado
1	Dado	Dado	Dado	Dado	Em aberto
2	Dado	Dado	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Dado	Dado	Em aberto	Em aberto	Em aberto
4	Dado	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015, p. 106).

No *nível 0*, os problemas, materiais, procedimentos experimentais, forma de coleta e análise dos dados, bem como as conclusões, são fornecidos pelo professor de modo que os estudantes não podem decidir sobre elas. Assim, considera-se este nível como um caráter tradicional, no qual não ocorre nenhum tipo de investigação.

Em uma AEI de *nível 1*, os problemas, materiais, procedimentos experimentais e forma de coleta e análise dos dados são fornecidos pelo docente, permitindo que os estudantes proponham suas conclusões.

Nas atividades investigativas de *nível 2*, a forma de coleta e análise dos dados, assim como as conclusões, não são fornecidas pelo professor, enquanto nas de *nível 3*, são fornecidos apenas os problemas e os materiais, permitindo que os aprendizes tenham liberdade de propor os procedimentos experimentais, as formas de coleta e análise dos dados e as conclusões. Em AEI de *nível 4*, o docente fornece os problemas aos estudantes e estes, por sua vez, devem propor os materiais, procedimentos experimentais, forma de coleta e análise dos dados e as conclusões. Por fim, nas AEI de *nível 5*, os estudantes têm um elevado grau de liberdade, uma vez que podem propor desde o problema até as conclusões.

Diante disso, nota-se que para Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015) não existe uma rigidez nos níveis de investigação. Neste mesmo sentido, Borges (2002) se dedicou em apresentar as relações entre a abordagem experimental e a abordagem experimental investigativa (Quadro 4). Salienta-se que o termo *grau de abertura*, presente no quadro a seguir, indica o quanto o professor ou o roteiro fornecido por ele especifica a tarefa do estudante.

Quadro 4 – Relações entre a abordagem experimental tradicional e a abordagem experimental investigativa

Aspectos	**Abordagem tradicional**	**Abordagem investigativa**
Grau de abertura	Roteiro pré-definido Restrito grau de abertura	Variado grau de abertura Liberdade total no planejamento
Objetivo	Comprovar leis	Explorar fenômenos
Atitude do estudante	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

Fonte: Borges (2002, p. 304).

Conforme aponta Oliveira e Gibin (2020), na abordagem experimental tradicional existe um roteiro pré-definido, fazendo com que os estudantes apresentem um grau de abertura muito restrito, ou seja, limitam os aprendizes

quanto a realização do procedimento experimental presente no roteiro. Em contrapartida, na abordagem experimental investigativa existem vários graus de abertura que dão maior liberdade aos estudantes. Além disso, os objetivos das abordagens são distintos, sendo que na tradicional o objetivo é a comprovação de leis e teorias, enquanto na investigativa, é geralmente a exploração de fenômenos. Por fim,

> [...] a atitude dos estudantes em uma abordagem tradicional é de compromisso com o resultado, ou seja, observar a teoria ou a lei em prática e, em uma atividade investigativa, o estudante possui a responsabilidade de propor a investigação, com todas as suas etapas. (Oliveira; Gibin, 2020, p. 169).

Nota-se, portanto, que são inúmeras as potencialidades ofertadas pelo uso da abordagem investigativa atrelada à experimentação. Suart e Marcondes (2009) destacam, dentre as possibilidades, o desenvolvimento de habilidades cognitivas, todavia, reiteram que para alcançá-lo, é necessário que as AEI sejam planejadas e executadas de maneira que a participação dos estudantes seja privilegiada.

2.1.3 O papel do professor nas atividades investigativas

Segundo Briccia (2014), professores que apresentam uma visão mais rígida acerca do trabalho científico, não voltam sua atenção aos processos de construção de conhecimentos pelos seus estudantes. A autora afirma que esta postura do professor reduz o estudo de Ciências a uma atuação tradicional e mecânica, restrita à memorização de fórmulas, operacionalização de exercícios, enunciados e leis. Briccia (2014, p. 112) ainda ressalta que “[...] quando se trabalha com o ensino mecânico, tradicional, [...] não se oferece espaço para a investigação”. Portanto, é necessário compreender qual postura deve ser adotada pelo professor que deseja utilizar a abordagem investigativa em suas aulas, a qual, como visto anteriormente, opõe-se à abordagem tradicional.

Sasseron (2014) defende que dentre as principais habilidades a serem desenvolvidas ao longo de atividades investigativas é a argumentação. Para tanto, o professor deve permitir e promover, durante a investigação, situações que favoreçam interações discursivas entre os aprendizes. Com esse objetivo, a autora

propõe quatro ações pedagógicas que visam contemplar propósitos pedagógicos relacionados à argumentação (Quadro 5).

Quadro 5 – Propósitos e ações pedagógicas do professor para promover a argumentação em atividades investigativas

Propósitos pedagógicos	**Ações pedagógicas**
Planejamento da atividade	Definição dos objetivos, organização de materiais necessários e preparação de cronograma
Organização para a atividade	Divisão de grupos e/ou tarefas, organização do espaço, distribuição de materiais, limite de tempo
Ações disciplinares	Proposição clara das atividades e das ações a serem realizadas, atenção ao trabalho dos alunos, ações disciplinares
Motivação	Estímulo à participação, acolhida das ideias dos alunos

Fonte: Sasseron (2014, p. 48).

Como visto no quadro 5, o *planejamento da atividade* diz respeito à organização dos objetivos da aula que, por sua vez, irá pautar todo o trabalho futuro. Além disso, abrange a organização dos materiais necessários e a preparação do cronograma da atividade. O propósito pedagógico *organização para a atividade* requer que o professor realize a divisão dos grupos, caso a atividade seja realizada de maneira coletiva, bem como a explicação de como irá ocorrer de fato a atividade. Ainda nesta etapa, o docente deve propor a organização do espaço, realizar a distribuição dos materiais e explicar o tempo que os estudantes terão em cada etapa da investigação.

O propósito *ações disciplinares* está diretamente ligado à execução e organização das atividades, todavia, pauta-se nas relações interpessoais. Este propósito abrange a exposição das ações a serem realizadas pelos estudantes, bem como a atenção acerca do comportamento dos aprendizes durante os trabalhos de investigação. Por fim, a *motivação* requer que o docente estimule a participação dos estudantes durante a realização da investigação. Esse estímulo pode se dar através de perguntas intrigantes e possíveis de serem respondidas com a ajuda dos materiais disponibilizados. Além disso, este propósito demanda que o professor evidencie o acolhimento das ideias apresentadas por todos os aprendizes.

Relacionado ao último propósito pedagógico apresentado por Sasseron (2014), Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015) defendem que a promoção da motivação requer que o professor reflita sobre seus padrões de atuação e verifique de que maneira eles contribuem para a criação de um ambiente de aprendizagem no qual os estudantes se interessam e se esforçam para aprender. Assim sendo, os autores defendem que a motivação deve fazer parte do planejamento do professor, uma vez que a criação de um ambiente agradável em sala de aula pode favorecer a aprendizagem e, consequentemente, a motivação.

Outros aspectos relacionados ao papel do professor em atividades investigativas são apresentados por Carvalho *et al.* (1998), Azevedo (2004) e Oliveira e Gibin (2020). Considerando que na abordagem investigativa os estudantes devem fazer parte de todo o processo de construção de seu conhecimento, Carvalho *et al.* (1998) defendem que o professor é responsável por propor os problemas a serem resolvidos, além de promover oportunidades de reflexões entre os aprendizes. Os autores também apontam que o docente deve estabelecer métodos de trabalho colaborativo e estimular a criação de um ambiente em que todas as ideias são consideradas.

Azevedo (2004) afirma que em atividades investigativas, os aprendizes deixam de ser apenas observadores das aulas e passar a ter grande influência sobre ela, precisando argumentar, agir, pensar, questionar e interferir. Para tanto, a autora aponta que “o professor que se propuser a fazer de sua atividade didática uma atividade investigativa deve tornar-se um professor questionador, que argumente, saiba conduzir perguntas, estimular, propor desafios, ou seja, passa de simples expositor a orientador do processo de ensino” (Azevedo, 2004, p. 25).

Além disso, Azevedo (2004) aponta que o professor deve conhecer bem o assunto a ser trabalhado na atividade investigativa, para que, então, proponha questões que levem os estudantes a questionarem e refletirem. Outro aspecto defendido pela autora é que o professor deve prestar atenção às respostas dos aprendizes, valorizando as respostas corretas e questionando as incorretas, sem excluir o que o estudante errou do processo. Dessa forma, evita-se que os demais alunos acreditem que suas respostas são melhores ou únicas.

Por fim, as ideias de Oliveira e Gibin (2020) corroboram com as afirmações de Carvalho *et al.* (1998) e Azevedo (2004), apresentadas anteriormente. Para os autores, o papel do professor é de colocar os estudantes frente a situações-

problemas adequadas, propiciando a construção do conhecimento pelos próprios estudantes. Assim, é necessário que o professor assuma a posição de questionador e orientador ao longo de todos os processos envolvidos na atividade investigativa.

Nota-se, portanto, a importância do professor nas atividades de caráter investigativo. Em resumo, o docente deve deixar de ser o único detentor e transmissor do conhecimento, como ocorre na abordagem tradicional, e adotar uma postura mais ativa, assim como os estudantes. Essa postura ativa deve se manifestar no estímulo a questionamentos e na orientação de ações dos aprendizes.

2.2 AS TECNOLOGIAS DIGITAIS

Inicialmente, faz-se necessário apresentar a definição de TD a qual defendemos: “[...] são ferramentas tecnológicas capazes de serem empregadas nas atividades de ensino” (Silva; Gibin, 2023, p. 3). Esta definição ancora-se nas ideias de Moran (2012). Para o autor, as TD podem ser definidas como ferramentas capazes de auxiliar nas diversas atividades do cotidiano humano. Além disso, o avanço das redes, portais de pesquisas e meios de comunicação fez com que essas tecnologias se tornassem instrumentos fundamentais para a transformação das atividades educacionais (Moran, 2012).

Salienta-se também que utilizaremos a expressão TD como sinônimo de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). Isso se deve ao fato de que a expressão *Tecnologias Digitais* engloba os aspectos presentes nas TDIC e está refletida no próprio termo.

2.2.1 Tecnologias no ensino de Química

Desde o final do século XX e até os dias atuais, o desenvolvimento tecnológico vem transformando o modo como as pessoas pensam, como se comportam e até mesmo suas relações sociais. Com isso, é possível notar o crescimento do interesse pelo uso de TD em atividades relacionadas principalmente com o ensino e aprendizagem. Este fator tem levado à ruptura de metodologias tradicionais de ensino, uma vez que, a incorporação de tecnologias às práticas pedagógicas, pode contribuir para a formação de cidadãos conscientes, críticos, autônomos e ativos. (Leite, 2022).

De acordo com Leite (2022), com o passar dos anos, as fronteiras entre educação e tecnologias têm se estreitado ainda mais. Isso se deve ao fato que a tecnologia está presente em todos os lugares, inclusive dentro da sala de aula. Com isso, passaram a surgir algumas nomenclaturas, que serão discutidas a seguir.

Por volta do final do século XX e início do século XXI, era comum ouvir falar em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Segundo Leite (2015), o conceito de TIC era utilizado para expressar a aproximação entre a informática e as telecomunicações. Conforme aponta o mesmo autor em outro texto:

> As TIC, como eram conhecidas, agrupavam ferramentas informáticas e comunicativas como a televisão, vídeo, rádio e internet. Elas abrangiam também as tecnologias mais antigas como o jornal, a televisão, o mimeógrafo, o retroprojetor, a fita cassete etc (Leite, 2021, p. 245).

Outro termo que passou a ser utilizado refere-se às TDIC. Embora este termo se assemelhe com o discutido anteriormente, é válido ressaltar que existem nuances diferentes entre eles. As TDIC se diferenciam das TIC por fazerem uso, principalmente, das TD, sendo estas, *tablet*, computador, *smartphones* e quaisquer outros dispositivos que permitam o acesso e a navegação na internet (Leite, 2022). Acrescenta-se que,

> Além da internet, que pode ser considerada um excelente recurso das TDIC, outros também se destacam, como os dispositivos inteligentes (*smartphone*, *smart* TV, *smartwatch* etc.) que estão cada vez mais presentes no dia a dia da sociedade da informação (Leite, 2022, p. 19).

Leite (2022) também afirma que as TDIC não são os únicos recursos responsáveis pela qualidade e transformação da educação, e que o professor[1] é um dos principais propulsores e fomentadores dessa transformação. Outrossim, o autor ainda discorre que, com o advento das TDIC, vários outros instrumentos podem ser utilizados como auxílio nos processos de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, têm-se os Recursos Didáticos Digitais (RDD) como meios e aparatos que podem ser utilizados pelo professor para auxiliar o ensino e a construção do conhecimento pelos estudantes.

Por definição, os RDD são todos os objetos de aprendizagem produzidos com o uso das TD e que auxiliam no processo de aprendizagem dos indivíduos (Leite,

[1] O papel do docente frente às TDIC será discutido na próxima seção deste capítulo.

2015). Várias são as TD que podem ser utilizadas pedagogicamente, tais como: *data show*, *tablets*, *notebooks*, vídeos, dentre outras. Todavia, essas tecnologias devem estar atreladas às estratégias didáticas (Leite, 2022) para fazerem sentido e sirvam como ferramentas auxiliadoras.

No tangente ao ensino de Química, Pozo e Crespo (2009) afirmam que o advento das tecnologias fomentou o surgimento de novas abordagens pedagógicas, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. De modo geral, os autores acreditam que o processo de revolução cultural nas tecnologias trouxe consigo, ainda que paralelamente, uma revolução na cultura da aprendizagem. Somado a isso, Pascoin e Carvalho (2023) relatam que é preciso pensar o ensino de Química a partir de um planejamento que considere a teoria e prática indissociáveis, bem como valorize representações de fenômenos diversos e que crie possibilidades para que os estudantes compreendam os conceitos científicos da disciplina. Com a necessidade de se alcançar tudo isso, propõe-se a integração das TD às atividades de Química (Pascoin; Carvalho, 2023).

Cabe salientar que Lima e Moita (2011) já defendiam a necessidade de um planejamento para a adoção de recursos tecnológicos no ensino de Química. As autoras defendem que a metodologia presente no planejamento deve contribuir para a atenção na realidade da vida e no social dos estudantes. Além disso, a metodologia escolhida pelo docente em seu planejamento deve ter por meta envolver os aprendizes no estudo da Química, através da análise e da elucidação dos fenômenos do mundo natural e virtual. Com isso, a aprendizagem é desenvolvida a partir de uma postura metodológica que condiz com a realidade dos estudantes e os liga ao contexto tecnológico (Lima; Moita, 2011).

A proposta de integrar as TD às atividades de ensino de Química, bem como a necessidade de um planejamento para sua implementação nesse contexto, tem como objetivo facilitar a compreensão dos conceitos fundamentais dessa ciência, tida por Pozo e Crespo (2009) como abstrata. No entanto, faz-se necessário discutir acerca da Química enquanto ciência e como as tecnologias, através de alguns RDD, podem auxiliar para que os estudantes passem a compreender melhor os seus conceitos.

De acordo com Pauletti *et al.* (2017), a Química é a ciência que estuda o mundo no seu sentido material, ou seja, como tudo se constitui e se transforma, bem como as principais consequências dessas transformações. Além disso, Santos e

Schnetzler (2010) afirmam que a relevância de aprender Química está na capacidade de interpretar e compreender os elementos que compõem o mundo em que vivemos, além de desenvolver um posicionamento crítico em relação aos efeitos ambientais oriundos da utilização da Química e às decisões sobre investimentos nessa área. Os autores também afirmam que aprender Química é essencial para buscar e propor soluções para problemas sociais que podem ser resolvidos com o auxílio do desenvolvimento desta ciência.

Segundo Pozo e Crespo (2009), a dificuldade para a aprendizagem da Química pode estar relacionada à necessidade de os estudantes compreenderem e analisarem as transformações da matéria. Os referidos autores afirmam que os aprendizes, ao se esforçarem para conseguir tal compreensão, deparam-se com inúmeras leis e conceitos que, por sua vez, são abstratos e sequenciais. Pauletti *et al.* (2017, p. 149) acrescentam que "[...] ao que tudo indica, a dificuldade aumenta quando a Química é abordada simultaneamente em nível microscópico e em nível simbólico, pois essas representações estão fora do universo conceitual do estudante".

Visto isso, faz-se necessário adentrar nos modos de representação da ciência Química, apresentados por Johnstone (1982). Para este autor, o conhecimento químico pode ser representado por três modos, a saber: nível *macroscópico*, nível *microscópico* e nível *simbólico*. O primeiro nível diz respeito aos fenômenos e processos capazes de serem observados em uma dimensão visível. Já o nível *microscópico* remete-se ao que é imperceptível a olho nu, como, por exemplo, arranjos das moléculas, movimento e interação entre átomos ou partículas, entre outros. Por fim, o nível *simbólico* refere-se àquilo que é representado em sua maioria por fórmulas, estruturas e equações químicas. Pascoin e Carvalho (2023) afirmam que para o ensino de diversos conceitos químicos, os professores devem promover a passagem pelas três dimensões dos conhecimentos químicos apresentadas anteriormente.

É importante destacar que os experimentos práticos, amplamente utilizados no passado, desempenharam um papel fundamental na história dos processos de produção e validação do conhecimento científico. Todavia, as limitações presentes nos espaços escolares faziam com que poucos experimentos fossem colocados em prática, direcionando, portanto, os professores a se limitarem à descrição dos procedimentos (Pascoin; Carvalho, 2023).

Com o advento das TD, Pascoin e Carvalho (2023) relatam que surgiram *softwares*[2] que criam no computador, laboratórios virtuais que simulam laboratórios reais. Além disso, esses laboratórios virtuais eliminam as questões relacionadas à segurança e ao tempo necessário para a realização de experimentos. Estes *softwares* podem contribuir para que os estudantes se apropriem das formas do pensamento químico, visto que lhes é permitido conduzir os experimentos, "[...] representando-os em diferentes níveis de conhecimento e fazendo análise de suas inter-relações" (Pascoin; Carvalho, 2023, p. 43).

A utilização de *softwares* de simulação virtual e realidade aumentada também é apontada como positiva no ensino de Química (Piva *et al.*, 2021). Tori, Kirner e Siscoutto (2006) definem realidade aumentada como uma tecnologia capaz de enriquecer o ambiente real com objetos virtuais, utilizando dispositivos tecnológicos que operam em tempo real. Na Química, Piva *et al.* (2021) apontam que a utilização desses recursos favorece a visualização e compreensão de aspectos do nível microscópico, além de favorecer o desenvolvimento de modelos mentais dos estudantes ao ponto de que se tornem mais coesos com os modelos científicos.

Outro RDD que pode ser utilizado para o ensino de Química é o vídeo. Na conceituação realizada por Leite (2022, p. 30), "um vídeo é um sistema de gravação e reprodução de imagens, as quais podem estar acompanhadas de sons". O autor ainda afirma que esse recurso integra informação gráfica, dinâmica e verbal de maneira temporal e espacial. Sua utilização no ensino de Química, bem como no ensino de outras disciplinas, está pautada na possibilidade que oferece ao docente em introduzir, motivar, ilustrar ou até mesmo promover debates e reflexões sobre o tema abordado. Além disso, essa tecnologia permite uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, e também ativa o imaginário dos aprendizes (Leite, 2022).

Para Lima e Moita (2011), os jogos digitais também são recursos apropriados para uso em atividades de Química. Sua utilização deve ser orientada de forma a estimular os estudantes a buscarem e construírem conhecimentos como uma conquista. Em outras palavras, os jogos digitais devem ser utilizados a fim de fomentar a superação dos limites e enfrentamento de desafios pelos discentes. Conforme aponta os mesmos autores,

---

[2]*Softwares* são programas de computador compostos por um conjunto de instruções ordenadas que são interpretadas e executadas pelo computador (Leite, 2015).

> A associação dos jogos digitais aos conteúdos escolares, especificamente, aos conceitos da química, favorece a aprendizagem mediante a utilização de uma metodologia que envolve a tecnologia e a influência da química na sociedade tecnológica moderna. Nesse caso, o jogo digital deve ser trabalhado com base nos jogos comerciais ou jogos educativos, desde que ele seja útil para o meio didático e que cause inovações, mudança de hábitos e inclusão digital. (Lima; Moita, 2011, p. 138).

Soares e Barin (2016) também apontam o *Podcast* como um RDD que pode ser utilizado em práticas educativas. Por definição, um *Podcast* corresponde a um registro em áudio e/ou vídeo disponíveis como arquivos digitais *online*, passíveis de serem acessados por meio da internet (Soares; Barin, 2016; Leite, 2022). Outrossim, sua utilização como recurso didático no ensino de Química é considerada potencializadora e estimulante, pois permite a introdução de temas e conteúdos disciplinares ou interdisciplinares de maneira contextualizada, além de motivar discussões sobre a temática abordada (Soares; Barin, 2016).

Rodrigues e Gibin (2021) afirmam que o uso de animações aproxima os estudantes dos conceitos a serem aprendidos, incentivando-os a compreender determinados sistemas e estimulando-os a refletirem e prestarem atenção. Os autores defendem seu uso no ensino de Química e acrescentam que as animações podem ser desenvolvidas pelos próprios aprendizes através de aplicativos de *smartphones* ou plataformas digitais. Por definição, animações são criações que resultam da exibição sequencial de imagens (fotografias) com pequenas variações na posição dos objetos entre elas (Rodrigues; Gibin, 2021).

Cabe salientar que se atribui a essa técnica a nomenclatura animações em *Stop Motion* e que para ensinar Química, podem ser utilizadas figuras confeccionadas sobre qualquer assunto,

> inclusive referentes a acontecimentos do mundo atômico e molecular [...]. Os estudantes poderiam indiretamente manipular e imaginar os acontecimentos em nível submicroscópico, uma vez que estariam, ao longo do processo de montagem da animação, refletindo sobre a dinâmica dos fenômenos atômicos e moleculares. (Rodrigues; Gibin, 2021, p. 117-118).

Também é válido discutir acerca das chamadas Inteligências Artificiais (IA), uma vez que tem apresentado funcionalidades em vários seguimentos da sociedade contemporânea, dentre eles, a educação. As IA podem ser definidas como

> [...] sistemas de computador inteligentes ou agentes inteligentes com características humanas, como a capacidade de memorizar conhecimento,

> de perceber e manipular seu ambiente de maneira semelhante a humano, e entender a linguagem natural humana (Zawacki-Richter *et al.*, 2019, p. 10, tradução nossa).

Guimarães *et al*. (2023) destacam o ChatGPT como uma IA e afirmam que seu uso na educação pode contribuir para a aprendizagem dos estudantes ao fornecer suporte para pesquisas diversas e na solução de exercícios. Eugenio *et al.* (2023) e Leite (2023) buscaram compreender o potencial dessa IA no ensino de Química por meio da solicitação e análise de respostas para exercícios variados de química. Os autores apontam que a apresentação incompleta de informações, erros matemáticos em exercícios que envolviam cálculos e respostas com erros conceituais são limitações dessa IA. No entanto, eles incentivam o uso dessa e de outras ferramentas de IA por professores de Química, para poderem identificar suas contribuições no ensino dessa disciplina.

Vistas todas essas possibilidades de uso das TD no ensino de Química, é possível notar que, na maioria das vezes, sua utilização visa facilitar a compreensão dos aspectos químicos presentes no nível microscópico, ou seja, aqueles que não são visíveis a olho nu. Entretanto, no que diz respeito às IA, percebe-se que elas são utilizadas como ferramentas de consulta para pesquisas diversas.

Por fim, é importante destacar que a utilização de ferramentas tecnológicas no ensino de Química deve estar pautada no desenvolvimento do conhecimento químico, considerando-o como “[...] um conjunto de ensinamentos interativos que envolvem a interdisciplinaridade, a contextualização e a tecnologia, possibilitando a construção de conhecimentos voltados para a vida” (Lima; Moita, 2011, p. 136). Assim sendo, é válido discutir o papel do professor frente a essas ferramentas, o que será feito na seção seguinte.

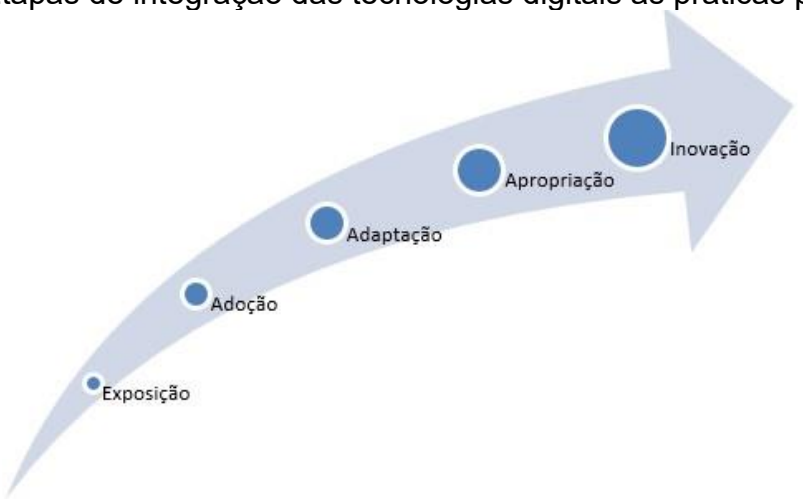
2.2.2 O papel do professor frente aos recursos tecnológicos

As contribuições e possibilidades ofertadas pelas TD são expressivas, todavia, as inovações acarretadas pelo avanço tecnológico precisam alcançar a maioria dos professores, para poderem conhecer, discutir e realizar reflexões profundas (Pascoin; Carvalho, 2023). Tal afirmação corrobora com o descrito por Leite (2022, p. 24): “usar as TDIC sem ter conhecimento de suas potencialidades de uso é o mesmo que ir para a sala de aula sem planejamento e nem ideia do que irá

fazer”. Além disso, o autor afirma que conhecer a real capacidade das tecnologias em relação ao processo de ensino e aprendizagem é um passo primordial, ou seja, esse conhecimento deve ser adquirido pelo docente antes de utilizar as tecnologias efetivamente.

Considerando a necessidade de conhecer a real capacidade das tecnologias antes de sua implementação em sala de aula, Bacich (2018) discute acerca das etapas de integração das TD às práticas pedagógicas com base na pesquisa *Apple Classrooms of Tomorrow*, realizada pela empresa *Apple Computer* em parceria com universidades e escolas públicas americanas. A autora afirma que o processo de integração ocorre através de um movimento gradativo, ou seja, em etapas (Figura 1).

Figura 1 – Etapas de integração das tecnologias digitais às práticas pedagógicas



Fonte: Bacich (2018).

Inicialmente, o professor é exposto ao uso de TD e inicia o processo de exploração dos recursos tecnológicos. Nesta etapa, preza-se pela identificação das competências necessárias para seu uso e pela compreensão de técnicas essenciais para lidar com as tecnologias. Na sequência, o professor passa a adotar alguns recursos básicos e adapta a maneira como está utilizando-os de acordo com as necessidades dos estudantes e seu cotidiano escolar. Em seguida, o professor passa por um momento de apropriação, ou seja, passa a atuar criticamente ao selecionar o que julga necessário para aprimorar sua prática. Por fim, ocorre o processo de inovação, onde a criatividade do docente ganha destaque, visto que alcançou a integração das TD à sua prática (Bacich, 2018).

Barros e Carvalho (2011) apontam que as tecnologias que permitem a interatividade também promovem uma nova relação dos estudantes com o conhecimento, como dos estudantes com o professor. No entanto, as autoras afirmam que essa possibilidade de interagir através de ferramentas tecnológicas, implica que todos os papéis dos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem sejam revistos. Além disso, as mesmas autoras acreditam que as TD ampliam o papel dos professores, que passam a exercer a função de promotores e interventores. Isso significa que os professores se tornam responsáveis por promover a autonomia dos aprendizes e realizar intervenções quando necessário.

Nesta perspectiva, Leite (2022) defende que o uso das tecnologias é importante para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, cabendo ao professor, entender o papel das tecnologias e motivar seus estudantes considerando as necessidades observadas em sala de aula. No entanto,

> [...] a simples incorporação ou uso das TDIC não geram processos de inovação e melhoria do ensino e da aprendizagem. [...]. Acreditar que o uso da tecnologia por si só culminará diretamente na melhoria de uma atividade educativa se mostra ingênuo. (Leite, 2022, p. 22).

Para Ferreira (2015), acreditar que qualquer atividade será melhorada quando realizada com a presença de artefatos tecnológicos configura-se como “determinismo tecnológico”. Esse termo se traduz na ideia de que somente os recursos tecnológicos mais “modernos” devem ser utilizados, o que revela outro tipo de fetichismo: o de que o novo é sempre imperativo, desconsiderando as reais características e a eficácia dos próprios artefatos. Nesta mesma perspectiva, Ferreira (2015, p. 96) enfatiza que essa ideia imposta à sociedade, que está vinculada a interesses econômicos capitalistas que visam fomentar a comercialização de mercadorias que, muito mais do que outras, “[...] sofrem de um acelerado processo de obsolescência programada”.

Bacich (2018) afirma que os estudantes possuem habilidades para o uso das tecnologias; todavia, nem sempre sabem como selecionar, organizar, interpretar e utilizar os conteúdos que encontram. Com isso, o professor deve refletir sobre o seu papel, objetivando buscar estratégias que potencializem a atuação dos aprendizes na construção dos conhecimentos com o auxílio de recursos tecnológicos. A autora defende que os estudantes devem tornar-se o centro do processo de aprendizagem,

sendo estimulados pelo professor a agir na construção dos conhecimentos, a refletir, avaliar e decidir o percurso que será traçado. Em síntese, propõe-se que o professor atue como mediador na relação dos estudantes com as TD durante a busca de informações e na construção dos conhecimentos.

Moran (2013, p. 34) destaca que com tantas informações disponíveis e passíveis de acesso através das tecnologias, “[...] o importante para o educador é encontrar a ponte motivadora para que o aluno desperte e saia do estado passivo, de espectador”. Tal afirmação corrobora com o dito por Barros e Carvalho (2011), quando afirmam que o professor tem papel de interventor e promotor, além de validar a proposta de Bacich (2018), apresentada no parágrafo anterior.

Por fim, é necessário compreender que o uso das TDIC só faz sentido quando os professores as reconhecem como um recurso que irá auxiliá-los em suas atividades didático-pedagógicas (Leite, 2022). Assim, fica evidente que o papel docente frente às TD está diretamente relacionado ao papel que elas desempenham. Em outras palavras, o professor que reconhece as tecnologias como ferramentas auxiliadoras assume uma posição de mediador durante o processo de ensino e aprendizagem de seus alunos, intervindo quando necessário e promovendo situações de aprendizagem favoráveis para o uso desses recursos.

2.3 ABORDAGEM INVESTIGATIVA E TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE QUÍMICA

Nesta seção, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre trabalhos que abordam o EI relacionado ao uso de tecnologias no ensino de Química. Foram selecionados trabalhos que contavam com a participação de estudantes do Ensino Médio e que continham uma sequência didática (SD) com atividades investigativas e utilização de TD. Decidiu-se utilizar estes critérios devido à similaridade com o que foi proposto e aplicado neste presente estudo.

As plataformas selecionadas para a realização das buscas foram: Google Acadêmico, Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Scielo Brasil, Periódicos CAPES e Repositório Institucional UNESP. Para as buscas, delimitou-se um período de dez anos, ou seja, trabalhos que foram publicados entre 2014 e 2024. Além disso, os descritores utilizados na busca dos trabalhos foram: "abordagem investigativa" OR "ensino por

investigação" AND "ensino médio" AND "ensino de química" AND "sequência didática" AND "tecnologias digitais" OR "TDIC" AND “atividade experimental investigativa”.

A busca resultou em um total de 18 artigos, 2 monografias de conclusão de curso, 11 dissertações, 4 teses e 2 trabalhos publicados em anais de eventos. Após seleção com base no título, resumo e metodologia, foram escolhidos para leitura completa 1 artigo, 1 monografia e 5 dissertações.

Cabe salientar que os sete trabalhos selecionados na revisão realmente relacionavam a abordagem investigativa com as tecnologias, como será descrito adiante. Sendo assim, os trabalhos excluídos na etapa de seleção foram aqueles que, embora prometessem, por meio do título e do resumo, relacionar o EI com as TD, não realizaram essa aproximação conforme descrito em suas metodologias.

O título, autoria e ano de publicação dos sete trabalhos selecionados podem ser vistos no Quadro 6.

Quadro 6 – Trabalhos selecionados na revisão bibliográfica sobre a abordagem investigativa e as tecnologias digitais

Título do trabalho	**Autor(es)**	**Ano de publicação**	**Tipo do trabalho**
Reações químicas na cozinha: o uso do Google Sala de Aula na realização de experimentos investigativos fundamentados na técnica predizer-observar-explicar	Brito *et al.*	2021	Artigo
Proposta de uma sequência didática para o ensino de eletroquímica: biossensor como ferramenta de intervenção didática no processo de ensino-aprendizagem	Silva	2020	Monografia
Estratégias didáticas com a utilização de simulações PhET em conjunto com atividades experimentais para ensinar	Lima	2019	Dissertação

química na educação básica			
Sequência didática para o ensino de química: o uso da temática lipídios no ensino médio através de metodologias ativas sob uma abordagem CTSA	Soares	2020	Dissertação
A investigação do erro: características e potencialidades das atividades investigativas em química com alunos de ensino médio e sua utilização para o ensino de titulação	Mota Júnior	2021	Dissertação
O sabor das ciências: o ensino de química por investigação no IFNMG	Barbosa	2022	Dissertação
Experimentação articulada à resolução de problemas: contribuições nos processos de ensino e de aprendizagem em química	Borges	2022	Dissertação

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Brito *et al.* (2021) propuseram uma SD sobre reações químicas inorgânicas à 62 estudantes de duas turmas da primeira série do Ensino Médio de uma escola particular de Porto Alegre, estado do Rio Grande do Sul. Os autores selecionaram duas AEI para compor a SD e escolheram os seguintes recursos tecnológicos para auxiliar nas atividades: Google Sala de Aula, Google Meet, Google Forms e vídeos. Salienta-se que as atividades foram realizadas de maneira remota devido à pandemia da COVID-19.

Inicialmente, os autores apresentaram durante uma aula síncrona pelo Google Meet, as atividades investigativas aos estudantes e solicitaram que preenchessem um formulário *online* para fazer predições sobre o que ocorreria nas AEI propostas, ou seja, explicassem os fenômenos envolvidos com base em seus conhecimentos prévios. Posteriormente, a lista de materiais necessários para a

realização das atividades investigativas e vídeos de curta duração sobre os tipos de reações químicas envolvidas nas atividades foram divulgados no Google Sala de Aula. (Brito *et al.*, 2021).

Em suas casas, os alunos realizaram as AEI utilizando materiais caseiros, gravaram todas as etapas realizadas e postaram no ambiente virtual de aprendizagem. Cabe ressaltar que os vídeos produzidos pelos estudantes deveriam conter explicações às questões problemas das atividades investigativas e que as AEI abordavam as reações de dupla-troca e decomposição. Os autores do trabalho concluíram que a SD proposta permitiu que o ambiente domiciliar fosse ressignificado como local em que as Ciências da Natureza estão presentes e que as tecnologias contribuíram para que as AEI fossem realizadas mesmo que de maneira remota. (Brito *et al.*, 2021).

Em seu trabalho, Silva (2020) objetivava elaborar uma SD sobre os conceitos relacionados à eletroquímica, tais como: reação de oxirredução, pilhas e células galvânicas. Para tanto, a sequência de atividades, composta por uma AEI sobre o funcionamento de pilhas, foi pensada para que fosse possível de ser aplicada a estudantes do Ensino Médio durante as aulas remotas, oriundas da pandemia da COVID-19.

Salienta-se que a SD proposta por Silva (2020) visava o uso de um simulador virtual para a realização da atividade investigativa, bem como slides e vídeos como ferramentas tecnológicas que auxiliariam nas aulas teóricas sobre a temática. Embora a SD não tenha sido aplicada, a autora a elaborou com o objetivo de proporcionar aos estudantes reflexões e situações-problema que contribuíssem significativamente para o seu aprendizado.

Lima (2019), em seu estudo, discute acerca da construção e aplicação de uma SD sobre os conceitos de ácidos e bases, utilizando uma atividade investigativa associada ao uso de simulação do PhET[3]. O autor objetivava identificar as potencialidades e limitações do uso de simulador virtual associado a uma atividade investigativa sobre os conceitos mencionados anteriormente. Para tanto, as atividades foram elaboradas e aplicadas em uma turma do 2º ano do Ensino Médio da cidade de Caruaru, estado de Pernambuco, que continha 30 estudantes.

[3] Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

Inicialmente, Lima (2019) realizou o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre os conceitos químicos que seriam abordados e, posteriormente, ministrou uma aula expositiva dialogada sobre o assunto. Após a aula expositiva, o autor apresentou a plataforma PhET por meio da simulação denominada “Escala de pH” e, na sequência, propôs a atividade investigativa. A investigação consistia na escolha de 6 substâncias presentes no cotidiano dos estudantes e na realização de testes para classificá-las como ácidas ou básicas frente à adição de novas substâncias. Vale ressaltar que os discentes deveriam realizar a atividade investigativa utilizando a simulação sobre escala de pH.

A partir da análise dos dados coletados através da investigação, Lima (2019, p. 74) concluiu que a associação da simulação com o EI, mesmo que de modo virtual, “[...] mostrou considerável evolução na aprendizagem dos alunos visto que partiram de concepções iniciais e reconstruíram seu conhecimento durante a aplicação da atividade”. Em síntese, a associação deste recurso tecnológico com atividades investigativas mostrou-se como facilitadora no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos abordados na SD.

Soares (2020), a fim de promover os estudantes como protagonistas durante o processo de aprendizagem sobre lipídios, propôs uma SD composta por atividades de caráter investigativo sob uma perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. A autora relata que as atividades foram aplicadas em regime presencial e remoto em duas escolas públicas, localizadas nos municípios de Rio Largo e Maceió, estado de Alagoas. Além disso, Soares (2020) descreve que a SD foi aplicada presencialmente na escola em Rio Largo e remotamente nas duas escolas, ou seja, nas escolas localizadas nos dois municípios.

A aplicação remota das atividades foi realizada com as turmas dos três anos de Ensino Médio das escolas, bem como com os estudantes do programa Educação de Jovens e Adultos. Outrossim, foi necessário utilizar os seguintes recursos tecnológicos para a aplicação remota: Google Sala de Aula, Google Docs, Google Meet, WhatsApp e vídeos. Soares (2020, p. 62) afirma que “todos esses recursos foram utilizados pensando na adaptação da metodologia de ensino baseada em métodos ativos aplicados em um ambiente de aprendizagem em aulas remotas [...]”.

Inicialmente, disponibilizou-se no Google Sala de Aula e no WhatsApp, um roteiro de estudos contendo links de vídeos, textos e um questionário para levantamento dos conhecimentos prévios e das dúvidas sobre a temática escolhida.

Posteriormente, realizou-se uma aula remota síncrona através do Google Meet a fim de sanar as dúvidas apresentadas pelos estudantes e disponibilizou-se as questões investigativas que abordavam a velocidade envolvida na reação de produção do sabão. Cabe salientar que a autora disponibilizou um vídeo sobre a reação de saponificação e, depois, solicitou a realização da AEI de maneira virtual. (Soares, 2020).

A questão problema proposta como atividade investigativa foi: “Quais soluções poderão adotar para a problemática do descarte do óleo de cozinha?”. Após a entrega da atividade investigativa através do ambiente virtual de aprendizagem e pelo WhatsApp, realizou-se a categorização dos dados obtidos, considerando as habilidades cognitivas envolvidas no processo. Soares (2020) concluiu que as atividades de caráter investigativo, mesmo que realizadas remotamente, contribuíram para a obtenção de respostas mais completas e de níveis cognitivos maiores. Além disso, as tecnologias adotadas foram essenciais para a realização virtual das atividades, permitindo a criação de um campo amplo para a aprendizagem (Soares, 2020).

Mota Júnior (2021) propôs a realização de uma atividade experimental com enfoque investigativo como parte das atividades que visavam contemplar o estudo sobre soluções e titulação ácido-base. Para tanto, o autor selecionou uma AEI sobre o teor de ácido em vinagres comerciais. É válido enfatizar que a atividade investigativa compunha uma SD que, antes da realização da AEI, tinha como proposta a exposição dos conceitos teóricos, tidos como essenciais para o autor, para o desenvolvimento da investigação. Outrossim, a SD foi aplicada a uma turma de 40 estudantes da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública de nível técnico, localizada em uma cidade da região sudoeste do estado de São Paulo.

Durante a AEI proposta por Mota Júnior (2021), os discentes podiam debater com os colegas a fim de formular explicações, bem como propor uma nova metodologia experimental e elaborar novamente o experimento para que fosse possível diagnosticar o erro cometido. Salienta-se que os recursos tecnológicos adotados durante a AEI foram computadores com internet e o Google Forms. Os estudantes, em grupos, durante a atividade investigativa, deveriam registrar no formulário *online* o que achavam necessário, como por exemplo, as etapas adotadas, discussões realizadas e possíveis erros cometidos. Os registros foram

realizados com auxílio dos computadores presentes na sala de informática da escola e, posteriormente, foi realizada uma discussão com os estudantes.

Mota Júnior (2021) concluiu que discutir os erros cometidos pelos grupos durante a AEI foi extremamente relevante para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. O autor afirma que a discussão sobre os erros contribuiu para que os estudantes reformulassem suas ideias durante o diálogo com os colegas e o professor, o que favoreceu diretamente o processo de elaboração de hipóteses sobre a investigação proposta. Contudo, torna-se evidente a facilitação da discussão proposta pelo professor, devido à utilização de um recurso tecnológico que permitiu a organização dos dados apresentados pelos grupos.

Barbosa (2022) se propôs a avaliar como o desenvolvimento de uma SD fundamentada no EI pode contribuir na construção do conhecimento químico por estudantes de cursos técnicos integrados ao Ensino Médio de um Instituto Federal localizada na cidade de Diamantina, região norte do estado de Minas Gerais. Além disso, a autora visou analisar o uso do recurso digital Padlet[4] durante a etapa de discussão nas atividades investigativas. Salienta-se que a SD contemplava a temática “Química na Cozinha” e que sua aplicação ocorreu remotamente devido ao contexto da pandemia da COVID-19. Outrossim, as atividades foram ofertadas à 28 estudantes que compunham duas turmas do Ensino Médio integrado ao técnico e que estavam cursando uma unidade curricular denominada “O Sabor das Ciências” (Barbosa, 2022).

Além do Padlet, a autora relata que utilizou outros recursos tecnológicos, tais como: Google Forms, Google Meet e Google Sala de Aula. Barbosa (2022) descreve que as atividades foram organizadas em um material didático semelhante a um *e-book* e que este material foi disponibilizado no Google Classroom. Assim, o Google Meet foi utilizado para aulas *online* síncronas e o Padlet para postagem das discussões sobre as atividades investigativas realizadas pelos estudantes em suas casas, utilizando materiais comuns, listados no *e-book*. As atividades investigativas eram sobre o processo de transferência de calor por convecção, emulsões, mudança de estado físico da matéria e propriedades coligativas.

A autora mencionada acima comenta que os estudantes realizaram uma avaliação sobre as atividades realizadas. A partir dos dados, Barbosa (2022)

[4]O *Padlet* é uma ferramenta *on-line* que permite a criação de um mural interativo para registrar, guardar e partilhar conteúdos multimídia (Barbosa, 2022, p. 56).

concluiu que grande parte das avaliações foi positiva. Todavia, as avaliações negativas estavam relacionadas às dificuldades de uso e à falta de familiaridade com a plataforma utilizada para a discussão das atividades investigativas. Barbosa (2022) defende que as avaliações negativas podem ter origem no pouco tempo disponível para o planejamento e execução das atividades no contexto remoto.

No trabalho de Borges (2022), a autora propôs o desenvolvimento e a aplicação de uma SD sobre tópicos que compunham a temática Química Orgânica, buscando relacionar atividades de caráter investigativo com a experimentação. Para tanto, a SD foi aplicada em uma turma de dez estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola particular do município de Caçapava do Sul, estado do Rio Grande do Sul. A autora enfatiza que a aplicação ocorreu no período atípico de transição com aulas híbridas, decorrentes da flexibilização das medidas protetivas impostas no período da pandemia da COVID-19.

Borges (2022) relata que, para a aplicação das atividades, utilizou as seguintes TD: Google Meet e vídeos elaborados com o auxílio do *Powtoon*[5]. Utilizou-se o Google Meet para realizar encontros *online* síncronos com os estudantes e os vídeos elaborados no *Powtoon* para problematizar as propostas das investigações. Salienta-se que durante os encontros, alguns estudantes acompanhavam remotamente e outros presencialmente, considerando o modelo híbrido adotado no período em que a pesquisa foi conduzida. Os estudantes participantes do estudo proposto por Borges (2022) puderam realizar as AEI em suas casas, de forma individual e/ou em grupo. Após a realização das atividades, os participantes deveriam elaborar relatórios e apresentá-los por meio de vídeos criados por eles, os quais seriam expostos em encontros síncronos no Google Meet.

A autora pôde concluir que a SD proposta possui potencial como instrumento de aprimoramento do ensino e da aprendizagem dos assuntos relacionados à Química Orgânica e que contribuiu no desenvolvimento de habilidades cognitivas, motivação, argumentação, reflexão crítica e criatividade. Além disso, Borges (2022) aponta que a utilização dos vídeos visou minimizar as dificuldades apresentadas na execução das atividades investigativas e que este recurso tecnológico cumpriu com o seu objetivo.

---

[5] Plataforma gratuita que permite a criação de apresentações na forma de slides e vídeos animados (Borges, 2022, p. 88).

Os trabalhos apresentados neste contexto elucidam, em sua maioria, a utilização de TD relacionadas às atividades investigativas durante o período de aulas remotas na pandemia da COVID-19. Observa-se a utilização frequente dos recursos tecnológicos: Google Meet, Google Formulários, Google Sala de Aula e vídeos. Todos os recursos citados estavam relacionados às atividades de caráter investigativo, com o objetivo de fornecer subsídios para que sua aplicação ocorresse apesar das dificuldades impostas pelo período da pandemia.

Outrossim, a partir do levantamento bibliográfico realizado, fica evidente que, mesmo delimitando um período de busca que antecedesse o período pandêmico, não houve resultados que contemplassem trabalhos que relacionassem as TD ao EI antes das condições remotas impostas pela pandemia da COVID-19. Assim, este trabalho se apresenta como um potencial contributo para a elucidação da aproximação entre recursos tecnológicos e atividades investigativas conduzidas presencialmente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO: A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Neste capítulo, serão abordados os princípios fundamentais da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Paul Ausubel[6] (1963, 1968, 2000), adotada como referencial teórico deste estudo. Além disso, será explorado acerca das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa; o papel dos subsunçores; os processos dinâmicos da estrutura cognitiva; o papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa; diferença entre aprendizagem significativa e mecânica; aprendizagem receptiva e por descoberta e a categorização de formas de aprendizagem significativa.

Também, serão abordados os tipos de aprendizagem significativa, a conexão entre a TAS e os mapas conceituais e as aproximações entre a teoria e os conteúdos de aprendizagem procedimental e atitudinal. Outrossim, será apresentada uma revisão bibliográfica de trabalhos que abordam a utilização do EI e da TAS como referencial teórico.

Inicialmente, faz-se necessário compreender o motivo da escolha desta teoria como base teórica para o presente estudo. Em linhas gerais, a escolha se deve ao fato de que esta teoria se ancora em aspectos cognitivistas, fortalece a implementação do ensino construtivista e opõe-se à aprendizagem verbal por memorização. Esta modalidade de ensino permite que o aluno esteja no centro de seu processo de aprendizagem, bem como busca promover mudanças conceituais a fim de que facilite a aprendizagem significativa (Ausubel, 1963, 1968; Moreira, 2011).

Além do motivo relatado anteriormente, também se faz necessário apresentar os aspectos introdutórios desta teoria. Para David Ausubel (2000), a aprendizagem significativa se dá por meio de um processo no qual uma nova informação interage, de maneira não-literal e não-arbitrária, ao conhecimento prévio do aprendiz. Não-literal, quer dizer que a aprendizagem de novas informações não depende de palavras específicas que foram usadas na recepção da informação, enquanto não-arbitrária significa que a interação não se dá com qualquer conhecimento prévio,

[6] Ausubel (1918-2008) foi professor emérito da Universidade de Columbia, em Nova York. Médico-psiquiatra e psicólogo de formação, dedicou sua carreira à psicologia educacional. (Moreira, 2023).

mas sim, com um conhecimento prévio relevante, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo (Ausubel, 1963, 1968, 2000).

Após a exposição da razão para a escolha desta teoria, juntamente com os aspectos introdutórios e gerais necessários à sua compreensão, serão discutidos os demais tópicos. É importante ressaltar que os temas abordados a seguir favorecerão discussões que aprofundarão o entendimento sobre a teoria em questão.

3.1 CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Ausubel (2000), os novos significados que surgem na estrutura cognitiva do aprendiz, são produtos de uma interação ativa e integradora entre as ideias relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva e os novos materiais de instrução. Assim, o autor estabelece as seguintes condições para a ocorrência da aprendizagem significativa: (i) existência de uma situação de aprendizagem significativa no aprendiz, (ii) de materiais de aprendizagem potencialmente significativos e de (iii) informações relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. Além disso, o aprendiz deve estar disposto a aprender (Ausubel, 1968, 2000).

A primeira condição diz respeito à necessidade de o professor propor tarefas de aprendizagens que não sejam aleatórias e que tenham condições de se relacionarem, de maneira não arbitrária e substantiva, a alguns componentes relevantes de um conjunto de conhecimentos existente em, pelo menos, alguns aprendizes (Ausubel, 2000). Tal condição torna explícito que o docente deve propor tarefas relacionadas ao cotidiano dos aprendizes, para que assim, apresentem sentido a eles.

A condição de o material de aprendizagem ser potencialmente significativo implica que o material (livros, aplicativos, aulas, etc), tenham significado lógico, ou seja, sejam capazes de se relacionarem com a estrutura cognitiva apropriada e relevante (Moreira, 2011). Para que o material tenha essa condição, é preciso que seja organizado de forma que no seu início estejam os conceitos mais gerais e inclusivos, ao passo que à medida que se avance na sua utilização, sejam apresentados os conceitos menos gerais e mais específicos (Ausubel, 1968). É válido enfatizar que “[...] o material só pode ser *potencialmente significativo*, não *significativo*: não existe livro significativo, nem aula significativa, nem problema

significativo, pois o significado está nas pessoas, não nos materiais" (Moreira, 2011, p. 25)

Apresentadas as duas primeiras condições, percebe-se que estas, por sua vez, possuem dependência direta da terceira, ou seja, dependem das informações relevantes na estrutura cognitiva de cada aprendiz. Ausubel (1968) afirma que na estrutura cognitiva do indivíduo, devem estar disponíveis, de maneira clara e elaborada, conhecimentos prévios relevantes capazes de se relacionarem com o material potencialmente significativo. Todavia, o autor enfatiza que esta relação entre a estrutura cognitiva e o material é uma experiência pessoal, ou seja, varia de indivíduo para indivíduo.

A última condição refere-se à disposição do aprendiz em aprender aquilo que está sendo ensinado pelo professor. Moreira (2011) afirma que essa condição seja talvez a mais difícil de ser satisfeita. Para o mesmo autor, o aprendiz deve querer relacionar as novas informações, de maneira não-arbitrária e não-literal, aos seus conhecimentos prévios, o que indica ser necessário apresentar uma predisposição em aprender. Salienta-se que a predisposição transcende a motivação e o fato de gostar ou não da matéria ensinada, uma vez que o processo de aprendizagem está para além disso.

Ausubel (1968) enfatiza que a relação casual entre motivação e aprendizagem deve ser recíproca e não unidirecional. O autor ainda afirma que:

> Por esta razão, e porque a motivação não é uma condição indispensável da aprendizagem, não é necessário adiar as atividades de aprendizagem até que os interesses e motivações apropriados tenham sido desenvolvidos. Frequentemente, a melhor maneira de ensinar um aluno desmotivado é ignorar seu estado motivacional por enquanto e se concentrar em ensiná-lo da forma mais eficaz possível. Algum grau de aprendizagem ocorrerá em qualquer caso, apesar da falta de motivação, e a partir da satisfação inicial da aprendizagem, ele desenvolverá, esperançosamente, a motivação para aprender. (Ausubel, 1968, p. 365, tradução nossa).

As condições discutidas aqui devem ser contempladas para que ocorra a aprendizagem significativa do conteúdo a ser ensinado. Assim, torna-se evidente o peso das atitudes do aprendiz em seu próprio processo de aprendizagem, bem como a importância da atuação do professor durante esse processo.

3.2 O PAPEL DOS SUBSUNÇORES E O QUE FAZER QUANDO NÃO EXISTEM

Ausubel (2000) afirma que na aprendizagem significativa, o processo de aquisição de informações resulta na alteração das informações recentemente adquiridas pelo aprendiz, bem como do aspecto relevante presente em sua estrutura cognitiva, à qual estão ligadas as novas informações. Desse modo, o autor propõe a utilização do termo *subsunçores* para se referir às informações relevantes presentes na estrutura cognitiva do aprendiz que servirão de âncora às novas informações, ou seja, para se referir aos conhecimentos prévios relevantes.

É válido destacar que a nomenclatura “informações” se refere a conceitos ou proposições que Ausubel (1963, 2000), por uma questão de conveniência, utiliza o termo “ideias”. Além disso, o autor emprega o termo ancoragem para se referir ao processo de ligação das novas ideias às já preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Logo, adotaremos as mesmas nomenclaturas propostas por ele, para que a leitura do texto se torne agradável.

Segundo Moreira (2023), a palavra subsunçor não existe no português. O referido autor afirma que o termo é uma tentativa de aportuguesar a palavra inglesa *subsumer*. Em linhas gerais, o emprego deste termo equivale aos termos inseridor, facilitador ou subordinador. Outrossim, Ausubel (1963, 1968, 2000), em alguns trechos de suas obras refere ao processo de ligação da nova informação ao subsunçor como “processo de subsunção” ou “aprendizagem de subsunção”. Nas palavras do autor,

> A aprendizagem de subsunção ocorre quando uma proposição ‘logicamente’ significativa de uma determinada disciplina [...] se relaciona de forma significativa com proposições subordinantes específicas na estrutura cognitiva do aluno [...]. No processo de subsunção, as ideias subordinantes preexistentes fornecem ancoragem à aprendizagem significativa de novas informações. (Ausubel, 2000, p. 3).

É válido salientar acerca da definição do termo proposição. Segundo Novak e Cañas (2010, p. 10), “proposições são enunciações sobre algum objeto ou evento no universo, seja ele natural ou artificial”. Os autores acrescentam que as proposições contêm dois ou mais conceitos conectados por palavras ou frases de ligação, a fim de compor uma afirmação com sentido, e que, por vezes, são chamadas de unidades de sentido ou unidades semânticas.

Autores como Raminelli (2019) e Moreira (2011, 2023), ao utilizarem os ideais da TAS de Ausubel em seus estudos, afirmam que é notório que a presença de subsunçores pode ser considerada o fator isolado mais importante no processo de aprendizagem significativa. Todavia, pode ocorrer que, em algum momento, o estudante não apresente subsunçores em sua estrutura cognitiva ao considerar um conteúdo específico e não familiar (Raminelli, 2019). Mediante a essa possibilidade, surge o seguinte questionamento: “o que fazer em casos em que não existem conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva dos aprendizes?”.

Como proposta à resolução do questionamento anteriormente apresentado, Ausubel, Novak e Hanesian (1976) propõem a utilização dos chamados organizadores prévios. Segundo os autores, os organizadores prévios são materiais mais inclusivos, gerais e abstratos, que devem ser apresentados aos estudantes antes do material de aprendizagem em si. Esses materiais devem ser selecionados pelo professor considerando que sejam de fácil compreensão pelos aprendizes.

Moreira (2011) define organizador prévio como um recurso instrucional com nível elevado de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Este recurso pode ser um enunciado, uma situação-problema, uma pergunta, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação, bem como uma aula que precede um conjunto de outras aulas. O autor supracitado, ao se dedicar em compreender as ideias de Ausubel, afirma que são muitas as possibilidades de recursos que podem ser adotados como organizadores prévios, todavia, deve-se ter em mente a condição de que estes organizadores sejam mais abrangentes, mais gerais e mais inclusivos em relação ao material de aprendizagem.

A definição de subsunçores aqui apresentada, seguida pela discussão do que fazer quando estes não existem na estrutura cognitiva do aprendiz, reforçam que a teoria do autor adotado como referencial teórico desse presente estudo, tem como foco principal a aprendizagem cognitiva, ou seja, os processos que ocorrem internamente na estrutura cognitiva do estudante. Com isso, é necessário compreender os processos dinâmicos dessa estrutura.

3.3 PROCESSOS DINÂMICOS DA ESTRUTURA COGNITIVA: DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA

Estrutura cognitiva é um conceito utilizado por diversos autores, com vários significados. A pluralidade de significados está relacionada ao fato de que este conceito pode ser aplicado em áreas específicas do conhecimento ou a um campo conceitual, um complexo de conhecimentos. Estes conhecimentos, por sua vez, podem ser de natureza conceitual, procedimental ou atitudinal. (Moreira, 2011).

No âmbito da TAS de Ausubel (1968, 2000), estrutura cognitiva é abordada e compreendida como um conjunto hierárquico de conhecimentos prévios relevantes que se interrelacionam de maneira dinâmica e hierárquica. Nesse sentido, uma estrutura cognitiva dinâmica é caracterizada por dois processos principais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Salienta-se que o termo “reconciliação integrativa” pode ser encontrado em alguns textos como “reconciliação integradora” (Moreira, 2011).

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1976), os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa são responsáveis por caracterizar a aprendizagem e a organização das informações na estrutura cognitiva do aprendiz. Para os autores, o primeiro processo está relacionado à natureza hierárquica que as informações se encontram internamente na estrutura do estudante. Em linhas gerais, a diferenciação progressiva ocorre quando os conceitos estão organizados de maneira hierárquica na estrutura cognitiva, ou seja, os conceitos tornam-se mais específicos à medida que se relacionam com os conceitos mais gerais e inclusivos.

> À medida que novas informações são incluídas em um conceito ou proposição dados, essas informações são aprendidas e o conceito ou proposição incluído é modificado [...]. Esse processo de inclusão, ao ocorrer uma ou mais vezes, leva à diferenciação progressiva do conceito ou proposição incluído. (Ausubel; Novak; Hanesian, 1976, p. 117, tradução nossa).

Ainda em relação à diferenciação progressiva, Moreira (2011) explica que esse processo ocorre através de sucessivas interações nas quais um subsunçor vai adquirindo progressivamente novos significados, tornando-se mais rico, refinado e diferenciado. Com esse processo, o subsunçor torna-se mais capaz de servir como ancoradouro para novas aprendizagens significativas (Moreira, 2011). Nota-se,

portanto, a capacidade dinâmica da estrutura cognitiva, ou seja, sua capacidade de alteração à medida que os processos de aprendizagem avançam.

No tocante à reconciliação integrativa, Novak e Gowin (1984) explicam que esse processo ocorre quando dois ou mais conceitos se relacionam resultando em novos significados. Ausubel, Novak e Hanesian (1976) afirmam que durante o processo de aprendizagem, as ideias já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, podem ser reconhecidas ao se encontrar sua relação no decorrer da nova aprendizagem. Desse modo, a nova informação é adquirida e os elementos existentes na estrutura cognitiva do estudante passam a assumir uma nova organização e um novo significado. Os referidos autores reiteram que esse processo de recombinação das ideias existentes na estrutura cognitiva refere-se à reconciliação integrativa.

Conforme aponta Moreira (2011, p. 22), “se apenas diferenciarmos cada vez mais os significados, acabaremos por perceber tudo diferente. Se somente integrarmos os significados indefinidamente, terminaremos percebendo tudo igual”. Sendo assim, é necessário que os dois processos aqui descritos ocorram de forma simultânea.

Além disso, Ausubel (2000) afirma que é necessária a programação dos conteúdos a serem ensinados levando-se em conta os dois processos aqui discutidos. Para o autor, primeiramente deve-se apresentar as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina e, na sequência, essas ideias devem ser progressivamente diferenciadas em termos de especificidade, adotando assim, a sequência natural de aquisição de consciência cognitiva. Além disso, deve-se buscar por mostrar relações existentes entre os conceitos que pertencem ao conteúdo trabalhado, para que se torne possível a reconciliação integrativa na estrutura cognitiva dos aprendizes (Ausubel, 2000).

Nota-se, portanto, a importância do planejamento por parte do professor responsável, para que os processos descritos ocorram de maneira dinâmica e simultânea na estrutura cognitiva de seus estudantes. Além do planejamento, outras atribuições do professor para a promoção da aprendizagem significativa serão discutidas a seguir.

3.4 ATRIBUIÇÕES DO PROFESSOR NA FAMILIARIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Conforme já mencionado anteriormente, do ponto de vista ausubeliano, o principal fator cognitivo a ser considerado no processo de aprendizagem é a estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Moreira (2023), a estrutura cognitiva pode ser influenciada substantivamente e programaticamente. A primeira maneira refere-se à apresentação de conceitos e princípios inclusivos ao aprendiz e a segunda está relacionada ao "[...] emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino" (Moreira, 2023, p. 147). Isto evidencia a responsabilidade do professor, uma vez que é ele quem irá apresentar os conceitos e escolherá os métodos para apresentar os conteúdos.

Em relação às estratégias e métodos de ensino que devem ser adotados pelo professor, Moreira (2011) afirma que certas estratégias e instrumentos podem ter maior potencial facilitador da aprendizagem significativa, todavia, essa propensão a facilitar a aprendizagem depende de como são utilizados. O autor ressalta que qualquer estratégia e método de ensino utilizado dentro de um enfoque comportamentalista do tipo certo ou errado promoverão a aprendizagem mecânica, caracterizada pela cópia, memorização e produção dos conteúdos.

Ainda do ponto de vista ausubeliano, a tarefa mais difícil para o docente é a identificação de conceitos básicos da matéria que será ensinada e como eles devem ser apresentados. Ausubel, Novak e Hanesian (1976) relatam que, resolvido o problema organizacional substantivo, ou seja, identificados os conceitos básicos de uma dada disciplina, pode-se direcionar a atenção aos problemas organizacionais programáticos, que, por sua vez, estão envolvidos na apresentação e organização sequencial das informações e conceitos que compõem a disciplina e/ou matéria.

Mediante a essa discussão, Moreira (2023) propõe quatro tarefas fundamentais que compõem o papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa. A primeira tarefa cabível ao docente é identificar os conceitos da matéria de ensino e organizá-los hierarquicamente para que, de modo progressivo, abranjam os mais gerais e inclusivos, bem como os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos (Moreira, 2023).

O segundo papel do professor é identificar quais são os conhecimentos prévios relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, ou seja, determinar quais são os subsunçores que os estudantes deveriam ter em sua estrutura cognitiva. O terceiro papel está relacionado à necessidade de o professor diagnosticar aquilo que os aprendizes já sabem sobre o conteúdo. Esta penúltima atribuição do docente resume-se em identificar quais subsunçores estão disponíveis na estrutura cognitiva de cada aprendiz. (Moreira, 2023).

Por fim, a quarta atribuição do professor na facilitação da aprendizagem significativa de seus estudantes é “ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa” (Moreira, 2023, p. 148). Em resumo, a última atribuição está relacionada à necessidade de o professor atuar como auxiliador e orientador de seus estudantes, para que consigam assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva.

Em linhas gerais, as atribuições do professor aqui discutidas convergem para o princípio central da TAS proposta por Ausubel (1963, 1968, 2000): o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem significativa é aquilo que o estudante já sabe, ou seja, seus conhecimentos prévios relevantes presentes em sua estrutura cognitiva. Com isso, fica explícito que o principal papel do professor é identificar as ideias relevantes que o aprendiz já sabe, para que, a partir dessas ideias, proponha os caminhos que conduzam a indícios de aprendizagem significativa da matéria ensinada.

3.5 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E APRENDIZAGEM MECÂNICA

As discussões já aqui realizadas reforçam a definição de aprendizagem significativa como sendo a aprendizagem resultante do processo de interação de uma nova informação com os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Contudo, é válido salientar que há diferenças consideráveis entre a aprendizagem significativa e a *aprendizagem mecânica*, conhecida também como aprendizagem memorística ou por memorização. As diferenças serão notadas a partir da definição de aprendizagem mecânica e suas características.

Ausubel (1968) define aprendizagem mecânica como aquela na qual as novas informações não têm interação ou interagem pouco com os conhecimentos prévios

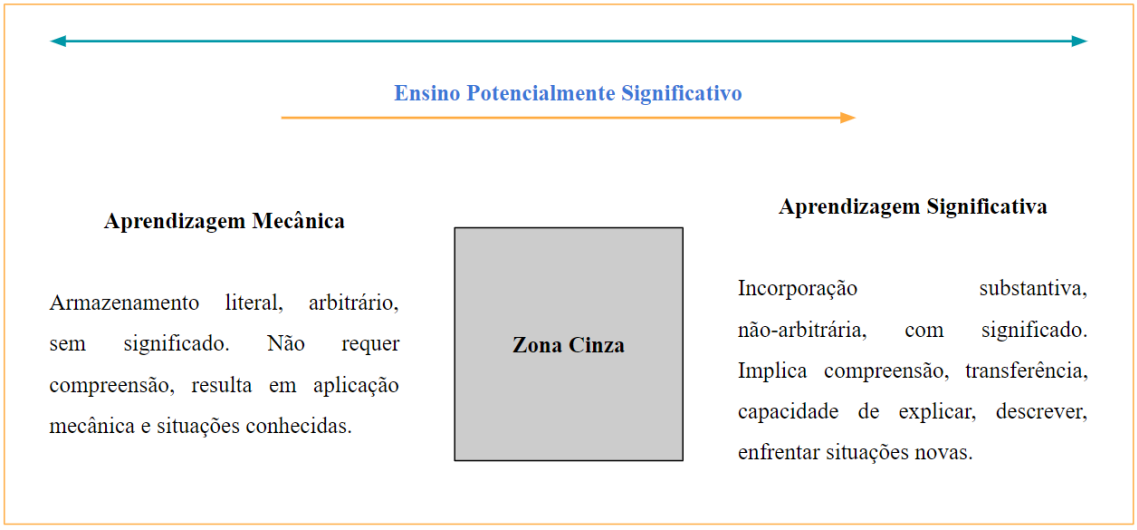
relevantes presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A interação da nova informação com os subsunçores, quando ocorre, dá-se de uma forma arbitrária e literal, o que não acarreta a aquisição de novos significados (Ausubel, 2000). Arbitrária indica que a interação ocorre com qualquer subsunçor da estrutura cognitiva, enquanto literal indica que a interação ocorre com as palavras exatas que foram utilizadas para definir e explicar a nova informação (Ausubel, 1968, 2000).

Nesse sentido, Ausubel (2000) afirma que a interação de forma arbitrária e literal pode ocasionar consequências significativas para a aprendizagem. Para o autor

> [...] uma vez que o equipamento cognitivo humano [...] não consegue lidar de modo eficaz com as informações relacionadas consigo numa base arbitrária e literal, apenas se conseguem interiorizar tarefas de aprendizagem relativamente simples e estas apenas conseguem ficar retidas por curtos períodos de tempo, a não ser que sejam bem apreendidas. (Ausubel, 2000, p. 4).

Cabe salientar que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia, ou seja, não fazem oposição uma à outra, visto que elas se encontram em um *contínuo* (Moreira, 2011). A figura a seguir sugere a existência de uma "zona cinza" entre as duas aprendizagens.

Figura 2 – Características da aprendizagem significativa e mecânica e esquema do contínuo presente entre os dois tipos de aprendizagem



Fonte: Adaptado de Moreira (2011, p. 32).

Embora Moreira (2001) propõe a existência desse contínuo entre a aprendizagem significativa e a mecânica, alguns esclarecimentos são necessários. O primeiro é que a passagem da aprendizagem mecânica para a significativa não é automática ou natural, uma vez que para essa transição ocorrer, há dependência da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aprendiz, da atuação do professor e do material potencialmente significativo. O segundo esclarecimento refere-se ao fato de que a aprendizagem significativa é progressiva, ou seja, requer a captação do subsunçor, sua diferenciação e reconciliação com as novas informações, processo este que não é imediato (Moreira, 2011).

Em resumo, a diferença entre a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica está na capacidade de relação da nova informação com a informação relevante já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Nas palavras de Ausubel (2000, p. 4): “[...] é este tipo de capacidade de relação [...] diferente para com a estrutura cognitiva (arbitrária e literal *versus* não arbitrária e não literal) que justifica a diferença fundamental entre os processos de aprendizagem por memorização e significativa”.

3.6 APRENDIZAGEM RECEPTIVA E POR DESCOBERTA

A aprendizagem receptiva, conhecida também como aprendizagem por recepção, refere-se à situação no qual o conteúdo que será aprendido, se apresenta ao aprendiz de forma independente, ou seja, o indivíduo não precisa descobrir o que irá aprender. Com isso, apenas se exige ao aprendiz que compreenda o material de modo significativo, bem como que o incorpore e o torne disponível e funcional para ser reproduzido no futuro. (Ausubel, 2000).

Moreira (2011) relata que isso não significa que essa aprendizagem seja passiva e nem que esteja associada ao ensino expositivo tradicional. Para o autor, “a ‘recepção’ do novo conhecimento pode ser, por exemplo, através de um livro, de uma aula, de uma experiência de laboratório, de um filme, de uma simulação computacional, [...], etc” (Moreira, 2011, p. 33). Considerando que o aprendiz precisa relacionar as novas informações, apresentadas em sua forma final, com os seus subsunçores, essa aprendizagem requer uma intensa atividade cognitiva (Ausubel, 2000; Moreira, 2011), envolvendo os processos descritos no tópico 3.3.

Na aprendizagem por descoberta, o aprendiz deve, em primeiro lugar, descobrir as informações que compõem o conteúdo a ser ensinado, criando proposições que representem soluções para os problemas sugeridos pelo professor ou passos sucessivos para a resolução dos mesmos (Ausubel, 2000). Com isso, a principal diferença entre a aprendizagem por recepção e a por descoberta "[...] reside no fato de o conteúdo principal daquilo que deve ser apreendido ser descoberto ou, pelo contrário, apresentado ao aprendiz" (Ausubel, 2000, p. 5). Essa aprendizagem se aproxima dos ideais do EI, apresentados no capítulo 2.

3.7 CATEGORIZAÇÃO DE FORMAS E TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Existem três formas de aprendizagem significativa: *subordinada*, *superordenada* e *combinatória*. Como visto anteriormente, para Ausubel (1968), a estrutura cognitiva tende a estar organizada de maneira hierárquica. Com isso, os conhecimentos prévios mais gerais e inclusivos encontram-se sempre ao topo, de modo que as novas informações se subordinam às informações já existentes. Em outras palavras, a aprendizagem subordinada refere-se ao processo no qual uma nova informação adquire significado através da interação com conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira, 2023).

A aprendizagem significativa superordenada ocorre quando um conceito ou proposição aprendido é mais geral e inclusivo do que as ideias ou conceitos já existentes na estrutura cognitiva e, com isso, passa a ocorrer a assimilação entre eles (Ausubel, 1968). Salienta-se que a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição potencialmente significativo é assimilado a um conceito ou ideia mais inclusiva e geral existente na estrutura cognitiva (Ausubel, 2000; Moreira, 2023). Além disso, a ocorrência da aprendizagem significativa superordenada é tida como a mais comum em uma aprendizagem de conceitos (Moreira, 2011).

Por fim, a aprendizagem significativa combinatória é uma aprendizagem de proposições e de conceitos que não guarda uma relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos. Nessa aprendizagem, ocorre a subordinação ou superordenação com um conteúdo mais amplo presente

na estrutura cognitiva, ou seja, as novas informações se relacionam com uma combinação de conteúdos geralmente relevantes. (Ausubel, 2000; Moreira, 2023).

Vistas as três formas de aprendizagem significativa, torna-se necessária a discussão sobre os tipos de aprendizagem significativa, uma vez que a categorização das formas de aprendizagem é compatível com os tipos de aprendizagem (Moreira, 2023). A seguir, serão apresentados os tipos de aprendizagem, buscando-se relacioná-los com as formas aqui descritas.

Ausubel (2000) distingue três tipos de aprendizagem significativa: *representacional*, *conceitual* e *proposicional*. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1976), a aprendizagem representacional refere-se ao processo pelo qual um símbolo é reconhecido como a forma culturalmente designada que representa o significado de certo conceito. Este é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, da qual os demais dependem (Moreira, 2023) e é o que se aproxima da aprendizagem por memorização (Ausubel, 2000).

Conforme aponta Ausubel (2000), a aprendizagem representacional é significativa, uma vez que

> [...] tais proposições de equivalência representacional podem relacionar-se de forma não arbitrária, como exemplares, a uma generalização existente na estrutura cognitiva de quase todas as pessoas, quase desde o primeiro ano de vida – de que tudo tem um nome e que este significa aquilo que o próprio referente significa para determinado aprendiz (Ausubel, 2000, p. 1).

Moreira (2011) exemplifica a aprendizagem representacional através da seguinte situação: se uma criança usa a palavra mesa para referir-se apenas à mesa de sua casa, ela não possui ainda o conceito de mesa, apenas uma representação. O autor também propõe que isso também vale para um adulto frente a objetos e eventos aos quais não identificou os atributos e regularidades que definiriam o conceito em questão.

Para a compreensão da aprendizagem conceitual, é necessário entender a definição do termo "conceito", apresentada por Ausubel (2000). Para o autor, pode-se definir conceito como objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e que são designados pelo mesmo símbolo. A definição aqui apresentada indica que conceitos também podem ser representados por símbolos, indicando a relação da aprendizagem conceitual com a

representacional. Moreira (2023) afirma que, de certa forma, a aprendizagem conceitual é uma aprendizagem representacional.

Moreira (2011) retoma o exemplo da mesa para explicar a aprendizagem conceitual. Segundo o autor, “quando uma pessoa tem o conceito de mesa, o símbolo mesa representa uma infinidade de objetos (não apenas um, como no caso da aprendizagem representacional) com determinados atributos, propriedade, características comuns” (Moreira, 2011, p. 38).

O último tipo de aprendizagem é a proposicional. Segundo Ausubel (2000), essa aprendizagem pode ocorrer com subordinação, superordenação ou combinatória, assim como a aprendizagem conceitual. O autor ainda relata que a aprendizagem proposicional tem como pré-requisito as aprendizagens representacional e conceitual, uma vez que essa aprendizagem em questão, implica dar significado às novas ideias expressas na forma de proposições.

De forma resumida, na aprendizagem proposicional, ao contrário da aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender de maneira significativa o que palavras isoladas ou combinadas representam, mas sim compreender o significado de ideias expressas em forma de proposição. Além disso, a tarefa não é simplesmente aprender o significado dos conceitos, mas sim compreender o significado que vai além da soma dos significados das palavras ou conceitos que formam a proposição. (Moreira, 2023).

Os tipos de aprendizagem significativa estipulados por Ausubel (2000) evidenciam o quanto o autor se dedicou sobre o tema. Além disso, esclarece as diferenças e aproximações entre eles, permitindo ao educador uma melhor compreensão, facilitando assim sua atuação em sala de aula, quando se busca a aprendizagem significativa dos conteúdos ensinados aos seus estudantes.

3.8 MAPAS CONCEITUAIS E SUA RELAÇÃO COM A TEORIA DE AUSUBEL

Joseph Novak é um professor de Educação da Universidade de Cornell, que desde o falecimento de David Ausubel, tem se dedicado a refinar e divulgar a TAS (Moreira, 2023). Além de sua dedicação à divulgação da teoria de Ausubel, Novak se dedicou ao estudo acerca dos mapas conceituais.

Os mapas conceituais são ferramentas gráficas utilizadas para a organização e representação do conhecimento. Os mapas, por sua vez, são compostos por

conceitos, geralmente dispostos em círculos ou retângulos, e pelas relações entre esses conceitos. Salienta-se que as relações entre os conceitos são indicadas por linhas que os interligam e que, sobre essas linhas, deve-se conter palavras ou frases de ligação capazes de especificar a relação entre dois conceitos. (Novak; Cañas, 2010).

Novak e Cañas (2010, p. 10) afirmam:

> Nós definimos conceito como uma regularidade percebida em eventos ou objetos, designada por um rótulo. Na maioria dos conceitos, o rótulo é uma palavra, embora algumas vezes usemos símbolos como + ou %, e em outras usemos mais de uma palavra. (Novak; Cañas, 2010, p. 10).

Do mesmo modo, os autores citados anteriormente propõem uma definição para o termo “proposições”. Segundo eles, proposições são enunciações sobre algum objeto ou evento do universo e elas contêm dois ou mais conceitos conectados através das palavras ou frases de ligação. Além disso, Novak e Cañas (2010) também destacam que outra característica dos mapas conceituais é que os conceitos são apresentados de maneira hierárquica, ou seja, os conceitos mais gerais e inclusivos são colocados no topo, enquanto os menos gerais e mais específicos são dispostos hierarquicamente abaixo.

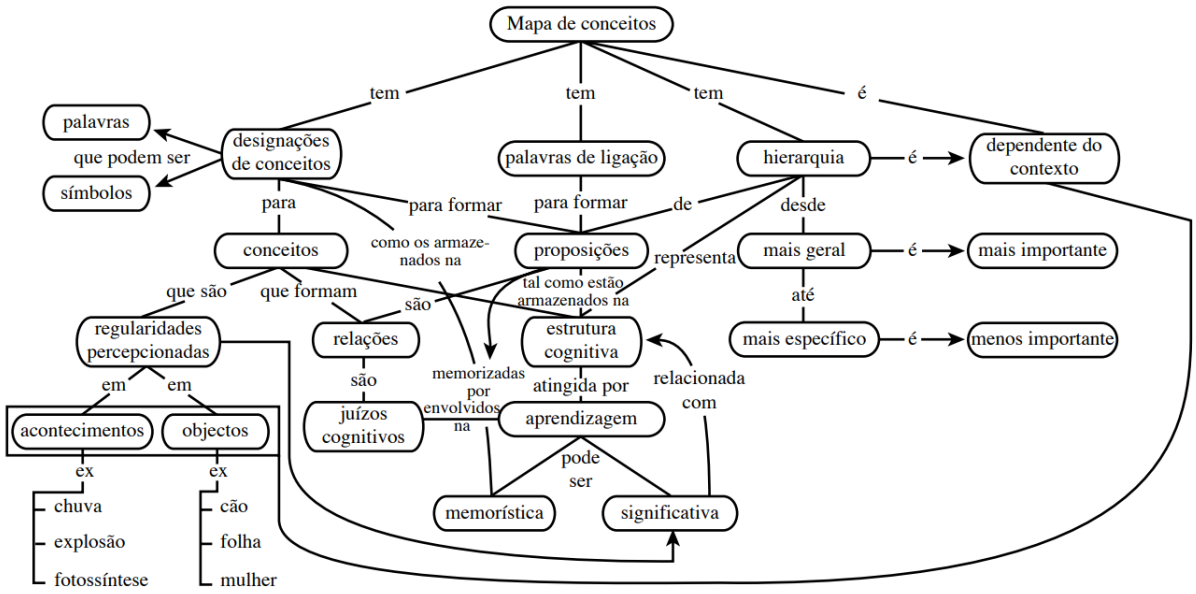
Visto essa definição sobre mapas conceituais, nota-se, portanto, uma semelhança com aquilo que é defendido por Ausubel (1968, 2000) como estrutura cognitiva. O referido autor, conforme já mencionado anteriormente, defende que na estrutura cognitiva, os conceitos tendem a se organizar de maneira hierárquica. Com isso, pode-se assegurar que os mapas conceituais são representações das estruturas cognitivas de cada indivíduo, evidenciando sua relação com a teoria ausubeliana.

Sua estreita relação com a teoria proposta por Ausubel (1963, 1968) deve-se ao fato de os mapas terem sido desenvolvidos no ano de 1972, durante a pesquisa conduzida por Novak na Universidade de Cornell (Novak; Cañas, 2010). Esta pesquisa, por sua vez, tinha como objetivo compreender as modificações nas formas como as crianças entendiam a ciência, baseando-se na teoria ausubeliana (Novak; Musonda, 1991).

A Figura 3 exemplifica um mapa conceitual, considerando suas características e estrutura. Nesta figura, apresenta-se um mapa elaborado por Novak e Gowin

(1984) sobre as ideias e características que devem ser envolvidas no processo de construção de um mapa conceitual. Chama-se a atenção para a disposição hierárquica dos conceitos que o compõem.

Figura 3 – Mapa conceitual evidenciando as ideias e as características envolvidas no processo de construção de um mapa conceitual



Fonte: Novak e Gowin (1984, p. 30).

Segundo Novak e Cañas (2010), uma das maneiras eficientes de utilizar os mapas conceituais é adotando-os como ferramentas de aprendizagem. Todavia, os mesmos autores defendem e propõem o uso dos mapas como ferramentas de avaliação, uma vez que sua utilização pode incentivar os estudantes a utilizarem padrões da aprendizagem significativa.

Por fim, cabe destacar que a utilização de mapas conceituais como sendo recursos de avaliação da aprendizagem, embora relacione-se com aquilo que Ausubel propõe, deve ser cuidadosamente pensada pelo educador que deseja utilizá-los. Novak e Gowin (1984) alertam que a análise desses mapas deve ser essencialmente qualitativa, o que significa não existir um mapa conceitual correto e sim, mapas que evidenciam se o aluno está aprendendo de forma significativa ou não.

3.9 APROXIMAÇÕES ENTRE A TEORIA DE AUSUBEL E OS CONTEÚDOS DE APRENDIZAGEM ATITUDINAIS E PROCEDIMENTAIS

Segundo Pozo (1998), a abrangência da TAS vai além da aprendizagem de conteúdos conceituais. Moreira (2011) também compartilha dessa concepção e defende que considerar os conhecimentos prévios apenas como conceituais não é adequado, pois limita o entendimento de subsunçores e induz o leitor a acreditar que estão relacionados exclusivamente a conceitos. Nesse sentido, Frasson, Laburú e Zompero (2019) argumentam que é fundamental reconhecer que os conhecimentos prévios, além de essenciais para a aprendizagem conceitual, são igualmente importantes para a aprendizagem de conhecimentos relacionados aos procedimentos e atitudes dos indivíduos.

Segundo Zabala (2007, p. 8), há "[...] conteúdos que é preciso 'saber' (conceituais), conteúdos que é preciso 'saber fazer' (procedimentais) e conteúdos que admitem 'ser' (atitudinais)". Com isso, Frasson, Laburú e Zompero (2019) defendem que, para que os estudantes recebam uma formação mais bem sucedida, é necessário que as diferentes naturezas dos conteúdos sejam trabalhadas em sala de aula de forma complementar e concomitante.

Pozo e Crespo (2009) propõem uma composição para esses conteúdos. A composição proposta pelos autores pode ser vista no quadro a seguir:

Quadro 7 – Composição dos conteúdos de aprendizagem

Tipos de conteúdos	**Mais específicos**	**Intermediários**	**Mais gerais**
Conceituais	Fatos/dados	Conceitos	Princípios
Procedimentais	Técnicas		Estratégias
Atitudinais	Atitudes	Normas	Valores

Fonte: Adaptado de Pozo; Crespo (2009, p. 28).

De acordo com os autores supracitados, os conteúdos conceituais são constituídos por fatos e dados, bem como por conceitos e princípios, enquanto os conteúdos procedimentais são caracterizados por técnicas e estratégias. Além disso, os conteúdos atitudinais são formados por atitudes, normas e valores. Pozo e Crespo (2009) enfatizam que cada conteúdo de aprendizagem possui os seus

constituintes específicos e gerais, de modo que os constituintes específicos devem ser levados em consideração no início do percurso que levará à aprendizagem dos constituintes intermediários e gerais.

Frasson (2016) defende que os estudantes tenham oportunidades para obter uma aprendizagem significativa de conceitos, procedimentos e atitudes. Nesse sentido, Frasson, Laburú e Zompero (2019) afirmam que, para que este tipo de aprendizagem ocorra, é necessário efetivar um programa de ensino pautado em teorias que considerem as diferentes naturezas dos conteúdos. Dentre as teorias que podem ser levadas em consideração, está a TAS proposta por Ausubel (1963, 1968, 2000).

As condições para a obtenção de uma aprendizagem conceitual significativa já foram discutidas no tópico 3.1 desta seção. Contudo, Frasson, Laburú e Zompero (2019), ao considerar as mesmas condições já discutidas, destacam a importância de o professor conhecer os subsunçores dos aprendizes, uma vez que isso o permitirá realizar correlações conceituais entre o novo conhecimento e o prévio. De fato, o destaque realizado pelos autores já havia sido feito por Ausubel (1968, 2000), todavia, os autores acrescentam a ideia de que os subsunçores não devem ser considerados apenas como conceituais.

Em relação à aprendizagem significativa de procedimentos, Pozo e Crespo (2009) afirmam que para a obtenção dessa aprendizagem, deve-se considerar quatro fases. Na concepção dos autores, a primeira fase é denominada de declarativa ou de instrução e, esta refere-se a uma espécie de treinamento técnico. Em linhas gerais, o professor deve antecipadamente ao início das explicações e atividades de ensino, explicar detalhadamente a sequência de ações que serão realizadas durante a aula. Dentre os requisitos para as instruções, Pozo e Crespo (2009) elencam que o professor deve fornecer instruções relevantes e que sejam possíveis de serem reconhecidas como importantes e relacionáveis aos procedimentos que os estudantes já aprenderam previamente.

Para Frasson, Laburú e Zompero (2019), a condição elencada por Pozo e Crespo (2009) para a consolidação da fase declarativa, permite estabelecer relações entre a aprendizagem procedimental com a TAS. Ao se cumprir este requisito, será possível que o “[...] aprendiz perceba a substantividade e a não arbitrariedade do que lhe está sendo ensinado, visto que a aprendizagem de novos procedimentos

fica ancorada nos procedimentos prévios já aprendidos e utilizados pelo aluno" (Frasson; Laburú; Zompero, 2009, p. 312).

Em se tratando da aprendizagem significativa de atitudes, os autores mencionados compreendem que a abordagem dos conteúdos atitudinais em sala de aula deve ir além das normas e valores, ou seja, deve proporcionar aos estudantes reflexões pessoais sobre suas condutas e sobre como suas atitudes influenciam a sociedade em que vivem. Nesse sentido, Pozo e Crespo (2009) defendem que, para mobilizar a formação atitudinal dos estudantes, é necessário expô-los a conflitos sociocognitivos.

Os conflitos sociocognitivos que podem ser introduzidos em atividades de ensino que visam à formação atitudinal são de dois tipos: os que provocam divergências internas e os que se baseiam em desajustes sociais. O primeiro tipo ocorre quando os aprendizes são levados a perceberem que suas condutas não condizem com os valores ou crenças que professam, sendo induzidos a refletirem sobre suas próprias ações e valores. Já o segundo tipo refere-se a conduzir os estudantes a refletirem sobre suas condutas mediante as atitudes acordadas pelos grupos sociais de referência aos quais desejam pertencer. (Frasson; Laburú; Zompero, 2019).

Na ótica de Frasson, Laburú e Zompero (2019), esses conflitos sociocognitivos contribuem para o estabelecimento de relações entre a aprendizagem atitudinal e a TAS. Os autores afirmam que, "[...] para que um indivíduo aprenda ou mude uma atitude, ele precisa avaliar, elaborar (ou reelaborar) suas condutas a partir da reflexão sobre os modos de agir que ele, ou pessoas próximas a ele, mantêm" (Frasson; Laburú; Zompero, 2019, p. 315). Assim, a reflexão e a interiorização de normas e valores pelos aprendizes, também dependem de o conteúdo atitudinal ser substantivo e não arbitrário.

Salienta-se que, nesta perspectiva, o uso dos termos substantivo e não arbitrário seguem as definições proposta por Ausubel (1963, 1968, 2000), ou seja, substantivo ou não literal indica que o conteúdo deve fazer sentido para os aprendizes e não arbitrário sugere que a nova informação se relacione com os conhecimentos prévios relevantes, presentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Considerando a relação proposta por Frasson, Laburú e Zompero (2019) entre a TAS e os conteúdos de aprendizagem, a nova informação, a ser aprendida pelos indivíduos pode ser de caráter conceitual, atitudinal e procedimental.

3.10 ABORDAGEM INVESTIGATIVA E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Nesta seção, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre trabalhos que utilizam a abordagem investigativa para o ensino de Química, bem como a TAS de Ausubel como referencial teórico. Salienta-se que foram selecionados trabalhos que contavam com a participação de estudantes do Ensino Médio e que continham uma SD com atividades investigativas pautadas na TAS. Esses critérios foram selecionados devido à similaridade com o que foi proposto e aplicado neste presente estudo.

As plataformas selecionadas para a realização das buscas foram: Google Acadêmico, Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Scielo Brasil, Periódicos CAPES e Repositório Institucional UNESP. Para as buscas, delimitou-se um período de dez anos, ou seja, trabalhos que foram publicados entre 2014 e 2024. Além disso, os descritores utilizados na busca dos trabalhos foram: "ausubel" AND "teoria da aprendizagem significativa" AND "abordagem investigativa" OR "ensino por investigação" AND "ensino médio" AND "ensino de química" AND "sequência didática" AND "atividade experimental investigativa".

A busca resultou em um total de 3 artigos, 5 monografias de conclusão de curso, 13 dissertações, 1 tese e 1 capítulo de livro. Após seleção com base no título, resumo e metodologia, foram escolhidos para leitura completa 1 artigo e 3 dissertações.

É válido salientar que os quatro trabalhos selecionados na revisão realmente atendiam aos critérios de seleção descritos no primeiro parágrafo desta seção. Assim sendo, os trabalhos excluídos na etapa de seleção foram aqueles que não aplicaram atividades investigativas a estudantes do Ensino Médio pautadas na TAS como referencial teórico. Além disso, o capítulo de livro encontrado nas buscas se enquadraria entre os trabalhos selecionados, todavia, foi suprimido por ser um recorte da dissertação de Menezes (2018), a qual foi selecionada para compor a revisão.

O título, autoria e ano de publicação dos trabalhos selecionados podem ser vistos no Quadro 8.

Quadro 8 – Trabalhos selecionados na revisão bibliográfica sobre a abordagem investigativa e a teoria ausubeliana

Título do trabalho	Autor(es)	Ano de publicação	Tipo do trabalho
Polímeros: uma abordagem investigativa alicerçada na teoria da aprendizagem significativa e nos três momentos pedagógicos	Sá e Pereira	2023	Artigo
Atividades experimentais investigativas no ensino de propriedades coligativas: possibilidades para aprender significativamente	Menezes	2018	Dissertação
A experimentação como aporte em atividades por problematização: uma proposta para a significação de conceitos químicos associados à corrosão	Melo	2019	Dissertação
Sequência de ensino investigativa no ensino de soluções químicas	Hemann	2024	Dissertação

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Sá e Pereira (2023) propuseram uma SD sobre polímeros a trinta e seis estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública localizada em Maringá, estado do Paraná. Os autores visavam compreender se os participantes aprenderam significativamente quando envolvidos em uma AEI pautada na TAS de Ausubel (1963, 2000) e nos Três Momentos Pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

Inicialmente, os autores realizaram uma apresentação de alguns materiais poliméricos como, por exemplo, garrafa PET e tubo PVC e, posteriormente, aplicaram um questionário que visava o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes. Após esta etapa, os pesquisadores proporcionaram um espaço de discussão e elaboraram um mapa conceitual na lousa. O segundo momento da SD foi marcado pela leitura de um texto que abordava alguns riscos associados ao uso

de slime[7] por crianças, bem como pela elaboração de outro mapa conceitual sobre polímeros pelos pesquisadores. (Sá; Pereira, 2023).

Os estudantes foram divididos em grupos para que realizassem a AEI que consistia na proposição de uma forma de produzir um slime que não fosse tóxico, ou seja, sem utilizar bórax. No início do terceiro encontro, os estudantes realizaram os procedimentos experimentais que haviam proposto, registrando todos os materiais, reagentes e procedimentos adotados. Por fim, no quarto encontro, os estudantes, individualmente, organizaram seu próprio mapa conceitual sobre o tema trabalhado. (Sá; Pereira, 2023).

Sá e Pereira (2023) concluíram que a SD sobre polímeros, pautada na realização de uma AEI e nos seus aportes teóricos já mencionados, possibilitou a construção de uma aprendizagem significativa pelos estudantes. Os autores enfatizam que os estudantes se sentiram motivados a resolver o problema proposto na atividade investigativa e que a utilização de mapas conceituais, como ferramentas fundamentadas na teoria ausubeliana, contribuiu para que a aprendizagem sobre polímeros fosse significativa para os aprendizes.

Em seu trabalho, Menezes (2018) propôs uma SD sobre propriedades coligativas a vinte estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública localizada na cidade de Manaus, Estado do Amazonas. A sequência de atividades continha três AEI e foi elaborada considerando os pressupostos teóricos da TAS de Ausubel (1963, 2000). Como forma de avaliação da aprendizagem, Menezes (2018) utilizou os mapas conceituais, todavia, o autor deixa evidente que explicou aos participantes, os procedimentos para a elaboração dos mapas.

Três situações problema sobre a temática propriedades coligativas foram apresentadas aos estudantes, sendo elas: “[...] como é possível diminuir a temperatura de congelamento de líquidos?”, “[...] se tivermos duas concentrações diferentes, e estas serem separadas por uma membrana semipermeável, como determinaríamos qual delas perderá a água que irá atravessar a membrana?” e “[...] qual dessas amostras (água, solução insaturada de sal, solução saturada de sal) seria ideal para ser usada no cozimento de alimentos?” (Menezes, 2018, p. 35-36). O autor afirma que as AEI possuíam níveis de investigações distintos, conforme proposto por Borges (2002).

[7] Massa viscosa e pegajosa utilizada por crianças para brincarem.

Após a realização dos experimentos como parte da resolução dos problemas apresentados nas AEI, os estudantes construíram mapas conceituais, ou seja, ao todo, cada estudante elaborou três mapas conceituais. Os mapas, por sua vez, foram analisados considerando as seguintes categorias propostas pelo autor: (i) conceitos básicos; (ii) conceitos novos; (iii) ligação entre conceitos; (iv) palavras de ligação; (v) exemplos; (vi) clareza e estética do mapa; (vii) proposições; (viii) hierarquização; (iv) diferenciação progressiva e (x) reconciliação integrativa.

Segundo Menezes (2018), para cada categoria foi atribuída uma nota de zero a dez, considerando 1,0 para o acerto, 0,5 para o acerto parcial e 0,0 para o erro. De acordo com os dados obtidos na análise dos mapas conceituais, o autor afirma que foi possível observar a evolução na construção dos mapas, uma vez que os estudantes passaram a apresentar um maior número de conceitos novos e de conceitos básicos, ou seja, “[...] incluíram no mesmo mapa um conceito que já estava inserido na sua estrutura cognitiva e um conceito que foi aprendido durante as atividades [...]”, buscando mostrar as relações que conseguiram fazer entre esses conceitos, “[...] caracterizando uma aprendizagem significativa” (Menezes, 2018, p. 67).

O autor supracitado evidenciou essa evolução nos mapas conceituais confeccionados pelos participantes do estudo considerando a frequência de cada categoria em todos os mapas elaborados, ou seja, aqueles que foram confeccionados após cada AEI e aqueles que foram elaborados ao término de todas as atividades. Cabe salientar que o mapa conceitual elaborado ao fim das atividades foi considerado como o “mapa final”, no qual os estudantes deveriam levar em consideração todos os conceitos aprendidos.

Dentre as categorias, Menezes (2018) notou um aumento na frequência, estava a categoria “diferenciação progressiva” e “reconciliação integrativa”. Com isso, o autor também pôde inferir que “[...] além de os alunos apresentarem um conceito superordenado mais abrangente, também aumentaram a recombinação dos conceitos e as relações cruzadas entre eles” (Menezes, 2018, p. 62).

Em sua dissertação, Melo (2019) propôs uma SD sobre o tema corrosão a uma turma do 2º Ensino Médio com seis estudantes, em uma escola pública localizada na cidade de São Bento do Una, Estado do Pernambuco. A sequência de atividades continha uma atividade investigativa e, segundo a autora, visava à

aprendizagem significativa dos conceitos relacionados à corrosão, considerando a teoria ausubeliana.

Melo (2019) propôs uma situação hipotética, na qual um estudante havia sofrido um acidente de moto que resultou na fratura de sua tíbia, osso presente na parte inferior da perna e, por conta disso, teve que passar por uma cirurgia na qual foi implantada uma placa de platina para consolidar sua estrutura óssea. Considerando esse contexto, a autora apresentou a seguinte situação problema: “[...] será que poderia ter sido utilizado outro metal, de valor mais acessível, no lugar da platina?” (Melo, 2019, p. 84).

Através dos dados coletados nas entrevistas semiestruturadas, realizadas antes e após sua intervenção, a referida autora pôde inferir que a sequência de atividades, somada às reflexões após a atividade investigativa, contribuiu para a promoção da diferenciação progressiva dos conceitos relacionados à temática abordada. É válido destacar que os conceitos abordados foram: ferrugem, processos de oxirredução, corrosão e reatividade.

Em linhas gerais, Melo (2019, p. 76) concluiu que houve uma melhoria no estado de compreensão do tema corrosão pelos estudantes, visto que “[...] conseguiram estabelecer conexões coerentes entre o contexto proposto e os conceitos químicos abordados, realizando inferências apropriadas [...]”. Outrossim, a autora concluiu que após sua intervenção, através de uma sequência de atividades contendo uma atividade investigativa, os estudantes apresentaram indícios de uma aprendizagem conceitual significativa.

No trabalho de Hemann (2024), a autora propôs o desenvolvimento e a aplicação de uma SD sobre tópicos que compunham a temática soluções químicas. Para tanto, a SD foi composta por AEI e foi aplicada em uma turma de treze estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola particular do município de Caxias do Sul, Estado do Rio Grande do Sul. Salienta-se que o referencial teórico adotado por Hemann (2024) em seu estudo foi a TAS de Ausubel (1963, 2000).

Inicialmente, Hemann (2024) realizou o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes participantes de sua pesquisa e, posteriormente, dividiu os estudantes em grupos para que realizassem as AEI. Ao término das atividades investigativas, a autora solicitou aos estudantes que elaborassem, individualmente, mapas mentais sobre a temática soluções. A partir da análise dos mapas, Hemann

(2024, p. 79) pôde inferir que os estudantes “[...] não apenas memorizaram fatos, mas os integraram e aplicaram de maneira visual e significativa”.

É de suma importância salientar que mapas mentais não são utilizados como ferramentas de avaliação quando se considera a TAS de Ausubel. Conforme descrito no tópico 3.8 deste presente capítulo, a ferramenta gráfica indicada para avaliar se os estudantes apresentaram ou não indícios de aprendizagem significativa sobre um determinado conceito são os mapas conceituais, visto que sua estrutura se assemelha à proposta de estrutura cognitiva apresentada por Ausubel (1963, 2000).

Outrossim, os mapas mentais se diferenciam dos mapas conceituais em termos de definição e estrutura. Segundo Fenner (2017), o mapa mental é uma ferramenta de anotação, onde as informações são dispostas de forma não linear e sim, em forma de teia. Neste tipo de mapa, a ideia principal é colocada no centro de uma folha e “[...] as ideias são descritas apenas com palavras-chave e ilustradas com imagens, ícones e muitas cores” (Fenner, 2017, p. 71).

Neste sentido, nota-se que Hemann (2024) cometeu um equívoco de caráter teórico-metodológico no que diz respeito ao processo de avaliação utilizado para analisar a aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1963, 2000). Todavia, o estudo conduzido por Hemann (2024) contribuiu para a literatura por evidenciar a potencialidade da abordagem investigativa na promoção da curiosidade e engajamento dos estudantes, o que reflete diretamente na aprendizagem.

Os trabalhos apresentados nesta revisão evidenciam, em sua maioria, a utilização da abordagem investigativa e a avaliação da aprendizagem dos participantes por meio de mapas conceituais, indicando que os autores se restringem diretamente a essa ferramenta gráfica como justificativa para a afirmação de que utilizaram a teoria ausubeliana como referencial teórico. Salienta-se que, dentre os quatro trabalhos selecionados, dois utilizaram mapas conceituais: os estudos de Sá e Pereira (2023) e Menezes (2018). Por outro lado, Melo (2019) afirmou ter avaliado a aprendizagem conceitual dos estudantes por meio de entrevistas semiestruturadas, enquanto Hemann (2024) utilizou erroneamente mapas mentais para esse propósito.

Em linhas gerais, os trabalhos evidenciam uma utilização limitada da TAS de Ausubel (1963, 2000). Essa limitação é demonstrada pelo vínculo da teoria apenas aos mapas conceituais e à avaliação da aprendizagem de caráter conceitual. Dessa

forma, a presente dissertação busca contribuir para a literatura ao expandir a aplicação da TAS para a aprendizagem atitudinal e procedimental, quando utilizada como referencial teórico que fundamenta atividades experimentais de caráter investigativo.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, serão abordados os procedimentos metodológicos adotados durante o desenvolvimento do estudo. Dessa forma, serão descritos o caráter da pesquisa, os instrumentos utilizados para a coleta de dados, o procedimento para a validação desses instrumentos e as atividades de investigação desenvolvidas no formato de minicurso. Por fim, será apresentada a metodologia utilizada na análise dos dados obtidos.

4.1 LOCAL E SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

O presente estudo foi desenvolvido em uma escola particular localizada em uma cidade na região oeste do Estado de São Paulo. A escola conta com turmas desde a Educação Infantil até o Ensino Médio, com apenas uma turma para cada série em questão.

Cabe salientar que, em um primeiro momento, houve a tentativa de se obter a aprovação da Diretoria de Ensino de Presidente Prudente, para que a aplicação ocorresse em uma escola pública do município sede da Diretoria. Todavia, após a emissão do parecer redigido por um professor representante do Núcleo Pedagógico, notou-se a imposição de algumas dificuldades para que a aplicação não ocorresse dentro de tempo hábil. O principal aspecto defendido pelo parecerista foi o de que as atividades da pesquisa poderiam causar impactos negativos na rotina da escola.

Após o recebimento do parecer, o autor dessa dissertação, com o auxílio de seu orientador, elaborou uma espécie de carta resposta apontando possíveis modificações no projeto e sinalizando que as atividades não causariam impactos negativos na rotina da escola. A carta foi encaminhada à Diretoria de Ensino, todavia, devido à demora na devolutiva por parte do parecerista, optou-se por buscar o aceite da escola privada citada no início desta seção.

Para apresentar o projeto de pesquisa à escola particular, foi realizada uma reunião junto à gestão escolar no início de fevereiro de 2024. Estavam presentes a diretora da instituição, o pesquisador e seu orientador. Uma breve apresentação oral foi realizada, explicando os objetivos da pesquisa e as etapas para a sua realização. Também foi explicado sobre os procedimentos de submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e apresentou-se o documento que deveria ser assinado

indicando o aceite. Também foi deixada para a escola uma cópia do projeto que seria submetido ao CEP.

Posteriormente ao aceite da escola, deu-se início ao processo de submissão do projeto ao CEP. A submissão ocorreu no dia 14/03/2024 e a aprovação foi deferida por meio do parecer consubstanciado com Certificado de Apresentação de Apreciação Ética nº 78233424.6.0000.5402 (Anexo A) no dia 15/04/2024. A aprovação do CEP permitiu ao pesquisador que iniciasse o processo de recrutamento dos estudantes para a participação em sua pesquisa.

Em aula, o pesquisador responsável, apresentou a proposta das atividades da pesquisa, bem como esclareceu que todos os estudantes teriam total liberdade de participar ou não, sem que houvesse nenhum prejuízo a eles, caso não quisessem participar. Além disso, comentou-se sobre os procedimentos éticos que devem ser adotados em pesquisas com seres humanos. Cabe salientar que esta apresentação foi realizada com o auxílio de slides elaborados em *PowerPoint* e que se deu nas três turmas do Ensino Médio.

Dessa forma, os participantes deste presente estudo foram estudantes das três séries do Ensino Médio. Cada turma continha em média 25 estudantes e inicialmente 28 estudantes manifestaram interesse em participar da pesquisa. Todavia, dentre os que manifestaram interesse, apenas 21 estudantes participaram de todas as atividades propostas. A quantidade de estudantes participantes em relação às suas respectivas turmas do Ensino Médio é a seguinte: 8 estudantes do 1º ano; 8 estudantes do 2º ano e 5 estudantes do 3º ano.

Ainda tratando dos sujeitos participantes da pesquisa, estes possuíam uma relação direta com as TD, especificamente celulares e internet. Essa dependência dos recursos tecnológicos mencionados foi relatada por alguns professores da instituição ao pesquisador responsável. Além disso, em relação ao conteúdo sobre ácidos e bases, apenas os estudantes do 3º ano do Ensino Médio haviam estudado o tema até a data de início das atividades da pesquisa.

Por esse motivo, conforme será descrito no tópico 4.4.2, o pesquisador se preocupou em incluir, na sequência de atividades, apresentações teóricas sobre novas propostas de uso dos recursos tecnológicos e sobre ácidos e bases. Essas apresentações tinham como objetivo garantir que todos os estudantes, independentemente de suas séries, tivessem acesso a uma introdução ao conteúdo presente nas atividades investigativas, bem como às formas adequadas de

utilização das tecnologias durante as investigações. Salienta-se, também, que os estudantes participantes nunca tinham tido contato com a abordagem investigativa, ou seja, o primeiro contato ocorreu por meio das atividades propostas neste estudo.

4.2 CARÁTER DA PESQUISA E INSTRUMENTOS PARA COLETA DOS DADOS

Esta pesquisa possui caráter qualitativo, visto que os dados coletados foram predominantemente descritivos e a preocupação com todo o processo teve maior peso do que com o produto. Além disso, caracteriza-se como pesquisa qualitativa pelo fato de o pesquisador atentar-se ao maior número possível de elementos que se manifestaram ao longo do estudo e à forma como esses elementos se apresentaram durante os procedimentos adotados. (Lüdke; André, 2018).

Lüdke e André (2018) afirmam que, em pesquisas qualitativas, os dados coletados são ricos em descrições de pessoas, situações, acontecimentos, concepções e ideias. Em outras palavras, os dados referem-se às qualidades dos indivíduos participantes da pesquisa. Outrossim, em estudos qualitativos, há sempre a tentativa de capturar a perspectiva dos participantes, de modo que os significados que as pessoas dão às coisas sejam os focos de atenção do pesquisador (Lüdke; André, 2018).

Flick (2009) destaca que em pesquisas qualitativas, a comunicação do pesquisador é considerada como parte da produção do conhecimento, ao invés de considerá-la como uma variável que interfere no processo. Outrossim, “a subjetividade do pesquisador, bem como daqueles que estão sendo estudados, tornam-se parte do processo de pesquisa”, ou seja, suas práticas são consideradas como informações relevantes ao estudo em questão (Flick, 2009, p. 25).

Em relação aos instrumentos para coleta dos dados, utilizou-se questionários com questões abertas e fechadas, entrevistas semiestruturadas e mapas conceituais. Tais instrumentos foram disponibilizados em momentos oportunos ao longo de uma SD (descrita no tópico 4.4). Segundo Castro, Ferreira e Gonzalez (2013), a escolha dos instrumentos deve estar diretamente relacionada ao problema da pesquisa. Dessa forma, as autoras propõem que a escolha somente deve ser efetuada após a definição da questão de pesquisa e os seus objetivos. Salienta-se que a seleção dos instrumentos para este estudo ocorreu após o delineamento da questão de pesquisa e os objetivos, conforme proposto pelas autoras supracitadas.

O questionário consiste em uma série de perguntas, cujo grau de “abertura” das perguntas, pode caracterizá-las pelas seguintes formas: perguntas fechadas e perguntas abertas. As perguntas fechadas são aquelas com um alto grau de objetividade ao questionário, de tal maneira que, em alguns casos, as únicas respostas possíveis são “sim” ou “não”. Perguntas com este grau de fechamento podem facilitar o processo de sistematização dos dados pelo pesquisador. Já as perguntas abertas são aquelas que as respostas podem ser constituídas a partir de opiniões e falas dos participantes do estudo. (Castro; Ferreira; Gonzalez, 2013).

Castro, Ferreira e Gonzales (2013) enfatizam que as perguntas presentes no questionário devem ser sobre o tema escolhido e que, nos casos de pesquisas qualitativas, os dados oriundos das questões abertas podem ser agrupados em categorias, a partir de critérios rigorosos. Em linhas gerais, durante todo o processo de elaboração de um questionário, deve-se levar em consideração o nível de informação dos participantes, partindo do pressuposto de que as perguntas são uma espécie de tradução das hipóteses da pesquisa.

A entrevista consiste em uma conversa intencional e é utilizada quando se deseja aprofundar algumas questões ou quando existem poucas situações a serem observadas. Dentre os diversos tipos de entrevistas está a semiestruturada, que é caracterizada por um pequeno número de perguntas que podem sofrer alterações durante a realização da entrevista (Castro; Ferreira; Gonzalez, 2013). Nesse caso, o entrevistador pode elaborar um roteiro prévio com as questões e pode alterá-lo à medida que a entrevista flui. Flick (2009) afirma que, em entrevistas semiestruturadas, o entrevistado tem liberdade ao longo dos questionamentos, o que, em conjunto com a possibilidade de o pesquisador fazer adaptações durante a entrevista, enriquece a investigação.

Em relação aos mapas conceituais, estes, por sua vez, foram descritos no tópico 3.8 do capítulo dedicado à apresentação e discussão da TAS de Ausubel. Este instrumento, em especial, foi escolhido devido a sua estrita relação com a teoria adotada para fornecer subsídios teóricos a este estudo. Este fato corrobora com a afirmação de Castro, Ferreira e Gonzalez (2013, p. 36): “é sempre interessante verificar os instrumentos que os pesquisadores filiados a uma abordagem teórica têm usados em suas pesquisas”. Embora Ausubel (1963, 1968, 2000) não tenha utilizado mapas conceituais em suas pesquisas, sua teoria serviu

como base para o desenvolvimento desta ferramenta gráfica utilizada como recurso de avaliação da aprendizagem.

4.3 VALIDAÇÃO DOS INTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para o processo de validação, submeteram-se os instrumentos de coleta de dados à avaliação por Comitê de Juízes, conhecido também como Comitê de Especialistas. Esse processo permite ao pesquisador, investigar se o conteúdo dos instrumentos está correto e adequado à proposta do seu estudo. Além disso, permite verificar a relevância, representatividade e clareza dos itens que compõem os seus instrumentos. (Alexandre; Coluci, 2011; Wartha; Santana, 2020).

De maneira resumida, a técnica de avaliação por Comitê de Juízes consiste no envio dos instrumentos de coleta de dados preliminares, elaborados pelo pesquisador, a outros pesquisadores que desenvolvem estudos sobre a temática da pesquisa em questão. Esses pesquisadores, por sua vez, avaliam os itens que compõem os instrumentos, indicando se tais itens podem ser utilizados no estudo ou se devem ser adaptados (Alexandre; Coluci, 2011). Wartha e Santana (2020) afirmam que a validação confere qualidade aos instrumentos, atestando sua importância e legitimidade.

Segundo Lynn (1986), o número de juízes para o processo de avaliação depende da quantidade de especialistas da área de estudo disponíveis. Todavia, a autora recomenda que sejam necessários, no mínimo, cinco especialistas para garantir uma boa concordância na avaliação. Para o presente estudo, participaram sete juízes, que atenderam aos seguintes critérios: ter o título de doutor e realizar pesquisas na área do Ensino de Química e/ou Ensino de Ciências.

Após o aceite do convite de avaliação pelos juízes selecionados, foi enviado a eles, um link de acesso ao formulário *online* do Google Forms. Neste formulário continham informações básicas, tais como: questão de pesquisa; objetivos da pesquisa; participantes da pesquisa; link de acesso à SD com as atividades investigativas e a forma de coleta de dados. Também, continha as instruções para preencher a validação de cada item.

Para a aplicação do método, foi preciso que os juízes atribuíssem uma pontuação de 1 a 4 aos itens dos instrumentos em avaliação. Essa pontuação baseava-se na escola tipo Likert, conforme proposto por Alexandre e Coluci (2011).

Neste estudo, propôs-se a pontuação da mesma forma que Piva (2022, p. 73) propôs em seu trabalho: “1 para a questão não adequada ao estudo; 2 para a questão que precisa de grande revisão para ser adequada ao estudo; 3 para a questão que precisa de pouca revisão para ser adequada ao estudo e; 4 para questão adequada ao estudo”.

Cabe salientar que todas as perguntas elaboradas foram avaliadas separadamente e que no formulário de avaliação, também foi disponibilizado um campo para que os juízes pudessem dar sugestões de melhorias às questões avaliadas. A disponibilização de um campo para sugestões é proposta por Rubio *et al.* (2003), logo, aderiu-se à sugestão dos autores.

Após o recebimento das avaliações, foi possível efetuar o cálculo do Índice de Validade de Conteúdo (IVC). Este índice é utilizado para diminuir o fator subjetividade e quantificar o grau de concordância dos especialistas (Alexandre; Coluci, 2011). O cálculo do IVC deve ser realizado por meio da equação:

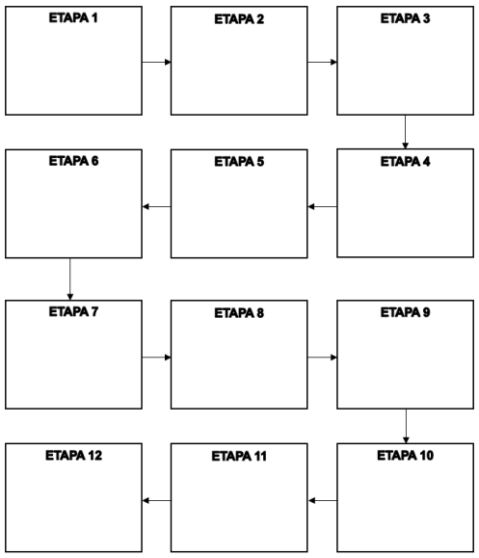
Equação (1): $$IVC = \frac{número de respostas 3 ou 4}{número total de respostas/juízes}$$

Desta forma, o IVC de cada item é a razão entre o número de respostas dos juízes com pontuação “3” e “4” e o número total de respostas. Salienta-se que o valor do IVC recomendado para a validação do item deve ser maior ou igual a 0,78 e que questões que não atingem este valor, devem ser revisadas ou eliminadas (Alexandre; Coluci, 2011). O quadro 8 apresenta o valor do IVC obtido para cada questão, bem como a indicação se a questão sofreu ou não alteração.

Quadro 9 – Resultado da validação por juízes dos instrumentos para coleta de dados

Primeira versão das perguntas	**IVC**	**Sofreu alteração?**
QUESTIONÁRIO INICIAL **Parte 1 – Conhecimentos prévios sobre ácidos e bases**		
1 – Registre abaixo o que você entende por ácidos.	0,86	Sim
2 – Registre abaixo o que você entende por bases.	0,86	Sim
3 - Você já ouviu falar sobre ácidos e bases em algum momento? Se sim, foi em que momento ou situação?	0,86	Não

<table>
<tr><td>Explique.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4 -Indique se as substâncias abaixo são ácidas ou básicas. Para isso, coloque dentro dos parênteses a letra (A) para indicar ácido e a letra (B) para indicar base.
<table>
<tr><td>( ) HCl</td><td>( ) NaOH</td><td>( ) NH_3</td></tr>
<tr><td>( ) $Mg(OH)_2$</td><td>( ) H_2SO_4</td><td>( ) Na_2CO_3</td></tr>
</table></td><td>0,86</td><td>Sim</td></tr>
<tr><td>5 - O que te levou a classificar as substâncias como ácido (colocando entre parênteses a letra A) e as substâncias como base (colocando entre parênteses a letra B)? Explique.</td><td>1,00</td><td>Sim</td></tr>
<tr><td>6 – Registre abaixo o que você entende por pH.</td><td>1,00</td><td>Sim</td></tr>
<tr><td>7 – O que vem a sua mente quando se fala que uma substância possuí pH elevado?</td><td>1,00</td><td>Não</td></tr>
<tr><td>8 - Assinale a alternativa correta no que diz respeito ao pH:
( ) Uma substância com pH elevado (maior do que 7) possuí caráter ácido.
( ) Uma substância com pH baixo (menor do que 7) possuí caráter básico.
( ) Uma substância com pH elevado (maior do que 7) possuí caráter neutro.
( ) Uma substância com pH baixo (menor do que 7) possuí caráter ácido.
( ) Não sei responder.</td><td>1,00</td><td>Não</td></tr>
<tr><td colspan="3">QUESTIONÁRIO INICIAL
Parte 2 – Conhecendo os conteúdos atitudinais dos estudantes antes das atividades</td></tr>
<tr><td>Para cada afirmação abaixo assinale: falso, quase sempre falso, quase sempre verdade ou verdade.
1. Eu sei trabalhar em equipe.
2. Eu levo em consideração as opiniões dos meus colegas.
3. Eu sou uma pessoa organizada frente a um problema para resolver.
4. Eu procuro assumir a liderança do grupo quando</td><td>0,57</td><td>Sim</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>necessário.
5. Eu sou uma pessoa difícil de mudar de opinião.
6. Eu me considero um nativo digital (domino grande parte dos recursos tecnológicos).
7. Eu utilizo a tecnologia para aprender Química.
8. Eu acredito que a tecnologia pode me auxiliar em diversas atividades do dia a dia.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS*
*idêntico para as três atividades investigativas</td></tr>
<tr><td>1 - Preencham os quadros a seguir indicando as etapas adotadas para a resolução do problema. Nota: não é necessário preencher todos os quadros, a quantidade depende dos caminhos/etapas adotadas pelo grupo.
 
</td><td>1,00</td><td>Sim</td></tr>
<tr><td>2 - Agora, descrevam as etapas que vocês utilizaram para resolverem o problema proposto. Indiquem o número de cada etapa e a descreva (exemplo: Etapa 1 - Primeiro pensamos em...; Etapa 2 - Fizemos uma busca...).</td><td>0,86</td><td>Não</td></tr>
<tr><td>3 - Descrevam qual foi a maior dificuldade que vocês tiveram para resolver esse problema.</td><td>0,86</td><td>Não</td></tr>
<tr><td>4 - De que maneira os recursos tecnológicos vos auxiliaram na resolução do problema?</td><td>0,86</td><td>Sim</td></tr>
<tr><td colspan="3">QUESTIONÁRIO FINAL
Parte 1 – Avaliação da metodologia empregada</td></tr>
</table>

1 - Você gostou de ter participado das atividades de investigação? ( ) Sim. ( ) Não.	0,57	Excluída
2 - Caso tenha gostado, por quê? Assinale a(s) alternativa(s) abaixo. Você pode selecionar mais de uma alternativa. ( )Eu não gostei. ( ) Fez com que eu me envolvesse mais nas aulas. ( ) Me ajudou a entender melhor o que são ácidos e bases. ( ) As discussões entre o grupo e a dinâmica das aulas eram interessantes. ( ) Outro: _____	0,86	Sim
3 - Caso não tenha gostado, por quê? Assinale a(s) alternativa(s) abaixo. Você pode selecionar mais de uma alternativa. ( ) Eu gostei. ( ) Tive dificuldade em realizar as atividades. ( ) Não entendi o que era para ser feito. ( ) Não gosto dos conteúdos de Química. ( ) Outro:_____	0,86	Sim
4 - Qual atividade investigativa você achou mais fácil? Assinale apenas uma alternativa. ( ) Atividade 1. ( ) Atividade 2. ( ) Atividade 3.	0,86	Não
5 - Explique o motivo de sua escolha da questão anterior.	0,86	Não
6 - Qual atividade investigativa você achou mais difícil? Assinale apenas uma alternativa. ( ) Atividade 1. ( ) Atividade 2. ( ) Atividade 3.	0,86	Não
7 - Explique o motivo de sua escolha da questão anterior.	0,86	Não

QUESTIONÁRIO FINAL **Parte 2 – Conhecendo os conteúdos atitudinais dos estudantes após as atividades**		
Para cada afirmação abaixo assinale: discordo, discordo parcialmente, concordo parcialmente ou concordo totalmente. 1. Eu aprendi a trabalhar em grupo com as atividades investigativas. 2. Eu aprendi levar em consideração as opiniões dos meus colegas para solucionar problemas. 3. Eu notei que para resolver um problema é necessário organização. 4. Eu assumi a liderança do grupo durante as atividades investigativas. 5. Eu precisei mudar de opinião durante as atividades em grupo. 6. Eu consegui utilizar a tecnologia ao meu favor para resolver os problemas propostos. 7. Eu pretendo utilizar a tecnologia para aprender Química, pois notei que pode me auxiliar.	1,00	Não
ROTEIRO DE ENTREVISTA		
1 - A qual grupo você pertencia?	0,86	Não
2 - Você notou diferenças no grupo durante o desenvolvimento das atividades investigativas? Se sim, quais?	0,71	Excluída
3 - De que maneira vocês utilizaram a tecnologia para auxiliar na resolução dos problemas?	0,86	Sim
4 - Você, como representante do grupo, acredita que as tecnologias podem auxiliar no desenvolvimento de atividades investigativas? Se sim, de que maneira? Se não, por quê?	0,86	Sim
5 - Quais recursos tecnológicos o grupo utilizou durante as atividades?	1,00	Não

6 - Todos os recursos tecnológicos que vocês citaram faziam parte daqueles que apresentamos no início do minicurso? Se não, quais outros vocês adotaram?	0,71	Excluída
7 - As atividades investigativas com suporte das tecnologias, auxiliaram no desenvolvimento da aprendizagem dos conceitos por parte do grupo?	0,71	Excluída
8 - E no desenvolvimento de habilidades relacionadas aos procedimentos tomados para a resolução dos problemas?	0,71	Excluída
9 - Por fim, as atividades investigativas realizadas com o suporte das tecnologias, auxiliaram no desenvolvimento de habilidades relacionadas às atitudes do grupo? (tomada de decisão, trabalho em equipe, consideração das ideias do colega, etc).	0,86	Não

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dos 30 itens julgados, apenas seis obtiveram um IVC abaixo do recomendado. Considerando o valor resultante para esses itens e os comentários feitos pelos avaliadores no campo destinado, optou-se por revisar e excluir alguns dos itens. É válido enfatizar que alguns itens que obtiveram IVC igual ou superior a 0,86 também sofreram alteração. Essa decisão foi tomada pelo pesquisador, que optou em levar em consideração os comentários deixados pelos avaliadores. Em vista disso, o processo de validação utilizado se mostrou como uma etapa de extrema importância para o estudo, uma vez que permitiu o aprimoramento dos instrumentos de pesquisa com base nos pareceres de profissionais experientes da área do estudo. As versões finais dos instrumentos avaliados estão nos apêndices desta dissertação (Apêndices A ao F).

4.4 APLICAÇÃO DO PROJETO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para o presente estudo, foi elaborada uma SD a fim de trabalhar os conceitos de ácidos e bases a partir de AEI, com o suporte das tecnologias. Três atividades investigativas compuseram a SD, das quais duas foram adaptadas de Ferreira, Hartwig, Gibin e Oliveira (2011) (atividades 1 e 2) e uma proposta por Wartha e

Lemos (2016) (atividade 3). As atividades selecionadas, bem como os problemas relacionados a elas, podem ser vistas no quadro a seguir:

Quadro 10 – Atividades investigativas que compõem a sequência didática

Nº	Código	Atividade	Problema
1	AEI1	Simulação da chuva ácida	Sendo a atmosfera naturalmente formada por gases e vapor de água, como é possível haver formação de ácidos neste meio?
2	AEI2	Variação do pH em água mineral gaseificada	Como é possível acompanhar a variação de pH em uma solução ácida que naturalmente perde a acidez?
3	AEI3	Mudança de coloração nas hortênsias	Sabemos que existem hortênsias brancas, rodadas, lilases e azuis. Sabemos, também, que às vezes, ao longo do tempo, hortênsias rosadas se tornam azuis e vice-versa. Por que será que isso acontece? Se quisermos obter apenas hortênsias azuis ou apenas hortênsias rosadas o que devemos fazer?

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com base em Ferreira, Hartwig, Gibin e Oliveira (2011) e Wartha e Lemos (2016).

A síntese da SD aplicada pode ser vista no quadro a seguir e nos próximos subtópicos desta seção, serão explicadas detalhadamente as atividades de cada dia da aplicação.

Quadro 11 – Síntese da sequência didática aplicada

Dia	Quantidade de aulas utilizadas (minutos)	Descrição das atividades
1	2 aulas (90 minutos)	• Aplicação de questionário para levantamento dos conhecimentos prévios sobre ácidos e bases; • Explicação de como elaborar mapas conceituais; • Divisão dos grupos.

2	2 aulas (90 minutos)	• Aula expositiva sobre ácidos e bases; • Apresentação de algumas tecnologias digitais.
3	2 aulas (90 minutos)	• Desenvolvimento da AEI1 e AEI2; • Aplicação de questionários pós-atividades investigativas para compreensão dos procedimentos adotados na resolução dos problemas.
4	2 aulas (90 minutos)	• Desenvolvimento da AEI3, seguido da aplicação de questionário para compreensão dos procedimentos adotados na resolução do problema; • Confecção dos mapas conceituais pelos alunos. • Questionário para avaliação da metodologia empregada durante as atividades.
5	Realizada pelo Google Meet	• Realização das entrevistas semiestruturadas com os representantes de cada grupo, para compreensão das contribuições das tecnologias na resolução dos problemas.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Cabe salientar que as atividades da SD foram realizadas em horários opostos aos das aulas de Química, ou seja, foram realizadas no período da tarde durante quatro dias. Em cada dia, a duração média dos encontros foi de uma hora e trinta minutos. Outrossim, ao término das atividades, os participantes receberam um certificado de participação. Neste certificado, apresentava-se as atividades como componentes do minicurso “Desvendando os ácidos e as bases através de atividades investigativas”.

4.4.1 Primeiro dia: levantamento dos conhecimentos prévios e explicação sobre mapas conceituais

O primeiro dia de atividades com os estudantes ocorreu em 22/05/2024. Neste primeiro encontro, foi aplicado um questionário para levantamento dos conhecimentos prévios sobre ácidos e bases e dos conteúdos atitudinais de cada estudante (Apêndice B). Esta etapa se fez necessária, pois Ausubel (1963, 2000) propõe que sejam levantados os conhecimentos prévios dos indivíduos, para que

assim, o professor consiga melhor conduzir as atividades visando à aprendizagem significativa dos assuntos abordados.

Posteriormente à aplicação do questionário, foi explicado aos participantes, como elaborar um mapa conceitual. Utilizou-se uma apresentação em *PowerPoint* e os tópicos abordados durante a apresentação foram: (i) o que são mapas conceituais?; (ii) etapas de elaboração; (iii) exemplos de mapas e (iv) atividade – “elaborando, juntos, um mapa conceitual!”. A apresentação baseava-se nas etapas propostas por Novak e Cañas (2010), bem como nas informações relevantes discutidas no texto de Novak e Gowin (1984).

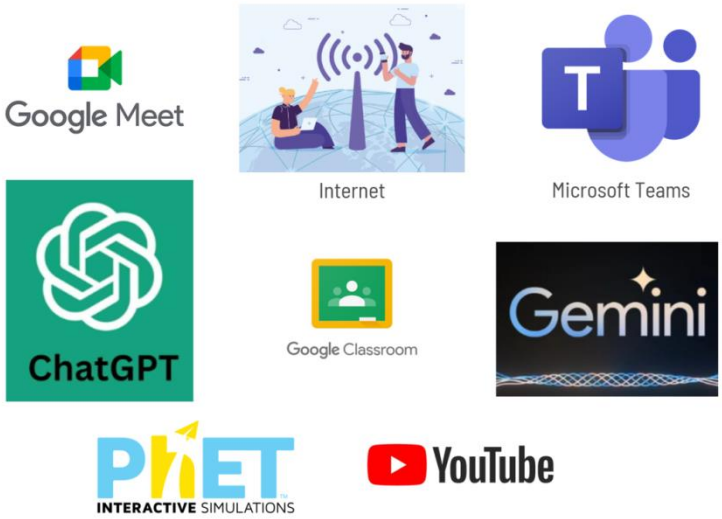
O término do primeiro encontro foi caracterizado pela divisão dos grupos para a realização das AEI nos encontros posteriores. Formaram-se quatro grupos, sendo três grupos com cinco integrantes e um grupo com seis. Além da divisão dos grupos, selecionou-se um representante de cada grupo, para que fosse entrevistado ao término das atividades.

4.4.2 Segundo dia: explicação teórica sobre ácidos e bases e apresentação das tecnologias digitais

O segundo dia de atividades ocorreu em 24/05/2024. Neste encontro, realizou-se uma aula teórica expositiva sobre ácidos e bases através de slides no *PowerPoint*. Os tópicos apresentados durante a aula foram: (i) ácidos de Arrhenius; (ii) bases de Arrhenius; (iii) a escala de pH; (iv) indicadores ácido-base e (v) informações extras – óxidos e composição da água com gás.

Na sequência da aula expositiva, apresentou-se aos estudantes, algumas TD. A apresentação também ocorreu com o auxílio de slides em *PowerPoint* e os tópicos discutidos foram: (i) o que são as TD?; (ii) exemplos de TD e (iii) como utilizar as TD. As tecnologias apresentadas aos estudantes podem ser vistas na figura a seguir:

Figura 4 – Algumas tecnologias apresentadas aos estudantes



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

É válido salientar que as TD mencionadas anteriormente foram apresentadas pelo pesquisador por meio da abertura de seus respectivos sites, com exceção da internet, com o objetivo de expor suas interfaces. Além disso, o pesquisador demonstrou o manuseio dos recursos disponíveis em cada tecnologia, exemplificando os procedimentos necessários para sua utilização. Em especial, no caso das ferramentas de IA, o pesquisador se dedicou a fornecer exemplos de comandos e instruções direcionadas a essas ferramentas para a realização de tarefas específicas, ou seja, forneceu exemplos de *prompts*.

Por fim, foi discutido com os participantes, que outros recursos tecnológicos poderiam ser utilizados durante as AEI, tais como: celulares, notebooks, entre outros. Além disso, comentou-se acerca das formas de utilização das TD durante as atividades investigativas. Estipulou-se que não poderiam utilizar as tecnologias para consultar respostas às questões problemas das atividades investigativas, bem como chamou-se a atenção para a utilização consciente das ferramentas de IA. Salienta-se que o uso consciente das TD, dentre elas a IA, refere-se à prática de utilizá-las com responsabilidade e equilíbrio, considerando as consequências que podem acarretar.

4.4.3 Terceiro dia: realização das duas primeiras atividades investigativas

O terceiro dia das atividades ocorreu em 27/05/2024 e foi marcado pela realização das atividades investigativas AEI1 e AEI2 pelos grupos, conforme discriminado no quadro 11. Salienta-se que essas duas atividades investigativas, bem como a AEI3, possuíam um nível de investigação igual a 3 (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015), ou seja, foram fornecidas as questões problemas e os materiais para a realização dos experimentos, todavia, os procedimentos não foram fornecidos aos estudantes, cabendo a eles proporem um procedimento para a realização da atividade. O nível 3 foi adotado devido ao pouco tempo disponível para a realização das atividades investigativas.

Outrossim, enfatizou-se que os procedimentos experimentais que iriam adotar, deveriam ser condizentes com uma resposta para os problemas fornecidos. Os materiais disponibilizados nas bancadas de cada grupo para que a AEI1 e AEI2 fossem realizadas podem ser consultados no quadro a seguir:

Quadro 12 – Materiais fornecidos para a realização da AEI1 e AEI2

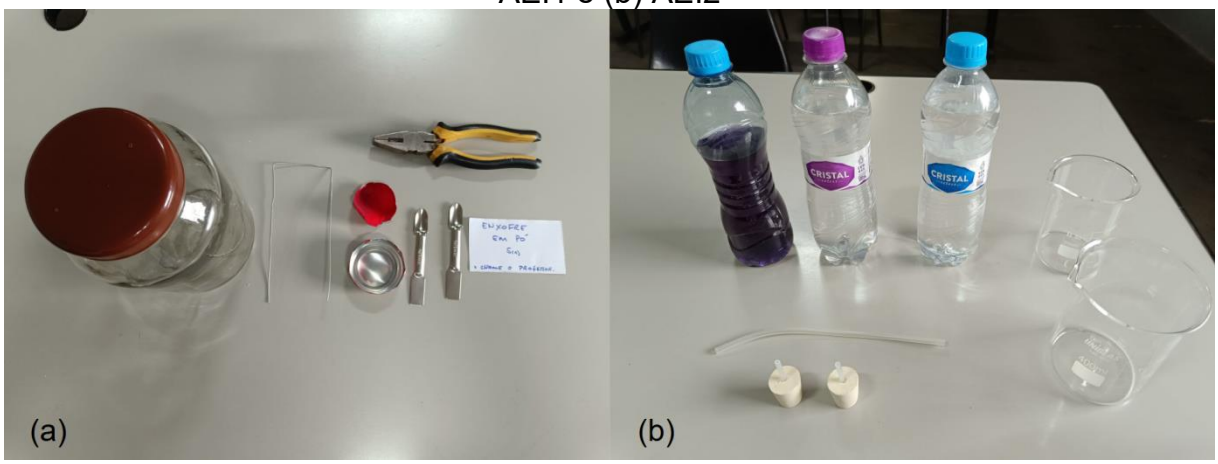
Código da atividade	**Item fornecido**	**Quantidade**
AEI1	Frasco de vidro com tampa	1
	Pedaço de arame no formato de “U”	1
	Base da lata de refrigerante com dois furos nas laterais	1
	Pétala de rosa	1
	Alicate	1
	Espátula	2
	Enxofre em pó*	Poucas gramas
AEI2	Rolha de borracha com conector	2
	Mangueira de silicone com 20 cm de comprimento (diâmetro interno = 3 mm)	1
	Garrafa de 500 mL de água mineral sem gás	1
	Garrafa de 500 mL de água mineral com gás	1

	Garrafa com 400 mL de extrato de repolho roxo	1
	Béquer de 250 mL	1
	Béquer de 400 mL	1

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
*o enxofre era manuseado pelo pesquisador, quando solicitado pelos grupos.

A maneira como os itens estavam dispostos na bancada de cada grupo pode ser vista na figura a seguir:

Figura 5 – Organização dos materiais disponibilizados para a realização das (a) AEI1 e (b) AEI2



Fonte: Acervo da pesquisa.

Concomitantemente à realização dos procedimentos experimentais, os grupos deveriam responder aos questionários de cada atividade investigativa (Apêndice C e D). Nos questionários, os integrantes de cada grupo, deveriam, em conjunto, listar as etapas adotadas na resolução dos problemas e descrevê-las, bem como listar quais recursos tecnológicos utilizaram e explicar como se deu a utilização. Ao término de cada AEI, os grupos deveriam entregar os questionários devidamente preenchidos.

4.4.4 Quarto dia: realização da última atividade investigativa e confecção dos mapas conceituais

As atividades referentes ao quarto dia ocorreram em 29/05/2024. O quarto encontro com os participantes, em seu primeiro momento, foi marcado pela

realização da última atividade investigativa. Os materiais disponibilizados nas bancadas de cada grupo para a realização da AEI3 podem ser consultados no quadro a seguir:

Quadro 13 – Materiais fornecidos para a realização da AEI3

Código da atividade	**Item fornecido**	**Quantidade**
AEI3	Frasco contendo terra de hortênsia	1
	Pisseta com 200 mL de água destilada	1
	Béquer de 250 mL	1
	Espátula	1
	Papel indicador de pH*	3

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
*a embalagem dos papéis indicadores de pH, contendo as colorações para os respectivos valores de pH, ficou sob os cuidados do pesquisador e era fornecida aos grupos quando solicitada.

A maneira como os itens estavam dispostos na bancada de cada grupo pode ser vista na figura a seguir:

Figura 6 – Organização dos materiais disponibilizados para a realização da AEI3

Fonte: Acervo da pesquisa.

Da mesma maneira que nas duas primeiras atividades investigativas, concomitantemente à realização dos procedimentos experimentais, os grupos deveriam responder ao questionário da atividade investigativa em questão (Apêndice E). Neste questionário, os integrantes de cada grupo também deveriam listar os procedimentos adotados na resolução do problema e descrevê-los, bem como listar quais recursos tecnológicos utilizaram e explicar como se deu a utilização. Ao

término de cada AEI, os grupos deveriam entregar o questionário devidamente preenchidos.

Após a realização da AEI3, os participantes, individualmente, confeccionaram seus mapas conceituais. A questão focal, fornecida pelo pesquisador na lousa e que deveria ser respondida pelos estudantes nos mapas, era: “O que eu aprendi durante as atividades do minicurso?”. É válido destacar que, para a confecção dos mapas, foram fornecidas folhas de papel sulfite aos estudantes e estes, por sua vez, podiam utilizar lápis ou caneta.

O término do quarto e último encontro se deu através da aplicação de um questionário de avaliação da metodologia empregada durante as atividades (Apêndice F). Neste questionário, também continha um quadro para que os estudantes refletissem sobre os conteúdos atitudinais que foram trabalhados ao longo das atividades investigativas. Salienta-se que este questionário deveria ser respondido individualmente pelos participantes.

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados coletados, optou-se pela análise de conteúdo proposta por Laurence Bardin (2016). Na visão da autora, a análise de conteúdo pode ser definida como um conjunto de instrumentos metodológicos em constante aperfeiçoamento, capaz de ser aplicado a discursos diversificados. Tais discursos podem ser considerados como conteúdos oriundos de entrevistas, manuais escolares, narrativas de histórias, etc. A referida autora ainda acrescenta que

> [...] a análise de conteúdo oscila entre os dois polos do rigor da objetividade e da fecundidade da subjetividade. Absolve e cauciona o investigador por esta atração pelo escondido, o latente, o não aparente, o potencial de inédito (do não dito), retido por qualquer mensagem. (Bardin, 2016, p. 15).

Várias são as técnicas de análise de conteúdo, tais como: análise categorial, análise da avaliação, análise da enunciação, análise proposicional do discurso, análise da expressão e análise das relações. Dentre essas técnicas, a mais utilizada é a análise categorial, que sugere o desdobramento do *corpus*[8] de análise em

[8]*Corpus* é o conjunto dos documentos tidos em conta para ser submetidos aos procedimentos analíticos (Bardin, 2016, p. 126).

categorias que possibilitem a classificação dos elementos de significado das mensagens contidas (Bardin, 2016).

Segundo Bardin (2016, p. 147), “as categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos [...] sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão das características comuns destes elementos”. A autora enfatiza que para a criação de categorias, pode-se levar em consideração os critérios semântico, sintático, léxico ou expressivo. Salienta-se que neste trabalho, optou-se pela análise categorial, conhecida também como análise por categorias.

O método de análise de conteúdo se organiza em três etapas, sendo elas: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados com a inferência e interpretação (Bardin, 2016). Todas essas etapas serão explicadas a seguir, bem como o processo de elaboração das categorias pela análise dos dados deste presente estudo.

4.5.1 Pré-análise

A pré-análise é considerada a fase de organização da análise e tem como objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais. Bardin (2016) relata que, geralmente, esta primeira fase possui três grandes propósitos: a escolha dos documentos que serão submetidos à análise, a formulação de hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores capazes de fundamentar a interpretação final. Ainda, a autora destaca que os três propósitos não devem ser contemplados obrigatoriamente em ordem cronológica, mas sim, devem se manter estritamente relacionados.

Nesta fase, deve-se, no primeiro momento, estabelecer contato com os documentos que serão analisados, a fim de o pesquisador conhecê-los e deixar ser invadido por impressões. Bardin (2016) atribui a esta atividade o termo “leitura flutuante” e enfatiza que a leitura se torna mais precisa à medida que o investigador a realiza com frequência e gradativamente.

Posteriormente à leitura flutuante, Bardin (2016) propõe a delimitação dos documentos de análise, ou seja, a escolha dos documentos que realmente serão considerados na análise (*corpus*). Para escolhê-los, quatro regras devem ser seguidas:

a) *Regra da exaustividade*: uma vez definido o *corpus* de análise, é necessário conhecer todos os elementos que o constituí;

b) *Regra da representatividade*: o *corpus* selecionado para a análise deve ser representativo para o tema escolhido na pesquisa;

c) *Regra da homogeneidade*: os documentos retidos para a análise devem ser homogêneos, ou seja, devem obedecer a critérios precisos de escolha e não apresentar muitas singularidades fora dos critérios estabelecidos;

d) *Regra da pertinência*: os documentos selecionados para a análise devem ser adequados no fornecimento das informações, correspondendo aos objetivos que determinam a análise.

Realizada a delimitação do *corpus* de análise, Bardin (2016) sugere a formulação de hipóteses e dos objetivos da análise. A autora define hipótese como "[...] uma afirmação provisória que nos propomos verificar [...], recorrendo aos procedimentos de análise" e objetivo como "[...] a finalidade geral a que nos propomos [...], no qual os resultados obtidos serão utilizados" (Bardin, 2016, p. 128). Além disso, os objetivos geralmente estão relacionados com o referencial teórico da pesquisa.

Como última etapa da pré-análise, Bardin (2016) propõe a preparação do material de análise. Este procedimento consiste na organização dos dados pelo analista, como por exemplo: em casos de entrevistas, suas gravações devem ser transcritas na íntegra e os áudios devem ser guardados para eventuais consultas. Dessa forma, a preparação do material pode ir desde o alinhamento dos enunciados até a sua transformação e organização em unidades que possuam significados semelhantes, que, por sua vez, contribuirão na padronização e na classificação dos dados analisados (Bardin, 2016).

4.5.2 Exploração do material

A segunda etapa da análise de conteúdo consiste na exploração do *corpus* selecionado. Bardin (2016, p. 131) afirma que "se as diferentes operações da pré-análise forem convenientemente concluídas, a fase de análise propriamente dita não é mais do que a aplicação sistemática das decisões tomadas". Em síntese, a fase de exploração do material consiste na aplicação das decisões tomadas pelo investigador durante a primeira etapa da análise.

Segundo Bardin (2016), esta segunda fase é longa e cansativa, uma vez que são efetuadas operações de codificação, decomposição ou enumeração, conforme as regras previamente estabelecidas. A codificação é o processo no qual os dados brutos são transformados em representações expressivas de seu conteúdo. A autora supracitada enfatiza que esse procedimento se organiza em três etapas: o recorte, a enumeração e a classificação e a agregação em torno das categorias.

No recorte ocorre a escolha das unidades de registro e de contexto, de modo que contemplem as características do material e os objetivos da análise. Unidade de registro (UR) corresponde aos elementos considerados base, objetivando sua contagem frequencial e a categorização. A UR pode ser de natureza variável, como por exemplo, o tema, palavras ou frases que aparecem com maior frequência no *corpus* (Bardin, 2016).

A unidade de contexto (UC) deve servir como unidade de compreensão para codificar a UR. Em outras palavras, UC corresponde aos segmentos da mensagem, cujas dimensões são superiores às da UR para que seja possível compreender os seus significados. Bardin (2016) destaca que a UC pode ser, por exemplo, a frase, quando se adota a palavra como UR, e o parágrafo, quando se adota o tema como UR. Cabe salientar que a UC também pode ser considerada como sendo o contexto de uma questão presente em um questionário, por exemplo.

A etapa de enumeração corresponde à maneira como as UR são contabilizadas. A contagem dessas unidades pode ser feita através da consideração de uma frequência simples ou de uma medida frequencial. A frequência simples corresponde à quantidade de vezes em que aparece a UR e pode-se atribuir uma importância conforme o número de aparição considerando que, quanto mais citada, mais importante é. Já na medida frequencial, o pesquisador deve considerar que todas as aparições possuem o mesmo peso, ou seja, a mesma importância (Bardin, 2016). Neste presente estudo, utilizou-se a frequência simples, expressa em números de aparições das UR e em porcentagem corresponde à totalidade da amostra.

Por fim, a agregação em torno de categorias compreende a classificação das UR, conforme seus significados e critérios estabelecidos em momento anterior. Para tanto, escolhe-se um título genérico e agrupam-se os elementos com características comuns em suas respectivas categorias. Bardin (2016, p. 149) salienta que “um bom

analista será [...] alguém cuja capacidade de categorizar – em função de um material sempre renovado e de teorias evolutivas – está desenvolvida".

As categorias podem ser criadas em momento anterior à análise, bem como podem ser elaboradas após a análise (Bardin, 2016). Às categorias criadas anteriormente à análise atribui-se o termo "categorias a priori" e às criadas após a análise, o termo "categorias a posteriori". Destaca-se que, segundo Bardin (2016) uma boa categoria é aquela que ocasiona a exclusão mútua, ou seja, delimita que cada elemento não exista em mais de uma divisão. Além disso, apresenta pertinência ao material de análise escolhido e pertence ao quadro teórico escolhido.

4.5.3 Tratamento dos resultados, inferência e interpretação

A última fase da análise de conteúdo consiste na proposição de inferências e interpretações, por parte do pesquisador, considerando os resultados previamente tratados (Bardin, 2016). Salienta-se que inferir refere-se à capacidade de se chegar a uma conclusão com base nas informações disponíveis e discutidas.

Segundo Bardin (2016), a análise de conteúdo se constitui como um bom instrumento de indução para investigar as causas de um determinado problema a partir dos seus efeitos, ou seja, dos indicadores. Tal afirmação fortalece a usabilidade deste método que, por sua vez, conforme descrito anteriormente, propõe etapas rígidas de análise que direcionam o investigador à obtenção de respostas para os seus questionamentos.

4.5.4 Elaboração das categorias de análise

Esta seção se dedica a apresentação do processo de criação das categorias a partir da análise de conteúdo dos dados coletados. Para tanto, será apresentado o processo de criação das categoriais de uma pergunta do primeiro questionário e das entrevistas realizadas com os representantes de cada grupo. Salienta-se que no primeiro questionário obtiveram-se vinte e uma respostas, número correspondente ao total de participantes da pesquisa. Já as entrevistas foram realizadas com quatro estudantes, um representante por grupo.

Para seguir os padrões éticos de pesquisas realizadas com seres humanos, optou-se por identificar os estudantes a partir de nomes de elementos químicos. Os

integrantes do grupo 1 foram identificados com os nomes dos elementos químicos da família 1A da tabela periódica e assim sucessivamente.

A primeira pergunta do questionário inicial, selecionada para exemplificação, continha a seguinte estrutura: “defina o que é um ácido”. Para a categorização das respostas obtidas, optou-se por adotar as palavras mais frequentes nas respostas como UR e o próprio tema da pergunta como UC. A partir das “sete caixinhas” criadas pelo pesquisador, correspondentes às UR selecionadas, foi possível criar sete categorias, atribuindo diferentes nomenclaturas a elas. A categorização para essa pergunta pode ser visto a seguir:

Quadro 14 – Categorização realizada para a primeira pergunta do questionário inicial

Unidade de Contexto	**Categorias**	**Frequência(%)**	**Unidade de Registro**
Definição de ácido	Presença de íon H^+ e pH inferior a 7	7 (33,3%)	H^+, abaixo, menor e sete
	Substância que libera H^+ em meio aquoso	5 (23,8%)	Substância, libera H^+, aquoso e ionização
	Substância que doa prótons	2 (9,5%)	Doa e prótons
	Substância com pH elevado	3 (14,3%)	pH e elevado
	Substância representada por H^+ e com pH diferente de 7	1 (4,8%)	Diferente, representados e H^+
	Líquido capaz de derreter tudo o que entra em contato	1 (4,8%)	Líquido, derreter e toca
	Indefinido	2 (9,5%)	Não

Fonte: Acervo da pesquisa.

Todas as categorias apresentadas no quadro anterior foram criadas segundo as concepções sobre ácido, demonstradas nas respostas dos estudantes. A interpretação das duas primeiras categorias pode ser tida como: (i) sete estudantes

(ou 33,3% dos participantes) acreditam que ácidos são substâncias em que há a presença de íon hidrogênio e possuem pH inferior a 7 e (ii) cinco estudantes (ou 23,8% dos participantes) acreditam que ácido é uma substância que apenas libera íons hidrogênio em meio aquoso.

O processo de análise das entrevistas se deu com o auxílio do *software* Iramuteq (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*). Souza *et al.* (2018) afirmam que esse tipo de ferramenta, capaz de realizar análises qualitativas, permite uma melhor organização dos dados, bem como facilita a localização dos segmentos de texto que melhor representam as temáticas presentes no *corpus* analisado. Outrossim, Bardin (2016) defende o uso de *softwares* para a análise de conteúdo.

No *software* optou-se pela análise denominada Classificação Hierárquica Descendente (CHD). Ao selecionar essa análise, o Iramuteq realiza uma classificação dos vocábulos e busca por relações entre eles através do cálculo de frequência em que aparecem e da interligação entre as temáticas (Souza *et al.*, 2018). Silva, Santos e Gibin (2024) explicam que o *software* decompõe o *corpus* em segmentos de texto menores e os associa por meio da coexistência de palavras, resultando na elaboração de uma figura denominada dendograma. Os autores ainda enfatizam que o dendograma, quando associado à reflexão dos pesquisadores sobre os seguimentos de texto, proporciona a compreensão dos significados atribuídos pelos participantes a cada temática e como elas se relacionam.

> A figura elaborada pelo *software*, denominada dendograma de CHD, esquematiza a decomposição do *corpus* nas principais temáticas do texto, as quais são denominadas classes. Além disso, por meio dessa separação realizada, o pesquisador analisa a decomposição do texto e as características de cada classe a fim de compreender o conteúdo analisado de modo aprofundado. (Silva; Santos; Gibin, 2024, p. 10).

Para este estudo, o *corpus* foi composto pelo conteúdo oriundo das entrevistas realizadas com os integrantes de cada grupo, ou seja, o *corpus* de análise adotado foi a transcrição das quatro entrevistas[9], das quais o pesquisador objetivava melhor compreender a forma como os grupos utilizaram as TD durante as atividades investigativas. Ao submeter as transcrições à análise pelo Iramuteq, o

[9] Link de acesso às transcrições das entrevistas: https://drive.google.com/file/d/1kfNdq3lRRdWXnKuCVypqHmlowTLX_QzB/view?usp=sharing

software gerou um dendograma de CHD com sete classes (Figura 8). Salienta-se que o Iramuteq também fornece a frequência de cada classe e as palavras que compõem cada classe, organizadas conforme a frequência de aparição: as primeiras palavras de cada classe são as que surgiram com maior frequência nos seguimentos de texto, enquanto as palavras dispostas mais abaixo, são as que surgiram com menor frequência.

Figura 7 – Dendograma de CHD gerado pelo Iramuteq

Fonte: Acervo da pesquisa.

Com o dendograma fornecido pelo *software*, coube ao pesquisador selecionar os termos mais relevantes em sua concepção e buscar as falas em que esses termos apareciam. A busca pelas falas foi realizada por meio do Iramuteq, uma vez que permite ao pesquisador clicar sobre a palavra e ter acesso à fala dos entrevistados em que ela está presente. Para a categorização, o pesquisador optou em adotar as classes como UC e as palavras mais relevantes de cada classe como UR.

Em nível de exemplificação, o pesquisador selecionou as seguintes palavras da classe 3 para adotá-las como UR: Google, ChatGPT e usar. Ao buscar pelas falas em que essas palavras surgiram, encontrou-se as seguintes afirmações:

> **Lítio (representante do grupo 1):** Isso. A gente pesquisava no YouTube ou às vezes a gente ia no Google mesmo, que nem na experiência da flor, a gente perguntou de cada cor qual era o pH e tal.
>
> **Berílio (representante do grupo 2):**A gente usou principalmente o Google e o ChatGPT mesmo.

Encontradas as falas, tornou-se possível ao pesquisador, nomear a UC. Cabe salientar que, somente com a seleção das palavras mais relevantes, busca pelas falas em que as palavras estavam presentes, atribuição de nome à UC, é que foi possível criar as categorias. O quadro a seguir exemplifica as categorias resultantes desse processo de análise para a classe 3:

Quadro 15 – Categorização realizada para a classe 3 presente no dendograma de CHD

Classe	**Unidade de Contexto**	**Categorias a partir da análise do dendograma**	**Unidade de Registro**
3	*Softwares* e aplicativos utilizados durante as atividades investigativas	Buscador	Google e usar
		Inteligência artificial	ChatGPT e usar

Fonte: Acervo da pesquisa.

A interpretação das duas categorias pode ser tida como: (i) os estudantes utilizaram o Google como um buscador, ou seja, como fonte de pesquisa durante a realização das atividades investigativas e (ii) também utilizaram o ChatGPT como IA durante a realização das investigações. Nota-se, portanto, que a UC composta por essas duas categorias, aborda os *softwares* e aplicativos que os estudantes adotaram durante as atividades investigativas.

A discussão completa sobre os dados utilizados como exemplo de análise nesta seção, bem como dos demais dados, oriundos dos outros instrumentos de coleta de dados, será a apresentada no capítulo 5 (resultados e discussão).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa. Salienta-se que para a coleta de dados foram utilizados questionários, mapas conceituais e entrevistas semiestruturadas. Outrossim, foram consideradas as respostas dos 21 estudantes participantes das atividades.

5.1 QUESTIONÁRIO INICIAL

5.1.1 Parte 1 – Conhecimentos prévios sobre ácidos e bases

Segundo Ausubel (1963, 1968, 2000), é necessário que o professor conheça os conhecimentos prévios presentes nas estruturas cognitivas de seus estudantes. A ênfase que o autor atribui a essa necessidade deve-se ao fato de que os conhecimentos prévios relevantes, também chamados de subsunçores, são aqueles que atuarão como âncoras para o novo conhecimento. Cabe salientar que o docente, tendo conhecimento dos subsunçores que seus estudantes possuem, consegue elaborar melhor um melhor planejamento em termos de quais estratégias de ensino irá utilizar para que eles apresentem indícios de uma aprendizagem significativa das novas informações que lhe serão apresentadas.

Neste sentido, o primeiro questionário objetivava levantar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos ácidos e das bases, assuntos estes que seriam discutidos em momentos posteriores à aplicação do questionário inicial. As respostas das seguintes perguntas foram selecionadas para serem submetidas à análise de conteúdo: “1. Defina o que é um ácido”; “2. Defina o que é uma base”; “6. Registre abaixo o que você entende quando faz uma leitura de um valor de pH” e “7. O que vem a sua mente quando se fala que uma substância possui valor de pH elevado?”. Ressalta-se que os procedimentos adotados para a categorização da primeira questão, foram descritos na seção 4.5.4 e que para as demais questões, foram adotados os mesmos procedimentos.

O quadro 15 contém os resultados de análise das questões mencionadas acima. No quadro, constam as UC, as categorias criadas, a frequência de cada categoria e as UR.

Quadro 16 – Conhecimentos prévios sobre ácidos e bases

Unidade de Contexto	**Categorias**	**Frequência(%)**	**Unidade de Registro**
Definição de ácido	Presença de íon H^+e pH inferior a 7	7 (33,3%)	H^+, abaixo, menor e sete
	Substância que libera H^+ em meio aquoso	5 (23,8%)	Substância, libera H^+, aquoso e ionização
	Substância que doa prótons	2 (9,5%)	Doa e prótons
	Substância com pH elevado	3 (14,3%)	pH e elevado
	Substância representada por H^+ e com pH diferente de 7	1 (4,8%)	Diferente, representados e H^+
	Líquido capaz de derreter tudo o que entra em contato	1 (4,8%)	Líquido, derreter e toca
	Indefinido	2 (9,5%)	Não
Definição de base	Presença de íon OH^- e pH superior a 7	5 (23,8%)	OH^-, maior e sete
	Substância que libera OH^- em meio aquoso	2 (9,5%)	Substância, aquoso, libera e OH^-
	Substância que recebe prótons	4 (19,0%)	Recebe e prótons
	Substância que contém hidroxila em sua composição	1(4,8%)	Hidroxila e composição
	Substância representada por	1(4,8%)	Diferente, representadas e

	OH^- e com pH diferente de 7		OH^-
	Substância que se dissocia em contato com a água e pode ser solúvel	1(4,8%)	Contato, água, dissociação e solúvel
	Aquilo que confere sustentação	1 (4,8%)	Sustentação
	Indefinido	6 (28,5%)	Não
Entendimento sobre o que é o valor de pH	Nível de acidez de uma substância	6 (28,5%)	Nível, acidez e substância
	Definição correta de ácido e base	7 (33,3%)	Menor, sete, ácido, maior, básico, igual e neutro
	Definição incorreta de ácido e base	1 (4,8%)	Abaixo, sete, básico, acima e ácido
	Relação com neutralização	1 (4,8%)	Relacionado e neutralização
	Valor que indica a segurança para consumo de uma substância	1 (4,8%)	Seguro, consumo, contato, shampoo e cosméticos
	Não apresentado	5 (23,8%)	Não
Entendimento sobre substância com valor de pH elevado	Substância com caráter básico	12 (57,1%)	Substância, básica e base
	Substância com caráter ácido	5 (23,8%)	Substância, caráter e ácido
	Necessidade de compreensão sobre o grau de nocividade da	1 (4,8%)	Cuidado, substância e nocividade

	substância		
	Não apresentado	3 (14,3%)	Não

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A UC oriunda da primeira questão foi denominada “Definição de ácido”. Com base nas UR relacionadas a esta UC, sete categorias de análise foram criadas. A primeira categoria, denominada de “Presença de íon H^+ e pH inferior a 7”, teve como UR os termos “H^+, abaixo, menor e sete” e 33,3% de frequência, o que corresponde às respostas de 7 estudantes. A segunda categoria, “Substância que libera H^+ em meio aquoso”, teve como UR os termos “substância, libera H^+, aquoso e ionização” e 23,8% de frequência (5 estudantes).

Já a terceira categoria, “Substância que doa prótons”, apresentou como UR os termos “doa e prótons” e obteve uma frequência de 9,5%, equivalente às respostas de 2 estudantes. A quarta categoria, denominada “Substância com pH elevado”, teve como UR os termos “pH e elevado” e 14,3% de frequência (3 estudantes). A quinta e a sexta categoria apresentaram a mesma frequência de 4,8%, equivalente às respostas de apenas um estudante. As UR da quinta categoria foram “diferente, representados e H^+” e da sexta categoria foram “líquido, derreter e toca”. A última categoria foi denominada como “Indefinido” e teve como UR o termo “não” e uma frequência de 9,5%, correspondente às respostas de dois estudantes.

Dentre as categorias com maior frequência estão as duas primeiras apresentadas no quadro. Através das UR das duas categorias citadas, pode-se obter as seguintes interpretações: (i) sete estudantes acreditam que ácidos são substâncias que em sua composição existem íons hidrogênio e que apresentam pH inferior a 7 e (ii) cinco estudantes acreditam que ácidos são substâncias que liberam íon hidrogênio quando em meio aquoso.

As interpretações mencionadas se alinham à definição de ácido proposta por Atkins, Jones e Laverman (2018), que relatam que o químico sueco Svante Arrhenius descreveu ácido como um composto contendo hidrogênio que reage com água para formar íons hidrogênio. Com isso, os 12 estudantes que tiveram suas respostas contidas nesta categoria, possuíam subsunçores semelhantes ao conceito científico.

A terceira categoria, “Substância que doa prótons”, quando somada às UR que a constituem, permite inferir que apenas dois estudantes possuem em suas

estruturas cognitivas que ácidos são substâncias que doam prótons. Esta definição aproxima-se daquela proposta por Johannes Brønsted e Thomas Lowry. Atkins, Jones e Laverman (2018) relatam que a definição de Brønsted-Lowry para ácidos é que um ácido é um doador de prótons. Com isso, percebe-se que os 14 estudantes (66,6%), que tiveram suas respostas inseridas nas três primeiras categorias, continham concepções corretas acerca da definição de ácidos.

Os dados das categorias “Substância com pH elevado” e “Substância representada por H^+ e com pH diferente de 7” indicam que quatro estudantes buscaram definir ácido com base no valor de pH que apresentam. Embora esses estudantes apresentaram definições diferentes dos demais, eles não especificaram se os ácidos possuem valor de pH acima ou abaixo de 7, evidenciando uma possível confusão em relação ao tema. A definição de ácido em relação ao seu valor de pH é: soluções ácidas apresentam valor de pH abaixo de 7 (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

A interpretação da sexta categoria está explícita no próprio título atribuído à categoria em questão. A concepção do único estudante, que teve sua resposta participante desta categoria, assemelha-se à concepção de alguns participantes dos estudos conduzidos por Oliveira (2008) e Lima (2019). Segundo os autores, ao levantar os conhecimentos prévios dos participantes sobre ácidos, foi possível constatar que os estudantes atribuíram características aos ácidos como sendo algo ruim. Oliveira (2008) pôde inferir isso, uma vez que dentre as respostas houve uma definição de que ácido é uma substância que derrete algo, enquanto nas respostas coletadas por Lima (2019) surgiram os adjetivos “ruim” e “corrosivo”.

A UC proveniente da segunda questão foi denominada “Definição de base”. Considerando as UR relacionadas a esta UC, oito categorias de análise foram criadas. A primeira categoria, denominada de “Presença de íon OH^- e pH superior a 7”, teve como UR os termos “OH^-, maior e sete” e frequência de 23,8%, correspondente às respostas de 5 estudantes. A segunda categoria, “Substância que libera OH^- em meio aquoso”, teve como UR os termos “substância, aquoso, libera e OH^-“, bem como uma frequência de 9,5% relacionada às respostas de 2 participantes.

Já a terceira categoria, denominada de “Substância que recebe prótons”, teve como UR as palavras “recebe e prótons” e uma frequência de 19,0% (4 estudantes). A quarta, quinta, sexta e sétima categorias obtiveram uma mesma frequência de

4,8%, relacionada às respostas de apenas um estudante para cada categoria. Os títulos atribuídos a essas categorias são, consecutivamente: “Substância que contém hidroxila em sua composição”, “Substância representada por OH^- e com pH diferente de 7”, “Substância que se dissocia em contato com a água e pode ser solúvel” e “Aquilo que confere sustentação”. Já as UR selecionadas para esses categorias são, consecutivamente: “hidroxila e composição”; “diferente, representadas e OH^-“; “contato, água, dissociação e solúvel” e “sustentação”.

Segundo Atkins, Jones e Laverman (2018), Arrhenius definiu base como um composto que gera íons hidróxido (ou hidroxila) em água, enquanto Brønsted-Lowry definiram base como uma substância que aceita prótons. Em termos de valores de pH, Atkins, Jones e Laverman (2018) relatam que as bases, quando em soluções aquosas, apresentam valores acima de 7. Considerando essas definições e as categorias emergentes da análise, nota-se que os dados das quatro primeiras categorias se aproximam das definições apresentadas por Atkins, Jones e Laverman (2018).

Assim como Lima (2019) buscou levantar os conhecimentos prévios sobre ácidos, o autor também realizou o levantamento das ideias dos participantes de seu estudo sobre as bases. Dentre as respostas que obteve, algumas relacionavam as bases às substâncias que possuem átomos de hidrogênio e oxigênio em sua composição, referindo-se à presença de íons OH^- (hidroxila). Esses dados assemelham-se aos apresentados na primeira, segunda, quarta e quinta categorias da UC sobre as bases, discutidas acima.

Os dados das últimas quatro categorias evidenciam certa confusão dos estudantes em relação à definição de bases. Nota-se que, semelhantemente ao caso de algumas categorias da primeira UC, parte dos estudantes buscou definir bases considerando os valores de pH, todavia, não especificaram se os valores devem ser acima ou abaixo de 7. Salienta-se que o mesmo foi constatado por Oliveira (2008). A autora relata que alguns estudantes participantes de seu estudo buscaram definir as bases ora como substâncias com valores altos de pH, ora como substâncias com valores baixos de pH, sem especificar se esses valores estariam acima ou abaixo de 7.

Através dos dados da sexta e sétima categoria da UC sobre bases, nota-se que houve uma tentativa de definição considerando a solubilidade das bases em água e uma tentativa que considerou base como sendo algo que confere

sustentação. Percebe-se que esta última definição foge dos princípios químicos e que, diferentemente da UC relacionada aos ácidos, a UC que se tratava das bases obteve um percentual considerável (28,5%) na categoria “Indefinido”. Cabe ressaltar que em seu trabalho, Lima (2017) também constatou que alguns estudantes relacionaram base àquilo que confere sustentação a algo.

A análise de conteúdo da questão “6. Registre abaixo o que você entende quando faz uma leitura de um valor de pH” resultou na criação de seis categorias pertencentes à UC intitulada de “Entendimento sobre o que é o valor de pH”. A primeira categoria dessa UC foi denominada de “Nível de acidez de uma substância”, teve uma frequência de 28,5% das respostas (6 estudantes) e os seguintes termos como UR: “nível, acidez e substância”. A segunda categoria, “Definição correta de ácido e base”, teve uma frequência de 33,3%, relacionada às respostas de sete participantes, e como UR os termos “menor, sete, ácido, mais, básico, igual e neutro”.

Já a terceira, quarta e quinta categorias, obtiveram o mesmo percentual de frequência (4,8%), valor este, relacionado às respostas de um estudante para cada categoria. As nomenclaturas atribuídas a essas categorias são, consecutivamente: “definição incorreta de ácido e base”, “relação com neutralização” e “valor que indica a segurança para consumo de uma substância”. As UR dessas categorias são, consecutivamente: “abaixo, sete, básico, acima e ácido”; “relacionado e neutralização” e “seguro, consumo, contato, shampoo e cosméticos”. Por fim, a última categoria foi nomeada como “Não apresentado” e obteve uma frequência de 23,8% (5 estudantes). Salienta-se que a UR adotada para a última categoria foi a palavra “não”.

Dentre as categorias com maior frequência nessa UC, estão as duas primeiras. Através das UR das duas categorias, pode-se obter as seguintes interpretações: (i) o valor de pH indica o nível de acidez de uma substância e (ii) o valor de pH está diretamente relacionado com as definições corretas de ácidos e bases. Os dados dessas categorias aproximam-se das definições apresentadas por Atkins, Jones e Laverman (2018). Conforme expressam os autores, o pH está relacionado à concentração de íons hidrogênio em uma solução, ou seja, ao nível de acidez de uma solução. Outrossim, conforme visto anteriormente na discussão sobre a UC “Definição de ácido”, os valores de pH estão diretamente relacionados à

definição de ácidos e bases: soluções com pH abaixo de sete são ácidas e com pH acima de sete são básicas (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

Cabe salientar que os dados das duas categorias mais frequentes, citadas no parágrafo anterior, corroboram com os dados obtidos no estudo conduzido por Araújo *et al.* (2022). Os autores, ao levantar as concepções prévias dos estudantes participantes sobre o que é pH, constataram que alguns estudantes acreditam que o pH está relacionado com o nível de acidez e alcalinidade das soluções. Além disso, dentre as respostas dos participantes, continham que o pH é responsável por indicar se uma solução é ácida, neutra ou básica (Araújo *et al.*, 2022).

Na terceira categoria, “Definição incorreta de ácido e base”, as UR contidas na resposta de um estudante, indicaram que este, por sua vez, atribuiu as definições incorretas ao valor de pH. Para este único estudante, soluções ácidas possuem pH acima de 7 e soluções básicas possuem pH abaixo de 7. A quarta categoria indica que apenas um estudante relacionou valor de pH à neutralização, todavia, ao observar a resposta completa do estudante, nota-se que esta não possuí fundamentos: “pH está relacionado com neutralização, número 7” (Silício).

Ainda se tratando sobre as categorias pertencentes à UC “Entendimento sobre o que é o valor de pH”, nota-se que a penúltima categoria, “Valor que indica a segurança para consumo de uma substância”, acomodou a resposta de apenas um estudante. Ao se interpretar as UR dessa categoria, percebe-se que o estudante acredita que o valor de pH indica o grau de segurança do consumo de produtos como *shampoo* e cosméticos.

No estudo de Araújo *et al.* (2022), os autores detectaram que um participante afirmou que é necessário ter conhecimento sobre os valores de pH dos cosméticos para saber como o produto irá reagir com a pele. De maneira indireta, este participante do estudo de Araújo *et al.* (2022) também atribuiu ao valor de pH, a condição de segurança do consumo dos cosméticos, corroborando com os dados obtidos nesta categoria deste presente estudo. Ressalta-se que cinco estudantes (23,8%) não souberam explicar o que entendem sobre o valor de pH.

Por fim, a análise de conteúdo da questão “7. O que vem a sua mente quando se fala que uma substância possui valor de pH elevado?” resultou na elaboração de quatro categorias que, por sua vez, pertenciam à UC denominada de “Entendimento sobre substância com valor de pH elevado”. A primeira categoria dessa UC foi nomeada como “Substância com caráter básico” e obteve uma frequência de 57,1%,

valor este, relacionado às respostas de 12 estudantes. Os termos selecionados como UR para essa categoria foram “substância, básica e base”. A segunda categoria, “Substância com caráter ácido”, teve uma frequência de 23,8% das respostas (5 estudantes) e os seguintes termos como UR: “substância, caráter e ácido”.

Cabe destacar que as duas categorias citadas anteriormente, receberam os maiores percentuais de frequência. As UR selecionadas, quando somada às nomenclaturas atribuídas às categorias, indicam que 57,1% dos estudantes acreditam que substâncias com valor de pH elevado possuem caráter básico e que 23,8% dos participantes reconhecem que tais substâncias possuem caráter ácido. Nota-se, portanto, que os 12 estudantes correspondentes ao maior percentual, possuem concepções corretas, enquanto 5 estudantes apresentam concepções incorretas sobre substâncias com valores de pH elevados. Considerando que substâncias com pH elevados são aquelas que possuem pH acima de 7, deve-se classificá-las como básicas (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

A terceira categoria, pertencente à UC que abordava sobre o entendimento de substâncias com valor de pH elevados, foi nomeada como “Necessidade de compreensão sobre o grau de nocividade da substância”. Esta categoria apresentou uma frequência de 4,8%, relacionada à resposta de apenas um estudante, e as UR selecionadas foram “cuidado, substância e nocividade”. A seguir, é apresentada a resposta analisada e classificada nesta categoria: “Que se deve ter cuidado e tentar entender qual substância é e seu grau de nocividade” (Carbono).

Percebe-se que há semelhanças entre os resultados dessa categoria com os resultados apresentados na categoria “valor que indica a segurança para consumo de uma substância”, constituinte da UC “Entendimento sobre o que é o valor de pH”, uma vez que o mesmo participante tornou a relacionar os valores de pH com o grau de segurança e nocividade das substâncias. Dessa maneira, os dados da categoria aqui discutidos tornam a aproximar-se dos dados obtidos por Araújo *et al.* (2022), já apresentados nas discussões realizadas anteriormente.

Por fim, a quarta categoria foi nomeada como “Não apresentado” e teve uma frequência de 14,3%, relacionada às respostas de três estudantes. O termo selecionado como UR foi “não”. Em síntese, três participantes não souberam responder à pergunta, evidenciando dificuldades sobre o entendimento de substâncias com valores de pH elevados. Salienta-se que, possivelmente, os três

estudantes pertencentes a esta categoria, também estavam inseridos na categoria “Não apresentado”, da UC “Entendimento sobre o que é o valor de pH”.

As discussões aqui realizadas evidenciam que os estudantes participantes do presente estudo, possuíam concepções distintas acerca dos ácidos, bases e, consequentemente, sobre o pH. Dentre as variadas ideias, presentes nas estruturas cognitivas dos participantes, definições corretas de ácidos e bases, bem como interpretações cabíveis sobre valores de pH, fizeram-se presentes. Conforme apresentado na seção sobre a SD, o momento posterior à aplicação do questionário inicial foi marcado pela aula teórica sobre a temática. Salienta-se que o pesquisador se preocupou em abordar as concepções prévias dos estudantes, oriundas do questionário, durante a aula teórica.

5.1.2 Parte 2 – Conhecendo os conteúdos atitudinais dos estudantes antes das atividades investigativas

Considerando que tratar os conhecimentos prévios dos aprendizes apenas como conceituais limita o entendimento sobre os subsunçores, é essencial reconhecê-los como importantes para a aprendizagem de conteúdos atitudinais (Pozo, 1998; Moreira, 2011; Frasson; Laburú; Zompero, 2019). Neste sentido, além de levantar os conhecimentos prévios conceituais, fez-se necessário identificar os subsunçores com caráter atitudinal dos aprendizes.

A tabela 1 contém os resultados de análise dos conteúdos atitudinais prévios dos participantes da pesquisa. Na tabela, constam as percepções dos estudantes sobre os conteúdos atitudinais avaliados, bem como a quantidade de respostas por grau de afirmação.

Tabela 1 – Percepções dos estudantes sobre seus conteúdos atitudinais anteriormente à realização das atividades investigativas

Conteúdos atitudinais	**Quantidade de respostas**			
	Discordo totalmente	**Discordo parcialmente**	**Concordo parcialmente**	**Concordo totalmente**
Trabalho em equipe		3	8	10
Consideração das opiniões dos colegas		2	9	10
Organização	1	3	7	10

frente à resolução de problemas				
Liderança de grupos	2	5	9	5
Dificuldade em mudar de opinião	1	8	8	4
Utilização da tecnologia para aprender Química	3	7	6	5

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O primeiro conteúdo atitudinal avaliado foi a facilidade de trabalho em equipe. Dez participantes selecionaram o grau de concordância “concordo totalmente” para esta atitude, enquanto oito optaram por “concordo parcialmente” e três por “discordo parcialmente”. Nenhum estudante selecionou o grau de afirmação “discordo totalmente”. Ressalta-se que a frase de afirmação na qual os participantes tinham que atribuir um grau de concordância era “eu sei trabalhar em equipe”. Os dados de avaliação deste aspecto evidenciam que mais da metade dos estudantes afirmavam saber trabalhar em equipe, antes da aplicação das atividades investigativas.

A segunda frase de afirmação na qual os estudantes deviam atribuir um grau de concordância era “eu levo em consideração as opiniões dos meus colegas”. Assim, o conteúdo atitudinal avaliado diz respeito à consideração das opiniões distintas dos demais colegas. Dez estudantes selecionaram o grau de concordância “concordo totalmente”, enquanto nove optaram por “concordo parcialmente” e três por “discordo parcialmente”. Assim como no primeiro aspecto avaliado, percebe-se que a grande maioria dos participantes julgou ter condições de considerar as ideias dos demais colegas.

A frase de afirmação “eu sou uma pessoa organizada frente a um problema para resolver”, fazia relação com o conteúdo atitudinal “organização frente à resolução de problemas”. Dez participantes atribuíram o grau de concordância “concordo totalmente” e sete atribuíram “concordo parcialmente”. Além disso, três estudantes optaram pelo grau “discordo parcialmente” e apenas um optou por “discordo totalmente”. Dentre os aspectos discutidos até o momento, este foi o único a ter uma atribuição ao grau “discordo totalmente”. No geral, nota-se que a maioria dos participantes afirmou ser organizados quando colocados frente a um problema.

O quarto aspecto atitudinal avaliado diz respeito à liderança de grupos. Para tanto, a frase na qual os estudantes deveriam atribuir um grau de concordância era “eu procuro assumir a liderança do grupo quando necessário”. Cinco participantes optaram por “concordo totalmente”, nove optaram por “concordo parcialmente”, enquanto cinco selecionaram “discordo parcialmente” e dois selecionaram “discordo totalmente”. Os dados relacionados a este aspecto evidenciam que sete, dos 21 participantes, julgam não conseguir assumir a liderança de um grupo durante alguma atividade. Todavia, 14 participantes se consideram aptos para liderar uma equipe.

Em seguida, os estudantes deveriam atribuir um grau de concordância para a afirmação “eu sou uma pessoa difícil de mudar de opinião”. Neste sentido, o conteúdo atitudinal avaliado estava relacionado à dificuldade em mudar de opinião sobre as ideias que possuem. Dos 21 participantes, apenas um optou por “concordo totalmente”, enquanto oito selecionaram “concordo parcialmente” e oito optaram por “discordo parcialmente”. Além disso, quatro estudantes escolheram a opção “discordo totalmente”. Os dados evidenciam que mais da metade dos participantes (12 estudantes) acredita não ter dificuldades para mudar de opinião, enquanto nove estudantes julgam ter dificuldades nesse aspecto, o que pode afetar diretamente o trabalho em equipe.

O último conteúdo atitudinal fazia relação ao uso das TD para aprender Química. Em relação à frase de afirmação “eu utilizo a tecnologia para aprender Química”, cinco participantes optaram por “concordo totalmente” e seis por “concordo parcialmente”. O grau de concordância “discordo parcialmente” foi selecionado por sete participantes, enquanto “discordo totalmente” foi selecionado por apenas três. Torna-se evidente que a maioria dos participantes afirma utilizar as tecnologias para aprender Química.

Em síntese, todos os conteúdos atitudinais prévios avaliados receberam, majoritariamente, respostas associadas aos graus de concordância "concordo totalmente" e "concordo parcialmente". Isso evidencia que, de maneira geral, na percepção dos estudantes participantes da pesquisa, eles já possuíam os conteúdos atitudinais avaliados antes mesmo da realização das atividades investigativas.

Cabe salientar que os conteúdos atitudinais "trabalho em equipe", "consideração das opiniões dos colegas", "organização frente à resolução de problemas", "liderança de grupos" e "dificuldade em mudar de opinião" foram

abordados no questionário por estarem relacionados às atitudes desenvolvidas ao longo da realização de atividades com caráter investigativo. Conforme apontam Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015), bem como Oliveira e Gibin (2020), as atividades investigativas, quando realizadas em grupo, exigem que os estudantes trabalhem em equipe de maneira harmoniosa, considerando as opiniões dos integrantes, para que o grupo chegue à resolução do problema proposto.

Outrossim, os mesmos conteúdos atitudinais avaliados e discutidos nesta seção, foram novamente avaliados em momento posterior à realização das três AEI. Os dados serão apresentados na seção 5.6.

5.2 QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1

A fim de analisar os conteúdos procedimentais dos estudantes, concomitantemente às AEI, eles deveriam responder a um questionário no qual listariam as etapas adotadas na resolução do problema proposto. Salienta-se que, além de listá-las, era necessário que os integrantes dos grupos as descrevessem.

No quadro a seguir, contém a quantidade de etapas adotadas por cada grupo, bem como as etapas propriamente ditas, durante a AEI1 denominada “Simulação da chuva ácida”.

Quadro 17 – Etapas adotadas por cada grupo na atividade investigativa 1

Grupo	**Número de etapas para a resolução do problema**	**Etapas realizadas**
1	7	1 Leitura da situação problema; 2 Análise dos itens oferecidos; 3 Montagem de uma estrutura; 4 Fechamento do frasco de vidro; 5 Queima do enxofre adicionado no recipiente de alumínio; 6 Posicionamento da pétala no recipiente de vidro; 7 Espera pelo produto da queima.
2	6	1 Pesquisa sobre o que acontece ao queimar o

		enxofre; 2 Montagem do protótipo de um sistema; 3 Queima do enxofre adicionado ao recipiente de alumínio; 4 Posicionamento da pétala no recipiente de vidro; 5 Observação da mudança de coloração da pétala; 6 Conclusões.
3	6	1 Observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 Pesquisa na internet sobre o que fazer com os materiais disponibilizados; 3 Discussão em grupo sobre a possibilidade de realização do experimento; 4 Montagem de uma estrutura, seguida pela queima do enxofre e posicionamento da pétala; 5 Observação da mudança de coloração da pétala; 6 Conclusões.
4	7	1 Pesquisa e leitura sobre possibilidades de formação de ácidos a partir do enxofre; 2 União do arame com a lata de refrigerante; 3 Encaixe do mecanismo da etapa 2 à tampa do pote de vidro; 4 Posicionamento da pétala no recipiente de alumínio; 5 Queima do enxofre adicionado ao recipiente de alumínio; 6 Observação da união da pétala com o enxofre pegando fogo; 7 Conclusões.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para a resolução do problema proposto na AEI1, o grupo 1 adotou sete etapas, sendo elas: 1 – leitura da situação problema; 2 – análise dos itens oferecidos; 3 – montagem de uma estrutura; 4 – fechamento do frasco de vidro; 5 – queima do enxofre adicionado no recipiente de alumínio; 6 – posicionamento da

pétala no recipiente de vidro e 7 – espera pelo produto da queima. Através das etapas adotadas pelo grupo, percebe-se que os integrantes se preocuparam em avançar progressivamente nas etapas, ou seja, iniciaram a partir de etapas mais simples (leitura do problema e análise dos itens que foram fornecidos) para etapas mais específicas, como por exemplo, a realização da queima do enxofre.

Partindo do pressuposto de que há uma relação entre a TAS de Ausubel com os conteúdos de aprendizagem (Frasson; Laburú; Zompero, 2019), pode-se inferir que nos processos de aprendizagem de conteúdos procedimentais, os processos dinâmicos da estrutura cognitiva “diferenciação progressiva” e “reconciliação integrativa” podem estar relacionados. Com isso, os dados apresentados até o momento, evidenciam que os integrantes do grupo 1, ao realizar a AEI1, conseguiram diferenciar progressivamente as etapas para a resolução do problema proposto.

O segundo grupo adotou seis etapas para resolver o problema proposto na AEI1, conseguindo diferenciá-las de maneira progressiva, bem como reconciliá-las de forma integrativa. As etapas adotadas foram: 1 – pesquisa sobre o que acontece ao queimar o enxofre; 2 – montagem do protótipo de um sistema; 3 – queima do enxofre adicionado ao recipiente de alumínio; 4 – posicionamento da pétala no recipiente de vidro; 5 – observação da mudança de coloração da pétala e 6 – conclusões.

Assim como o primeiro grupo, o grupo 2 também avançou progressivamente pelas etapas, partindo de etapas mais simples para etapas mais complexas, como por exemplo, queima do enxofre e observação da mudança de coloração da pétala. Além disso, o grupo 2 conseguiu realizar a reconciliação integrativa entre as etapas adotadas, uma vez que partiram de um procedimento mais geral (pesquisa sobre o que acontece ao queimar o enxofre) para um mais específico (queima do enxofre) e retornaram a um mais geral (observação da mudança de coloração da pétala ao queimar o enxofre).

Semelhantemente ao grupo 2, o terceiro grupo também adotou seis etapas na AEI1. As etapas são: 1 - observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 - pesquisa na internet sobre o que fazer com os materiais disponibilizados; 3 - discussão em grupo sobre a possibilidade de realização do experimento; 4 - montagem de uma estrutura, seguida pela queima do enxofre e posicionamento da pétala; 5 - observação da mudança de coloração da pétala e 6 -

conclusões. Além da semelhança no que diz respeito à quantidade de etapas adotadas, o grupo 3 também conseguiu diferenciar progressivamente os procedimentos, bem como reconciliá-los. Os integrantes partiram de um procedimento mais geral (observação dos materiais disponibilizados) para um mais específico (queima do enxofre), bem como retornaram para um procedimento mais geral (observação da mudança de coloração da pétala).

Cabe salientar que os integrantes do grupo 3 se preocuparam em realizar uma discussão para chegar a um consenso sobre como iriam realizar o experimento envolvendo o enxofre. Isto evidencia que os estudantes estavam interessados na resolução do problema proposto e os diferencia dos demais grupos, que, embora possam ter realizado discussões, não incorporaram a discussão como uma etapa adotada.

Por fim, o quarto grupo adotou sete etapas, sendo elas: 1 - pesquisa e leitura sobre possibilidades de formação de ácidos a partir do enxofre; 2 - união do arame com a lata de refrigerante; 3 - encaixe do mecanismo da etapa 2 à tampa do pote de vidro; 4 - posicionamento da pétala no recipiente de alumínio; 5 - queima do enxofre adicionado ao recipiente de alumínio; 6 - observação da união da pétala com o enxofre pegando fogo e 7 - conclusões. Da mesma forma que os grupos 2 e 3, o grupo 4 apresentou os procedimentos adotados de maneira progressiva e conseguiram estabelecer relações entre uma etapa mais geral com uma mais específica e retornaram a uma mais geral. O exemplo de reconciliação integrativa das etapas adotadas pelo grupo pode ser: pesquisa e leitura sobre possibilidades de formação de ácidos a partir do enxofre (mais geral), queima do enxofre (mais específica) e observação da união da pétala com o enxofre pegando fogo (mais geral).

Em síntese, todos os grupos realizaram procedimentos de maneira progressiva, ou seja, partiram de etapas mais simples para mais complexas. Além disso, três grupos foram capazes de estabelecer relações entre os procedimentos, realizando uma reconciliação integrativa ao conectar procedimentos mais gerais com os mais específicos, e vice-versa. Assim como na aprendizagem conceitual, a presença desses processos dinâmicos da estrutura cognitiva, pode evidenciar indícios de uma aprendizagem procedimental.

Com isso, a presença da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa entre os procedimentos adotados pelos grupos na resolução do problema

proposto na AEI1, evidencia que os integrantes dos grupos possuem competência para solucionar problemas. Destaca-se que a quantidade de etapas adotadas pelos grupos foi semelhante e que todos os grupos realizaram os procedimentos de montagem de uma estrutura para a queima do enxofre, bem como o posicionamento da pétala, seguido pela queima do enxofre.

No mesmo questionário onde os grupos deveriam elencar as etapas adotadas na resolução do problema, continham duas perguntas: uma relacionada às dificuldades que enfrentaram para resolverem o problema e outra associada à maneira como utilizaram as TD durante a investigação. O enunciado das perguntas, na íntegra, era: “3. Descrevam qual foi a maior dificuldade que vocês tiveram para resolver esse problema” e “4. De que maneira os recursos tecnológicos vos auxiliaram na resolução do problema?”

O quadro 18 contém os resultados de análise das questões mencionadas acima. No quadro, constam as UC, as categorias criadas, a frequência de cada categoria e as UR.

Quadro 18 – Dificuldades e formas de utilização da tecnologia durante a atividade investigativa 1

Unidade de Contexto	**Categoria**	**Frequência(%)**	**Unidade de Registro**
Dificuldade frente à resolução do problema	Organização e consenso entre o grupo	2 (50%)	Organizar, consenso, ideias
	Montagem da estrutura do experimento	1 (25%)	Montar e suporte
	Obtenção de uma quantia adequada de chama para a queima do enxofre	1 (25%)	Quantia, fogo e combustão
Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na	Pesquisas sobre a queima do enxofre	2 (50%)	Celular, Google, pesquisar e enxofre
	Auxílio na utilização dos materiais	1 (25%)	Auxiliou, informações e

resolução do problema	disponibilizados		produto
	Orientação e direcionamento	1 (25%)	Guia e caminho

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A UC oriunda da primeira questão foi denominada “Dificuldade frente à resolução do problema”. Com base nas UR relacionadas a esta UC, três categorias de análise foram criadas. A primeira categoria, denominada de “Organização e consenso entre o grupo”, teve como UR os termos “organizar, consenso e ideias” e 50% de frequência, o que corresponde às respostas de dois grupos. Salienta-se que os dados constituintes dessa categoria se assemelham aos dados obtidos por Barbosa (2022). Após a autora aplicar uma SD pautada nos princípios do EI sobre a temática “Química na Cozinha”, constatou que, dentre as dificuldades elencadas pelos participantes, estava aquela relacionada ao trabalho em grupo.

A segunda categoria, “Montagem da estrutura do experimento”, teve como UR os termos “montar e suporte” e 25% de frequência, relacionada à resposta de apenas um grupo. Os dados relacionados a essa categoria em questão, corroboram com os dados oriundos da pesquisa realizada por Brito *et al.* (2021). Segundo os autores, uma das dificuldades elencadas pelos estudantes participantes da AEI sobre reações químicas inorgânicas, foi o manuseio dos aparatos para a realização dos experimentos.

Por fim, a terceira categoria da UC “Dificuldade frente à resolução do problema”, foi intitulada como “Obtenção de uma quantia adequada de chama para a queima do enxofre”. As UR foram os termos “quantia, fogo e combustão” e a frequência foi de 25%, também relacionada à resposta de apenas um grupo. Em linhas gerais, essa categoria evidencia que os integrantes de um grupo tiveram dificuldades no procedimento da queima do enxofre, uma vez que alegaram não conseguir uma quantidade considerável de chama para realizar a queima.

Através dos percentuais de frequência de cada categoria, percebe-se que as duas últimas categorias apresentaram o mesmo valor, ou seja, 25% de frequência, correspondente às respostas de apenas um grupo. Além disso, nota-se que a primeira categoria (organização e consenso entre o grupo) obteve uma maior frequência, o que permite inferir que os integrantes dos grupos, em sua maioria,

enfrentaram maiores dificuldades para se organizar e chegar a um consenso entre si.

A análise de conteúdo das respostas obtidas na segunda questão resultou na elaboração da UC intitulada “Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema”. Três categorias de análise foram criadas, sendo a primeira nomeada como “Pesquisas sobre a queima do enxofre” e com uma frequência de 50% relacionada às respostas de dois grupos. Cabe salientar que as UR selecionadas para essa categoria foram os termos “celular, Google, pesquisar e enxofre”.

A segunda categoria foi intitulada como “Auxílio na utilização dos materiais disponibilizados”. As UR selecionadas foram os termos “auxiliou, informações e produtos” e a frequência obtida foi de 25%, ou seja, a resposta de apenas um grupo enquadrou-se nessa categoria. A terceira e última categoria foi nomeada de “Orientação e direcionamento” e teve como UR os termos “guia e caminho”. Assim como a segunda categoria, esta também obteve uma frequência de 25% das respostas.

Os dados da UC “Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema”, apresentados em três categorias de análise, elucidam que dois dos quatro grupos utilizaram a tecnologia para realizar pesquisas sobre a queima do enxofre, como, por exemplo, os produtos resultantes da queima. Além disso, os dados esclarecem que os integrantes de um grupo recorreram às TD para obter informações sobre como utilizar os materiais disponibilizados para a realização da AEI1, enquanto outro grupo recorreu às tecnologias para obter orientações sobre o direcionamento a ser seguido para solucionar o problema proposto a partir da experimentação.

Em linhas gerais, nota-se que os quatro grupos recorreram às TD para obter informações que os auxiliassem no entendimento da reação de combustão do enxofre, bem como na utilização dos materiais disponibilizados e nas orientações gerais. Com isso, torna-se evidente que as TD foram utilizadas como ferramentas auxiliares, todavia, seu uso ficou restrito à busca de informações que poderiam ser encontradas em livros didáticos e em textos elaborados pelo próprio professor.

Embora Leite (2022) defenda o uso das tecnologias como ferramentas auxiliares nos processos de ensino e aprendizagem, o autor enfatiza que sua simples incorporação não resulta, por si só, em inovações e melhorias no ensino e

na aprendizagem. Considerando a forma como as TD foram utilizadas pelos grupos durante a AE1, observa-se que sua implementação ocorreu de maneira simplista, o que não gerou inovações, uma vez que, como mencionado anteriormente, as informações poderiam ser acessadas por meio de livros ou textos didáticos.

5.3 QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2

No quadro a seguir, contém a quantidade de etapas adotadas por grupo, bem como as etapas propriamente ditas, durante a AEI2 denominada “Variação do pH em água mineral gaseificada”.

Quadro 19 – Etapas adotadas pelos grupos na atividade investigativa 2

Grupo	**Número de etapas para a resolução do problema**	**Etapas realizadas**
1	5	1 Leitura da situação problema; 2 Análise dos itens oferecidos; 3 Montagem de uma estrutura; 4 Espera pelo processo; 5 Observação da mudança de coloração.
2	4	1 Consulta ao slide utilizado pelo professor na aula teórica sobre ácidos e bases; 2 Adição de água com gás em um béquer e água sem gás em outro béquer; 3 Adição de extrato de repolho roxo nos dois béqueres; 4 Conclusões.
3	6	1 Observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 Pesquisa na internet sobre o que fazer com os materiais disponibilizados; 3 Discussão em grupo sobre a possibilidade de realização do experimento; 4 Realização do experimento;

		5 Observação e discussão; 6 Conclusões.
4	7	1 Adição de água com gás em um béquer e água sem gás em outro béquer; 2 Observação; 3 Mudança na forma de montagem do sistema; 4 Adição de extrato de repolho roxo na garrafa de água com gás e na garrafa de água sem gás; 5 Conexão das garrafas com as rolhas e mangueira; 6 Agitação das garrafas; 7 Observação.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para a resolução do problema proposto na AEI2, o grupo 1 adotou cinco etapas, sendo elas: 1 – leitura da situação problema; 2 – análise dos itens oferecidos; 3 – montagem de uma estrutura; 4 – espera pelo processo e 5 – observação da mudança de coloração. As etapas adotadas pelo grupo evidenciam que progrediram progressivamente, ou seja, iniciaram a partir de etapas mais simples (leitura da situação problema) e avançaram para etapas mais complexas (montagem de uma estrutura).

Além disso, as cinco etapas adotadas pelo grupo 1 permitem inferir que os integrantes conseguiram reconciliá-las de maneira integrativa. Tal inferência se deve ao fato de que o grupo iniciou a partir de um procedimento mais simples (leitura da situação problema), avançou para uma etapa mais complexa (montagem de uma estrutura) e retornou para uma etapa mais simples (observação da mudança de coloração).

O segundo grupo adotou quatro etapas na AEI2. As etapas são: 1 - consulta ao slide utilizado pelo professor na aula teórica sobre ácidos e bases; 2 - adição de água com gás em um béquer e água sem gás em outro béquer; 3 - adição de extrato de repolho roxo nos dois béqueres e 4 - conclusões. A partir das etapas adotadas, nota-se que os integrantes conseguiram realizar a diferenciação progressiva. Um exemplo desse processo dinâmico das etapas adotadas pelo grupo pode ser a consulta ao slide utilizado pelo professor na aula teórica sobre ácidos e bases (mais simples) e a adição de extrato de repolho roxo nos dois béqueres, um com água

sem gás e o outro com água com gás (mais complexo). Salienta-se que não houve reconciliação integrativa entre os procedimentos adotados, uma vez que os integrantes não estabeleceram uma relação entre as etapas mais complexas e as mais simples.

A fim de solucionar o problema proposto na AEI2, o grupo 3 adotou seis etapas, sendo elas: 1 - observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 - pesquisa na internet sobre o que fazer com os materiais disponibilizados; 3 - discussão em grupo sobre a possibilidade de realização do experimento; 4 - realização do experimento; 5 -observação e discussão e 6 - conclusões. Assim como o primeiro grupo, os integrantes do grupo 3 apresentaram os procedimentos adotados de maneira progressiva e conseguiram estabelecer relações entre uma etapa mais simples com uma mais específica e retornaram a uma mais geral. O exemplo de reconciliação integrativa das etapas adotadas pelo grupo pode ser: observação dos materiais disponibilizados para o experimento; pesquisa na internet sobre o que fazer com os materiais disponibilizados (mais geral), realização do experimento (mais específica) e observação e discussão (mais geral).

É válido destacar que, além de conseguirem diferenciar progressivamente as etapas e reconciliá-las de maneira integrativa, o grupo 3 se preocupou em realizar discussões ao longo do processo. As discussões surgiram nas etapas 3 e 5, evidenciando o interesse dos estudantes que compunham o grupo na resolução do problema. A presença da discussão durante as etapas também se manifestou nas etapas adotadas pelo mesmo grupo na resolução da AEI1.

Por fim, o quarto grupo adotou sete etapas, sendo elas: 1 - adição de água com gás em um béquer e água sem gás em outro béquer; 2 - observação; 3 - mudança na forma de montagem do sistema; 4 - adição de extrato de repolho roxo na garrafa de água com gás e na garrafa de água sem gás; 5 - conexão das garrafas com as rolhas e mangueira; 6 - agitação das garrafas e 7 - observação. Da mesma forma que os demais grupos, o grupo 4 adotou procedimentos de maneira progressiva, ou seja, realizou a diferenciação progressiva partindo de etapas mais simples (adição de extrato de repolho roxo na garrafa de água com gás e na garrafa de água sem gás) para mais complexas (conexão das garrafas com as rolhas e mangueira).

Salienta-se que a etapa 3 evidencia que os integrantes do grupo 4 realizaram uma mudança na forma de montagem do sistema inicialmente concebido. Ou seja, os integrantes possivelmente discutiram entre si após a etapa 2 e chegaram à conclusão de que o sistema montado no primeiro momento não era o ideal para solucionar o problema proposto. Devido a essa mudança, novos procedimentos foram adotados, surgindo uma nova etapa de observação, o que poderia indicar que ocorreu o processo de reconciliação integrativa. Todavia, ao considerar que a primeira observação (etapa 2) sucedeu uma etapa mais complexa em relação a ela, percebe-se que houve apenas a diferenciação progressiva entre as etapas.

De modo geral, todos os grupos conseguiram diferenciar progressivamente os procedimentos adotados para solucionar o problema da AEI2. Entretanto, apenas dois grupos (grupo 1 e grupo 3) reconciliaram as etapas de maneira integrativa. A presença desses processos evidencia indícios de uma aprendizagem significativa procedimental, demonstrando que os integrantes, assim como na AEI1, também possuíam competência para solucionar problemas. Diferentemente da AEI1, nenhum grupo adotou a mesma quantidade de etapas para solucionar a AEI2, indicando que a atividade se apresentou com diferentes graus de dificuldade para cada grupo.

O quadro 20 contém a análise das dificuldades e formas de utilização das TD durante a AEI2. Cabe salientar que no quadro, constam as UC, as categorias elaboradas, a frequência de cada categoria e as UR selecionadas.

Quadro 20 – Dificuldades e formas de utilização da tecnologia durante a atividade investigativa 2

Unidade de Contexto	**Categoria**	**Frequência(%)**	**Unidade de Registro**
Dificuldade frente à resolução do problema	Utilização dos materiais disponibilizados e realização do experimento	2 (50%)	Materiais, instrumentos, entender e experimento
	Todas as etapas	1 (25%)	Todas
	Espera pelo acontecimento da reação química	1 (25%)	Esperar e naturalmente

Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema	Auxílio na utilização dos materiais disponibilizados	2 (50%)	Instrumentos, recursos e informações
	Pesquisa sobre a coloração do indicador repolho roxo	1 (25%)	Cores e pH
	Ausência de recursos tecnológicos	1 (25%)	Nenhum

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Com base nas UR relacionadas a UC denominada “Dificuldade frente à resolução do problema”, criou-se três categorias de análise. A primeira categoria, denominada de “Utilização dos materiais disponibilizados e realização do experimento”, teve como UR os termos “materiais, instrumentos, entender e experimento” e 50% de frequência, o que corresponde às respostas de dois grupos. Considerando que os integrantes de dois grupos indicaram a utilização dos materiais fornecidos e a realização do experimento como dificuldades para a resolução do problema da AEI2, pode-se inferir que estes dados corroboram com os apresentados por Brito *et al.* (2021), Mota Júnior (2021) e Borges (2022).

Segundo Brito *et al.* (2021), os estudantes participantes das AEI sobre reações de dupla-troca e decomposição alegaram ter dificuldades na utilização dos materiais que poderiam utilizar na investigação. Os autores enfatizam que “quanto à dificuldade na realização dos experimentos, os estudantes, de modo geral, não se manifestaram em relação ao procedimento [...]” (Brito *et al.*, 2021, p. 12). Já os participantes dos estudos conduzidos por Mota Júnior (2021) e Borges (2022) expuseram que sentiram dificuldade no desenvolvimento do experimento que realizaram para solucionarem os problemas propostos.

A segunda categoria, "Todas as etapas", teve como UR o termo "todas" e apresentou 25% de frequência, estando relacionada à resposta de apenas um grupo. Em linhas gerais, os integrantes desse grupo relataram ter tido dificuldades em todas as etapas. Vale destacar que o grupo 4 se enquadrou nessa categoria, grupo que, como observado no quadro 18, realizou uma mudança nos

procedimentos adotados ao longo da investigação. Assim como os dados da primeira categoria, os dados dessa categoria se assemelham aos obtidos por Mota Júnior (2021). Dentre os grupos participantes do estudo do autor citado, um deles apresentou dificuldades em todos os aspectos envolvidos na AEI: compreensão dos conceitos e desenvolvimento do experimento.

Por fim, a terceira categoria foi intitulada "Espera pelo acontecimento da reação química". As UR foram os termos "esperar e naturalmente", e a frequência foi de 25%, também relacionada à resposta de apenas um grupo. A dificuldade expressa nessa categoria indica que os integrantes de um grupo relataram que esperar que a reação química ocorresse naturalmente foi visto como um fator que dificultou a solução do problema.

Em se tratando da UC “Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema”, três categorias de análise foram criadas. A primeira categoria foi nomeada como “Auxílio na utilização dos materiais disponibilizados”, as UR selecionadas foram os termos “instrumentos, recursos e informações” e a frequência obtida foi de 50%, ou seja, as repostas de dois grupos enquadraram-se nessa categoria.

A segunda categoria atrelada a essa UC foi intitulada como “Pesquisa sobre a coloração do indicador repolho roxo”. Para essa categoria foram selecionados como UR os termos “cores e pH” e a frequência obtida foi de 25%, frequência essa relacionada à resposta de apenas um grupo. Já a terceira categoria foi nomeada de “Ausência de recursos tecnológicos” e teve como UR o termo “nenhum”. Assim como a segunda categoria, esta também obteve uma frequência de 25% das respostas.

Em síntese, os dados da UC “Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema”, apresentados em três categorias de análise, demonstram que três grupos utilizaram as TD para obter informações sobre como utilizar os materiais disponibilizados para a realização da AEI2 e sobre a coloração que o indicador repolho roxo apresenta em soluções de pH variados. Apenas um grupo não recorreu às TD para solucionar o problema, uma vez que não percebeu necessidade para tal.

Tal síntese evidencia que, nos três grupos, o uso das TD ficou restrito à busca de informações que também poderiam ser facilmente encontradas em livros didáticos ou em textos elaborados pelo próprio professor. Assim como na AEI1, a utilização de recursos tecnológicos na AEI2 não resultou em inovações,

caracterizando uma abordagem simplista. Isso corrobora o que aponta Leite (2022), ao afirmar que, quando as TD são incorporadas de forma simplificada, os resultados não promovem inovações nem contribuem para avanços significativos no ensino e na aprendizagem.

5.4 QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 3

No quadro a seguir, contém a quantidade de etapas adotadas pelos grupos, bem como as etapas propriamente ditas, durante a AEI3 denominada “Mudança de coloração nas hortênsias”.

Quadro 21 – Etapas adotadas pelos grupos na atividade investigativa 3

Grupo	**Número de etapas para a resolução do problema**	**Etapas realizadas**
1	5	1 Leitura da situação problema; 2 Análise dos itens oferecidos; 3 Adição de água destilada à terra da hortênsia; 4 Mistura da água com a terra; 5 Inserção do papel indicador de pH à mistura.
2	5	1 Pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias; 2 Discussão em grupo; 3 Testes; 4 Novas pesquisas sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias; 5 Conclusões.
3	6	1 Observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 Pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias; 3 Compreensão da situação problema; 4 Realização do experimento;

		5 Observação e discussão; 6 Conclusões.
4	4	1 Adição de água destilada à terra da hortênsia no béquer; 2 Medição do pH utilizando o papel indicador; 3 Realização de testes; 4 Pesquisa na internet sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O grupo 1 adotou cinco etapas para solucionar o problema proposto na AEI3, sendo elas: 1 - leitura da situação problema; 2 - análise dos itens oferecidos; 3 - adição de água destilada à terra da hortênsia; 4 - mistura da água com a terra e 5 - inserção do papel indicador de pH à mistura. A partir das etapas descritas, nota-se que os estudantes que compunham este grupo realizaram a diferenciação progressiva entre as etapas, uma vez que partiram de procedimentos mais simples (leitura da situação problema) para procedimentos mais complexos (inserção do papel indicador de pH à mistura). Salienta-se que não houve a reconciliação integrativa, visto que o grupo não relacionou etapas mais complexas com etapas mais simples buscando novas relações entre os procedimentos realizados.

O segundo grupo empregou a mesma quantidade de etapas que o grupo 1. As etapas realizadas foram: 1 - pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias; 2 - discussão em grupo; 3 - testes; 4 - novas pesquisas sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias e 5 - conclusões. Assim como o primeiro grupo, o segundo grupo realizou a diferenciação progressiva entre as etapas, todavia, também conseguiram realizar a reconciliação integrativa. O exemplo do primeiro processo dinâmico citado pode ser: pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias (mais simples) e testes (mais complexa). Já um exemplo de reconciliação integrativa pode ser: pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias (mais simples), testes (mais complexa) e novas pesquisas sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias (mais simples).

É válido destacar que somente na AEI3 o grupo 2 incluiu a etapa denominada “discussão em grupo”. Ou seja, nas AEI1 e AEI2, o grupo não havia listado essa

etapa. Isso pode estar relacionado a dois fatores: o grupo sentiu mais interesse pela terceira e última atividade investigativa, quando comparada com as demais, ou o grupo enfrentou mais dificuldades na AEI3, o que tornou necessária a realização de uma discussão entre todos os integrantes.

O primeiro fator foi constatado por Leal (2019) em seu estudo. Em uma das atividades experimentais investigativas AEI aplicadas, os alunos do 2º ano do Ensino Médio demonstraram maior interesse, visto que a atividade foi proposta por eles próprios, aproximando-se mais de seu cotidiano. A atividade, em questão, abordava a possibilidade de acender lâmpadas utilizando pilhas de limão. Salienta-se que esse interesse fomentou a discussão entre os grupos e, consequentemente, a construção de argumentos.

Visando solucionar o problema proposto na AEI3, o grupo 3 adotou seis etapas, sendo elas: 1 - observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 - pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias; 3 - compreensão da situação problema; 4 - realização do experimento; 5 - observação e discussão e 6 - conclusões. As etapas listadas pelos integrantes do grupo indicam que realizaram a diferenciação progressiva, bem como a reconciliação integrativa. O exemplo do progresso entre as etapas pode ser: observação dos materiais disponibilizados para o experimento (mais simples) e realização do experimento (mais complexa). Já o exemplo de reconciliação integrativa pode ser: observação dos materiais disponibilizados para o experimento (mais simples), realização do experimento (mais complexa) e observação e discussão (mais simples).

Convém destacar que a quinta etapa adotada pelo grupo 3 é considerada simples, pois a discussão, em sua maioria, precede a realização de etapas mais complexas, como, por exemplo, a execução do experimento. Com isso, pode-se inferir que houve uma reconciliação integrativa entre as etapas. Além disso, a realização de uma discussão entre os integrantes do grupo evidencia a preocupação com a resolução do problema proposto, fazendo com que os procedimentos adotados fossem semelhantes aos do grupo 2.

Ainda se tratando dos procedimentos adotados pelos grupos para solucionarem o problema proposto na AEI3, o quarto grupo realizou procedimentos discriminados em quatro etapas: 1 - adição de água destilada à terra da hortênsia no béquer; 2 - medição do pH utilizando o papel indicador; 3 - realização de testes e 4 -

pesquisa na internet sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias. Assim como os demais grupos, este grupo também realizou a diferenciação progressiva entre as etapas, como por exemplo: adição de água destilada à terra da hortênsia no béquer (mais simples) e medição do pH utilizando o papel indicador (mais complexa).

É importante destacar que o grupo 4 também conseguiu reconciliar as etapas de maneira integrativa. Esse processo dinâmico pode ser observado ao considerar a inserção da etapa 4, que trata da pesquisa sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias. Essa etapa pode ser considerada mais simples, o que permitiu a realização de um caminho inverso entre as etapas, ou seja, a relação entre uma etapa mais complexa (realização de testes) e essa etapa considerada mais simples.

De maneira geral, todos os grupos conseguiram diferenciar progressivamente as etapas adotadas para solucionar o problema da AEI3. O mesmo ocorreu nas duas primeiras atividades investigativas. Destaca-se que apenas o grupo 1 não conseguiu realizar a reconciliação integrativa entre os procedimentos adotados. Como já foi apresentado nas discussões sobre os resultados da AEI1 e AEI2, os dados obtidos na AEI3 evidenciam a presença dos processos dinâmicos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, o que indica indícios de uma aprendizagem significativa procedimental e demonstra que os integrantes do grupo possuíam competência para solucionar o problema apresentado.

O quadro 21 contém a análise das dificuldades e formas de utilização das TD durante a AEI3. Assim como nos quadros 17 e 19, são apresentadas as UC, as categorias elaboradas, a frequência de cada categoria e as UR selecionadas.

Quadro 22 – Dificuldades e formas de utilização da tecnologia durante a atividade investigativa 3

Unidade de Contexto	**Categoria**	**Frequência(%)**	**Unidade de Registro**
Dificuldade frente à resolução do problema	Utilização do papel indicador de pH	2 (50%)	Usar, medidor e sujar
	Seleção de fontes de pesquisa confiáveis	1 (25%)	Site e confiável

	Ausência de dificuldade	1 (25%)	Nenhuma
Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema	Relação entre pH e coloração das hortênsias	3 (75%)	Informações, hortênsias e pH
	Raciocínio sobre o assunto	1 (25%)	Conhecimento, assunto e raciocinar

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Com base nas UR relacionadas à UC denominada "Dificuldade frente à resolução do problema", foram criadas três categorias de análise. A primeira categoria foi intitulada "Utilização do papel indicador de pH" e incluiu os seguintes termos selecionados como UR: "usar, medidor e sujar". Esta categoria teve uma frequência de 50%, correspondendo às respostas de dois grupos. Os dados evidenciam que dois dos quatro grupos encontraram dificuldades em manusear um dos materiais disponibilizados para serem utilizados durante a AEI3. Em síntese, os integrantes dos grupos relataram dificuldades no manuseio de um material fornecido, corroborando os dados obtidos por Brito *et al.* (2021).

A segunda categoria foi nomeada como “Seleção de fontes de pesquisa confiáveis”, teve como UR os termos “site e confiável” e 25% de frequência, o que corresponde à resposta de apenas um grupo. Nota-se que a principal dificuldade apontada pelos integrantes do grupo em questão não estava relacionada aos procedimentos adotados na resolução do problema, mas sim à confiabilidade das informações encontradas nos sites de busca com o auxílio das TD.

Segundo Zompero e Laburú (2011), é necessário que as atividades investigativas proporcionem aos estudantes o contato com novas informações. Considerando essa afirmação, pode-se inferir que a AEI3, assim como as demais, possibilitou que os estudantes tivessem acesso a novas informações por meio da utilização de recursos tecnológicos. O contato com novas informações pode ser realizado a partir do acesso a novas fontes de informação (Zompero; Laburú, 2011), todavia, deve-se levar em consideração a confiabilidade das informações apresentadas.

Por fim, a terceira categoria constituinte da UC “Dificuldade frente à resolução do problema”, foi nomeada como “Ausência de dificuldade”. Sua frequência foi de 25%, o que corresponde à responde de apenas um grupo, e o termo selecionado como UR foi “nenhuma”. Em linhas gerais, os integrantes do grupo alegaram não ter sentido dificuldade durante a resolução do problema apresentado na AEI3.

No tocante a UC “Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema”, apenas duas categorias de análise foram criadas. A primeira categoria foi nomeada como “Relação entre pH e coloração das hortênsias”, as UR selecionadas foram os termos “informações, hortênsias e pH” e a frequência obtida foi de 75%, ou seja, as repostas de três grupos enquadraram-se nessa categoria. A segunda categoria, nomeada como “Raciocínio sobre o assunto”, obteve uma frequência de 25% e os seguintes termos como UR: “conhecimento, assunto e raciocinar”.

Em resumo, os dados provenientes da UC “Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema”, apresentados em duas categorias de análise, demonstraram que todos os grupos utilizaram as TD para obter informações sobre a coloração das hortênsias em solos com diferentes valores de pH e para adquirir conhecimentos gerais que os ajudaram a construir um raciocínio sobre o tema da investigação.

De modo geral, a utilização das TD na AEI1 ocorreu de forma semelhante à AE1 e AE2, ou seja, seu uso ficou restrito à busca por informações que poderiam ser facilmente acessadas por outros meios. Destaca-se que, devido à implementação limitada dos recursos tecnológicos pelos grupos, não houve inovação, o que corrobora com a argumentação de Leite (2022).

5.5 ENTREVISTAS COM OS REPRESENTANTES DOS GRUPOS

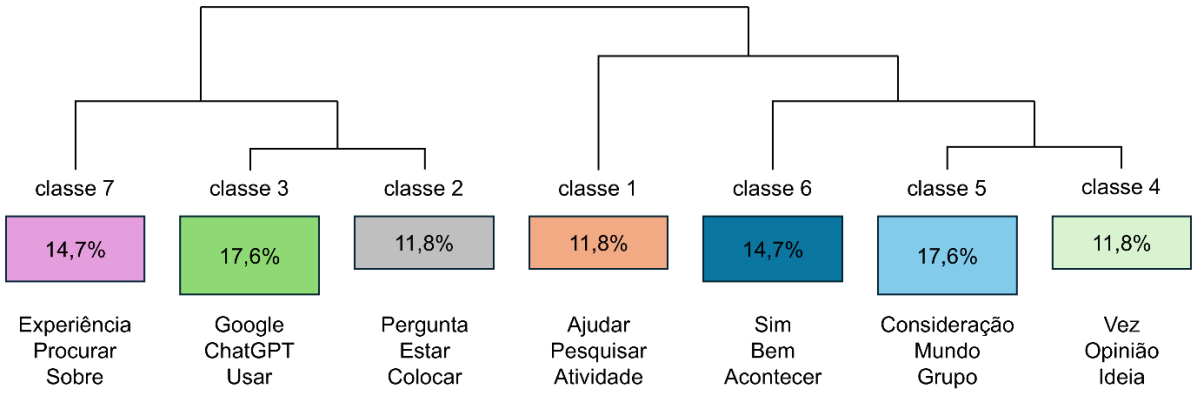
Objetivando melhor compreender a forma como os grupos utilizaram as TD durantes as AEI, realizou-se entrevistas semiestruturadas com um representante de cada grupo. A transcrição das entrevistas foi adotada como o *corpus* e a análise foi realizada com o auxílio do *software* Iramuteq, assim como descrito no tópico 4.5.4 dessa dissertação.

O processamento do *corpus* pelo Iramuteq foi realizado em nove segundos e 40 segmentos de textos foram classificados, dos quais 34 foram aproveitados, ou

seja, 85% do total do *corpus*. Esse percentual indicou um bom aproveitamento dos segmentos de texto, pois se apresentou como sendo superior a 75%, valor descrito por Souza *et al.* (2018) como valor mínimo para uma amostra válida.

O dendograma de CHD (Figura 8), obtido após a análise pelo *software*, apresentou-se com seis classes, as quais foram adotadas como sendo UC na análise de conteúdo realizada.

Figura 8 – Dendograma de CHD obtido após a análise pelo Iramuteq



Fonte: Acervo da pesquisa.

Em cada classe, coube ao pesquisador selecionar três termos mais relevantes em sua concepção e adotá-los como UR. A partir das UC e UR, criou-se categorias de análises (Quadro 23).

Quadro 23 – Utilização dos recursos tecnológicos durante as atividades investigativas

Classe	**Unidade de Contexto**	**Categorias a partir da análise do dendograma**	**Unidade de Registro**
1	O papel das tecnologias nas atividades investigativas	Auxílio	Ajudar, pesquisar e atividade
2	Formas de uso das tecnologias durante as atividades investigativas	Fonte de pesquisa	Pergunta, estar e colocar
3	*Softwares* e aplicativos utilizados durante as	Ferramentas de buscas *online*	ChatGPT, Google e usar

	atividades investigativas		
4	Forma de colaboração entre os membros dos grupos	Coletiva	Vez, opinião e ideia
5	Interação entre os membros dos grupos	Harmônica/respeitosa	Consideração, mundo e grupo
6	Contribuição das tecnologias no processo de aprendizagem	Planejamento	Sim, bem e acontecer
7	Intenção ao recorrer às tecnologias	Resolver dúvidas	Experiência, procurar e sobre

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como visto no quadro acima, a classe 1, equivalente à primeira UC, foi nomeada como “O papel das tecnologias nas atividades investigativas”. Apenas uma categoria oriunda dessa UC foi criada. A ela, atribuiu-se o título de “Auxílio”, sendo caracterizada pelas seguintes UR: “ajudar, pesquisar e atividade”. Ao buscar pelas falas em que essas palavras surgiram, encontrou-se as seguintes afirmações:

> **Lítio (representante do grupo 1):** A gente buscava **pesquisar** os materiais que a gente tinha e ver quais experimentos dava para fazer. E a gente achava alguns vídeos parecidos e a gente conseguia ver para qual finalidade aquilo podia ser usado. E o que poderia acontecer em tal experimento para a gente ter um norte do que ia acontecer naquilo lá e o que era para fazer.
>
> **Berílio (representante do grupo 2):** A gente usou principalmente para **pesquisar** reações químicas que aconteciam quando a gente misturava os compostos.
>
> **Berílio (representante do grupo 2):** Elas **ajudaram** bastante, porque a gente podia ter mais segurança na hora de fazer os negócios e acabava dando mais certo. Por exemplo, na primeira **atividade**, a gente não ia saber que queimar o enxofre libera dióxido de enxofre, se a gente não tivesse pesquisado, por exemplo. Deu mais segurança para a gente conseguir realizar os experimentos.

As falas apresentadas anteriormente, realizadas pelos integrantes dos grupos 1 e 2, evidenciam que, durante as AEI, recorreram aos recursos tecnológicos para realizar pesquisas, a fim de que reunissem informações que os auxiliassem na resolução dos problemas apresentados nas atividades investigativas. Nesse sentido, os dados dessa categoria e, consequentemente, dessa UC, quando somados às

informações das categorias que constituem as classes 2 e 3, indicam que os grupos limitaram o uso das TD à pesquisa de informações que poderiam ser acessadas por outros meios, como, por exemplo, livros didáticos.

Isso, por sua vez, enquadra-se como uma simples incorporação dos recursos tecnológicos, o que, conforme aponta Leite (2022), pode acarretar na ausência de inovações e melhorias na aprendizagem. Todavia, ressalta-se que, para concluir que não houve inovações e melhorias, é necessário considerar as discussões das demais classes, que serão apresentadas a seguir.

A classe 2, equivalente à segunda UC, foi nomeada como “Formas de uso das tecnologias durante as atividades investigativas”. Assim como a primeira UC, apenas uma categoria de análise foi elaborada, sendo intitulada como “Fonte de pesquisa” e tendo como UR os termos “pergunta, estar e colocar”. Uma fala do representante do grupo 3 e uma fala do representante do grupo 4 contêm os termos adotados como UR:

> **Boro (representante do grupo 3):** Então, a gente usou geralmente para juntar informações sobre os produtos que a gente tinha, porque muitas vezes a gente não conhecia a composição, enfim. Aí a gente buscou no Google, principalmente, e no ChatGPT o que a gente poderia fazer com aqueles produtos que **estavam** à nossa disposição. E é isso, que a gente poderia fazer em relação também à **pergunta** que foi proposta para a gente no questionário.
>
> **Carbono (representante do grupo 4):** A gente **colocava** uma **pergunta**, por exemplo, como o pH influencia na cor da hortênsia, ele ia e **colocava** uma sequência de dados, aí a gente via se **estava** batendo com o que estava na internet também, algumas fontes mais seguras. E aí foi fazendo isso.

Os dados indicam que os integrantes dos grupos, em especial dos grupos 3 e 4, recorreram aos recursos tecnológicos a fim de utilizá-los como fonte de pesquisa. Nota-se, através da fala do Boro, que seu grupo utilizou o Google e o ChatGPT e que, de modo geral, buscavam por opções de uso dos materiais fornecidos nas investigações. Além disso, Carbono relata que seu grupo recorreu aos sites de busca da internet para conseguir informações mais conceituais, envolvidas nas AEI, como, por exemplo, como o pH do solo influencia na coloração das hortênsias.

Na pesquisa conduzida por Borges (2022), os estudantes participantes também podiam utilizar recursos tecnológicos para solucionar os problemas propostos nas AEI sobre Química Orgânica. A autora relata que oito dos dez

estudantes afirmaram que recorreram à internet como fonte de pesquisa, o que, para eles, serviu como uma facilitação durante a investigação, aproximando-se dos dados constituintes da categoria “Fonte de pesquisa”, apresentada nos parágrafos anteriores.

A classe 3, equivalente à terceira UC e diretamente relacionada à classe 2, foi nomeada como “*Softwares* e aplicativos utilizados durante as atividades investigativas” e apenas uma categoria de análise foi elaborada, sendo ela “Ferramentas de buscas *online*”. Os termos adotados como UR foram “ChatGPT, Google e usar”. A seguir, são apresentadas as falas dos representantes de cada grupo que continham os termos selecionados como UR:

> **Lítio (representante do grupo 1):** Isso. A gente pesquisava no YouTube ou às vezes a gente ia no **Google** mesmo, que nem na experiência da flor, a gente perguntou de cada cor qual era o pH e tal.
>
> **Berílio (representante do grupo 2):** A gente **usou** principalmente o **Google** e o **ChatGPT** mesmo.
>
> **Boro (representante do grupo 3):** Então, a gente **usou** geralmente para juntar informações sobre os produtos que a gente tinha, porque muitas vezes a gente não conhecia a composição, enfim.Aí a gente buscou no **Google**, principalmente, e no **ChatGPT** o que a gente poderia fazer com aqueles produtos que estavam à nossa disposição. E é isso, que a gente poderia fazer em relação também à pergunta que foi proposta para a gente no questionário. [...] muitas vezes a gente não conhecia, a gente não conseguia relacionar muito bem os produtos que estavam lá. Tanto que no último experimento a gente conseguiu **usar** bem mais a tecnologia tipo o **Google**, acho que foi mais o **Google** mesmo, o **ChatGPT** a gente **usou** mais na primeira para juntar a informação sobre as hortênsias no último.
>
> **Carbono (representante do grupo 4):** No começo, o pessoal teve bastante dificuldade em entender, então já tinha gente que estava querendo ir direto procurar a pergunta que você passava inteira, tirar a foto do papel e procurar, etc. Aí eu tentei ao máximo falar que não era para fazer aquilo e aí eles começaram já a **usar** o LuzIA, o **ChatGPT**, o **Google** e tudo mais para procurar os, tipo, partes da pergunta meio fracionada, tipo como que tal coisa pode se tornar tal coisa, qual é a reação.

Os dados da classe 3 e, consequentemente, da categoria “Ferramentas de buscas *online*” evidenciam que os integrantes dos quatro grupos utilizaram o Google como ferramenta de busca para encontrar informações que consideravam relevantes para auxiliá-los na resolução dos problemas propostos. Entretanto, conforme indicado nas falas dos representantes, especialmente dos grupos 3 e 4, fica evidente que as buscas se concentravam em informações teóricas sobre as reações químicas

que supostamente deveriam ocorrer nos experimentos capazes de solucionar os problemas apresentados.

Além disso, as falas apresentadas indicam que os grupos 2, 3 e 4 também utilizaram o ChatGPT, porém com a mesma finalidade do Google. No caso do grupo 4, o representante Carbono mencionou o uso de outra ferramenta de IA, chamada LuzIA. Embora o termo “YouTube” não tenha sido selecionado como UR, vale destacar que os integrantes do grupo 1 utilizaram essa plataforma, ficando evidente que seu uso também se restringiu à busca de informações teóricas.

Conforme discutido anteriormente, o uso de TD como fonte de busca por informações teóricas não representa uma inovação e, consequentemente, pode não trazer melhorias significativas para o processo de ensino e aprendizagem (Leite, 2022). Nesse sentido, é importante destacar que, embora os grupos tenham utilizado o Google e o ChatGPT para buscar informações teóricas sobre os conceitos químicos abordados nas AEI, Leite (2023) ressalta que o ChatGPT pode não apresentar definições de conceitos químicos de forma coerente e precisa, além de não explicitar as referências utilizadas na elaboração das respostas, o que compromete ainda mais sua confiabilidade.

Em resumo, os dados desta classe confirmam os resultados dos questionários das três AEI, pois as análises das respostas dos questionários pós-atividades investigativas já evidenciaram o uso restrito dos recursos tecnológicos apenas como fontes de busca por informações que poderiam ser obtidas em livros didáticos ou textos produzidos pelo próprio professor. Isso reforça a limitação no aproveitamento dessas ferramentas para além da simples consulta de conteúdos teóricos.

A classe 4, equivalente à quarta UC, foi denominada “Forma de colaboração entre os membros dos grupos”. Nesta UC, assim como nas outras, apenas uma categoria foi criada e recebeu o título de “Coletiva”, tendo como UR os termos “Vez, opinião e ideia”.

As UR selecionadas, bem como o título atribuído à UC e à categoria elaborada, evidenciam que durante as AEI, os integrantes levaram em consideração as opiniões de todos, permitindo a criação de um ambiente de aprendizagem colaborativo. Assim sendo, as atividades investigativas, realizas em grupo, proporcionaram momentos de discussões, cumprindo com a sua proposta.

Pelo dendograma (Figura 8), percebe-se que essa classe possui uma relação direta com a classe 5, visto que ambas estão conectadas por uma sub-ramificação. A classe 5, por sua vez, corresponde à quinta UC e foi denominada “Interação entre os membros dos grupos”.

Para constituir a quinta UC, foi elaborada uma única categoria, intitulada “Harmônica/respeitosa”, na qual foram selecionados os termos “consideração, mundo e grupo” como UR. Essa relação entre as duas classes também pode ser observada pela presença dos termos selecionados como UR das classes 4 e 5 nas falas dos representantes dos grupos 1 e 3, apresentadas a seguir:

> **Lítio (representante do grupo 1):** Sim, às **vezes**, um tinha uma **ideia** e a gente tentava praticar aquilo que o outro falou, não dava certo. Então, a gente levava em **consideração** que cada um do **grupo** falava até conseguir dar certo a experiência. A gente levou em **consideração** de todo **mundo** mesmo, cada um foi bem importante em determinadas situações.
>
> **Boro (representante do grupo 3):** É que muitas **vezes**, por exemplo, uma pessoa dava uma **opinião**, aí a outra falava, não, mas eu acho que é de tal forma ou de outra forma, aí a gente procurava no Google ou no ChatGPT, aí a gente via, não, era dessa forma mesmo que a pessoa estava falando, então a gente deveria ter levado mais em **consideração** que a outra pessoa tinha falado, entendeu? A gente não deveria ter ficado em uma desavença, entre aspas. Então aí a gente viu que a gente deveria levar mais em **consideração** as **opiniões** dos outros, aí foi auxiliando ao longo dos outros experimentos.

Aspectos relacionados à colaboração, ao trabalho em equipe harmonioso e à consideração das opiniões dos colegas durante atividades investigativas também foram identificados por Borges (2022) em seu estudo. A autora concluiu que a colaboração entre os integrantes dos grupos durante as AEI empregadas em sua SD, contribuiu para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, motivação, argumentação, reflexão crítica e criatividade.

A classe 6, consequentemente equivalente à sexta UC, foi nomeada como “Contribuição das tecnologias no processo de aprendizagem”. Como constituinte dessa UC, criou-se apenas uma categoria, sendo esta chamada de “Planejamento” e caracterizada pelas UR “sim, bem e acontecer”. Salienta-se que, através do dendograma, essa classe apresentou relação com a classe 1 que, por sua vez, abordou aspectos relacionados ao papel das tecnologias nas atividades de caráter investigativo.

A seguir, são apresentadas duas falas: uma do representante do grupo 1 e outra do representante do grupo 3. Como esta classe apresenta relação com a classe 6, nota-se que a fala do Lítio é a mesma que foi apresentada para sustentar a discussão da classe 1.

> **Lítio (representante do grupo 1):** A gente buscava pesquisar os materiais que a gente tinha e ver quais experimentos dava para fazer. E a gente achava alguns vídeos parecidos e a gente conseguia ver para qual finalidade aquilo podia ser usado. E o que poderia acontecer em tal experimento para a gente ter um norte do que ia **acontecer** naquilo lá e o que era para fazer.
>
> **Boro (representante do grupo 3): Sim**, porque foi o que eu falei, muitas vezes a gente não conhecia, a gente não conseguia relacionar muito **bem** os produtos que estavam lá. Tanto que no último experimento a gente conseguiu usar **bem** mais a tecnologia tipo o Google, acho que foi mais o Google mesmo, o ChatGPT a gente usou mais na primeira para juntar a informação sobre as hortênsias no último.

Em linhas gerais, os dados da UC “Contribuição das tecnologias no processo de aprendizagem” indicam que os recursos tecnológicos utilizados pelos grupos durante as AEI foram essenciais para auxiliá-los no planejamento, especialmente no que se refere às sugestões de uso dos materiais disponibilizados na bancada de cada grupo. Dessa forma, percebe-se que as TD atuaram como ferramentas de apoio na resolução de problemas, alinhando-se ao que é defendido por Leite (2022) e Silva e Gibin (2023).

É válido ressaltar que os dados das classes 1 e 6 indicam que as TD atuaram como ferramentas auxiliares no planejamento da resolução dos problemas propostos, o que corrobora a percepção de Leite (2022) e Silva e Gibin (2023) de que os recursos tecnológicos possuem potencial para desempenhar esse papel. Entretanto, os dados da classe 3, conforme já discutido anteriormente, evidenciaram que as TD tiveram seu papel como ferramentas auxiliares limitado durante as AEI realizadas pelos grupos.

No caso específico da classe 3, seu uso ficou restrito à busca de informações que poderiam ser acessadas por outros meios. Portanto, nota-se que as tecnologias tiveram sua parcela de contribuição no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes participantes e que, caso seu uso não tivesse sido tão restrito à busca por informações, essa contribuição poderia ter sido ainda maior.

Por fim, a classe 7, equivalente à sétima UC, foi nomeada como “Intenção ao recorrer às tecnologias”. Apenas uma categoria constituinte desta UC foi elaborada, sendo chamada de “Resolver dúvidas” e caracterizada pelos seguintes termos, adotados como UR: “experiência, procurar e sobre”. A fala do estudante representante do grupo 4, na qual contém as UR, está apresentada a seguir:

> **Carbono (representante do grupo 4):** No começo, o pessoal teve bastante dificuldade em entender, então já tinha gente que estava querendo ir direto **procurar** a pergunta que você passava inteira, tirar a foto do papel e procurar, etc. Aí eu tentei ao máximo falar que não era para fazer aquilo e aí eles começaram já a usar o LuzIA, o ChatGPT, o Google e tudo mais para **procurar** os, tipo, partes da pergunta meio fracionada, tipo como que tal coisa pode se tornar tal coisa, qual é a reação. [...] Acho que contribuiu bastante, porque a gente não sabia totalmente **sobre** todos os assuntos. Por exemplo, na hortênsia a gente não tem **experiência** com agropecuária, nem nada, então não tinha ligação com o nosso dia a dia e aí procurar **sobre** os porquês dela mudar de cor, tudo mais foi bem importante, senão a gente não teria conseguido.

Os dados desta última UC e as sub-ramificações do dendograma evidenciam sua relação com as classes 2 e 3, já discutidas anteriormente. Em resumo, a classe 7 reforça os dados das classes com as quais apresentou relação no dendograma, ou seja, indica que os integrantes dos grupos recorreram aos recursos tecnológicos durante as AEI para obter informações capazes de resolver suas dúvidas. Conforme consta na fala de Carbono, os integrantes do grupo 4 julgavam não ter experiência, no sentido de conhecimento, para resolver os problemas propostos, especialmente o da AEI sobre as hortênsias. Com o auxílio das TD, encontraram informações que os tornaram aptos a solucionar os desafios apresentados.

Os dados e discussões apresentados nesta seção conferem maior sustentação às análises realizadas nas seções anteriores, onde foram apresentados os resultados dos questionários aplicados após cada AEI. Em especial, os dados desta seção reforçam as discussões da UC “Maneira de utilização dos recursos tecnológicos na resolução do problema”, que foi comum à análise dos três questionários pós-atividades investigativas e está apresentada nos quadros 18, 20 e 22.

Em suma, todas as discussões evidenciam que houve colaboração entre os integrantes de cada grupo para a solução dos problemas propostos nas atividades investigativas. No tocante às TD, embora seu uso tenha ficado restrito à busca de informações que poderiam ser acessadas por outros meios, elas auxiliaram os

grupos no planejamento, o que, consequentemente, contribuiu positivamente para o processo de ensino e aprendizagem e para a resolução dos problemas.

5.6 QUESTIONÁRIO FINAL: CONTEÚDOS ATITUDINAIS PÓS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

Visando analisar a aprendizagem de conteúdos atitudinais, inicialmente, buscou-se identificar os conhecimentos prévios de caráter atitudinal dos aprendizes antes da realização das atividades investigativas. Os dados desse levantamento foram apresentados no tópico 5.1.2 desta dissertação. Posteriormente às AEI, aplicou-se um questionário para que os estudantes, individualmente, expusessem suas percepções sobre os mesmos conteúdos atitudinais avaliados anteriormente, permitindo a comparação e a identificação de progressos ou retrocessos em cada conteúdo atitudinal, com base na quantidade de respostas por grau de afirmação.

Assim sendo, a tabela 2 contém os resultados da análise realizada após a realização das atividades investigativas. Assim como na tabela 1, nesta tabela constam as percepções dos estudantes sobre os conteúdos atitudinais avaliados e a quantidade de respostas por grau de afirmação.

Tabela 2 - Percepções dos estudantes sobre seus conteúdos atitudinais posteriormente à realização das atividades investigativas

Conteúdos atitudinais	**Quantidade de respostas**			
	Discordo totalmente	**Discordo parcialmente**	**Concordo parcialmente**	**Concordo totalmente**
Trabalho em equipe durante as atividades investigativas	1	1	7	12
Consideração das opiniões dos colegas para solucionar os problemas		2	4	15
Organização frente à resolução de problemas			1	20
Liderança de	4	6	9	2

grupos durante as atividades investigativas				
Mudança de opinião durante as atividades investigativas	2	1	12	6
Pretensão de utilizar a tecnologia para aprender Química, pois notou que ela pode auxiliar			7	14

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como visto na tabela anterior, o primeiro conteúdo atitudinal avaliado foi a facilidade de trabalho em equipe durante as atividades investigativas. Doze participantes selecionaram o grau de concordância “concordo totalmente”, enquanto sete optaram por “concordo parcialmente”, um por “discordo parcialmente” e um por “discordo totalmente” para esta atitude. É válido ressaltar que a frase de afirmação na qual os estudantes, individualmente, tinham que atribuir um grau de concordância era “eu aprendi a trabalhar em grupo com as atividades investigativas”.

A segunda frase de afirmação na qual os estudantes deviam atribuir um grau de concordância era “eu aprendi levar em consideração as opiniões dos meus colegas para solucionar problemas”. Dessa forma, o conteúdo atitudinal avaliado diz respeito à consideração das opiniões distintas dos demais colegas durante as investigações. Quinze participantes selecionaram o grau de concordância “concordo totalmente”, enquanto quatro optaram por “concordo parcialmente” e dois por “discordo parcialmente”. Assim como no primeiro aspecto avaliado, nota-se que a grande maioria dos participantes julgou ter aprendido levar em consideração as opiniões dos colegas durante as AEI.

O terceiro conteúdo atitudinal avaliado foi “organização frente à resolução de problemas” e a frase de afirmação utilizada em questão era “eu notei que para resolver um problema é necessário organização”. Vinte participantes atribuíram o grau de concordância “concordo totalmente” e apenas um atribuiu ao grau “concordo parcialmente”. Nenhum estudante selecionou os graus de afirmação “discordo

parcialmente” e “discordo totalmente”. Dentre os aspectos discutidos até o momento, este foi o único a ter respostas somente atribuídas ao grau “concordo”. Em linhas gerais, estes dados evidenciam que todos os participantes notaram que para resolver problemas, é necessário organização.

A afirmação “eu assumi a liderança do grupo durante as atividades investigativas”, fazia relação com o conteúdo atitudinal “liderança de grupos durante as atividades investigativas”. Apenas dois participantes optaram por “concordo totalmente”, enquanto nove selecionaram “concordo parcialmente”, seis optaram por “discordo parcialmente” e quatro por “discordo totalmente”. Os dados relacionados a este aspecto evidenciam que dez, dos 21 participantes, julgaram que não conseguiram assumir a liderança do grupo durante as AEI. Entretanto, onze participantes consideraram que assumiram a liderança durante alguma atividade investigativa.

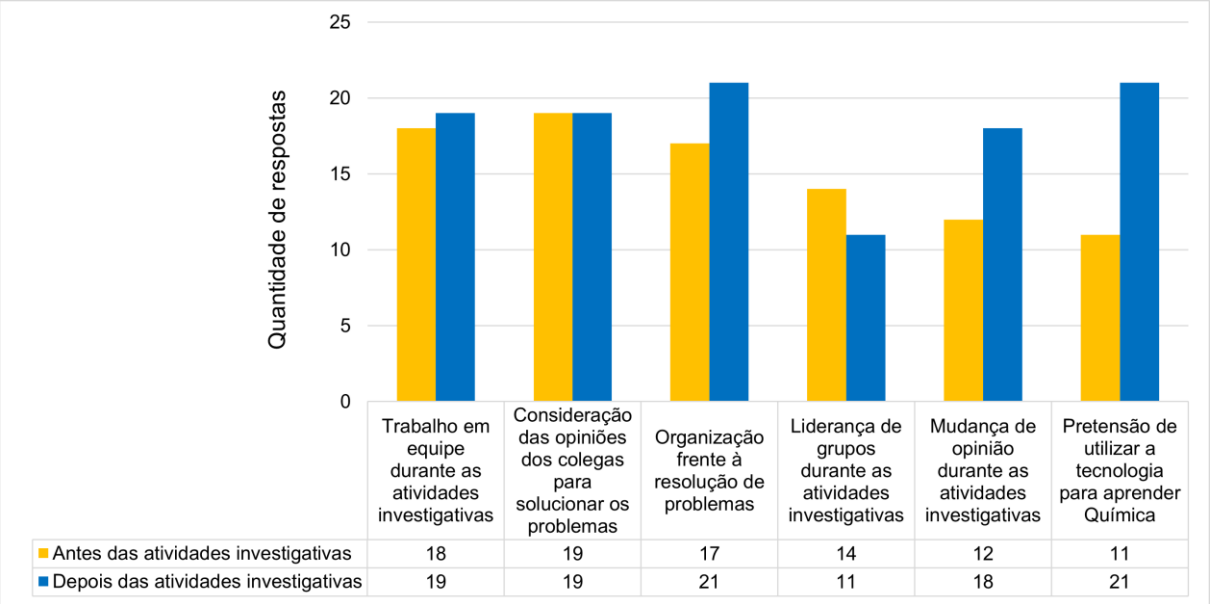
Em seguida, os estudantes deveriam atribuir um grau de concordância para a afirmação “eu precisei mudar de opinião durante as atividades em grupo”. Neste sentido, o conteúdo atitudinal avaliado estava relacionado à mudança de opinião durante as atividades investigativas. Dentre o total de participantes, seis optaram por “concordo totalmente”, doze selecionaram “concordo parcialmente”, enquanto apenas um optou por “discordo parcialmente” e dois por “discordo totalmente”. Tais valores indicam que a maioria dos participantes (18 estudantes) acredita ter sido necessário mudar de opinião durante as investigações em grupo. Esse número, por sua vez, aproxima-se dos valores de concordância “concordo totalmente” e “concordo parcialmente” no conteúdo atitudinal “consideração das opiniões dos colegas para solucionar os problemas”, que totalizou 19 estudantes.

O último conteúdo atitudinal estava relacionado ao uso de recursos tecnológicos para aprender Química. Quanto à afirmação “eu pretendo utilizar a tecnologia para aprender Química, pois notei que pode me auxiliar”, 14 participantes escolheram “concordo totalmente” e sete, “concordo parcialmente”. Isso evidencia que, na percepção de todos os participantes, há a intenção de utilizar as TD para auxiliar na aprendizagem de Química, uma vez que reconheceram sua contribuição durante as atividades investigativas.

Assim como na avaliação dos conhecimentos prévios de caráter atitudinal, realizada antes das AEI, a avaliação desses conhecimentos em momento posterior também indica que todos os conteúdos atitudinais avaliados receberam,

majoritariamente, respostas associadas aos graus de concordância “concordo totalmente” e “concordo parcialmente”. Diante disso, optou-se por elaborar um gráfico comparativo entre a soma das respostas associadas a esses graus de concordância para cada conteúdo atitudinal avaliado, antes e depois das atividades investigativas (Figura 9).

Figura 9 – Relação entre os conteúdos atitudinais avaliados antes e depois das atividades investigativas



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como visto na figura acima, os conteúdos atitudinais “trabalho em equipe durante as atividades investigativas”, “organização frente à resolução de problemas”, “mudança de opinião durante as atividades investigativas” e “pretensão de utilizar a tecnologia para aprender Química” apresentaram aumento na quantidade de respostas atribuídas pelos estudantes ao grau de concordância “concordo”, após a aplicação das AEI, quando comparados ao levantamento realizado antes da aplicação dessas atividades. Dentre esses aspectos, o que mais apresentou aumento foi aquele relacionado à mudança de opinião durante as investigações.

Esses dados evidenciam que os estudantes, durante a realização das atividades de caráter investigativo, tiveram suas percepções acerca das atitudes mencionadas modificadas, passando a compreender a real importância dos conteúdos atitudinais listados. Conforme já mencionado anteriormente, essas atitudes são essenciais durante a realização de atividades investigativas que, por

sua vez, quando realizadas em grupo, exigem que os estudantes reflitam e tomem decisões de maneira harmoniosa, a fim de solucionarem o problema apresentado (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015; Oliveira; Gibin, 2020).

Os demais conteúdos atitudinais avaliados, “consideração das opiniões dos colegas para solucionar os problemas” e “liderança de grupos durante as atividades investigativas”, apresentaram comportamentos distintos àqueles já discutidos. No tangente à consideração das opiniões dos demais integrantes, 19 estudantes haviam optado pelos graus de concordância “concordo parcialmente” e “concordo totalmente” antes das AEI e este número manteve-se após a realização das atividades. Em linhas gerais, a grande maioria dos participantes manteve a percepção de que considerar a opinião de todos é essencial para solucionar algum problema, corroborando com aquilo que é defendido por Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015).

No que diz respeito à atitude relacionada à liderança de grupo, esta foi a única a apresentar um decréscimo na quantidade de respostas atribuídas ao grau “concordo”. Para esse aspecto, 14 estudantes indicaram, por meio de suas respostas, que, quando necessário, procuravam assumir a liderança de um grupo, todavia, apenas 11 participantes julgaram ter assumido a liderança de seus grupos durante as atividades investigativas. Isto evidencia que as AEI, por terem sido realizadas em grupo, trouxeram à tona os desafios da liderança, provocando uma reflexão por parte dos estudantes.

Frasson, Laburú e Zompero (2019), afirmam que para os estudantes compreendam os diversos conteúdos atitudinais aproximando-os do conhecimento científico envolvido em uma atividade, de maneira a acarretar mudanças em suas atitudes, o professor deve utilizar estratégias de ensino que promovam reflexões. Nesse sentido, os dados aqui apresentados indicam o potencial das AEI na construção de conteúdos atitudinais de maneira significativa.

5.7 MAPAS CONCEITUAIS

Com o objetivo de analisar a aprendizagem de conteúdos conceituais, buscou-se, inicialmente, identificar os conhecimentos prévios de caráter conceitual sobre ácidos e bases, antes da realização das atividades investigativas. Os dados desse levantamento foram apresentados no tópico 5.1.1 desta dissertação. Após a

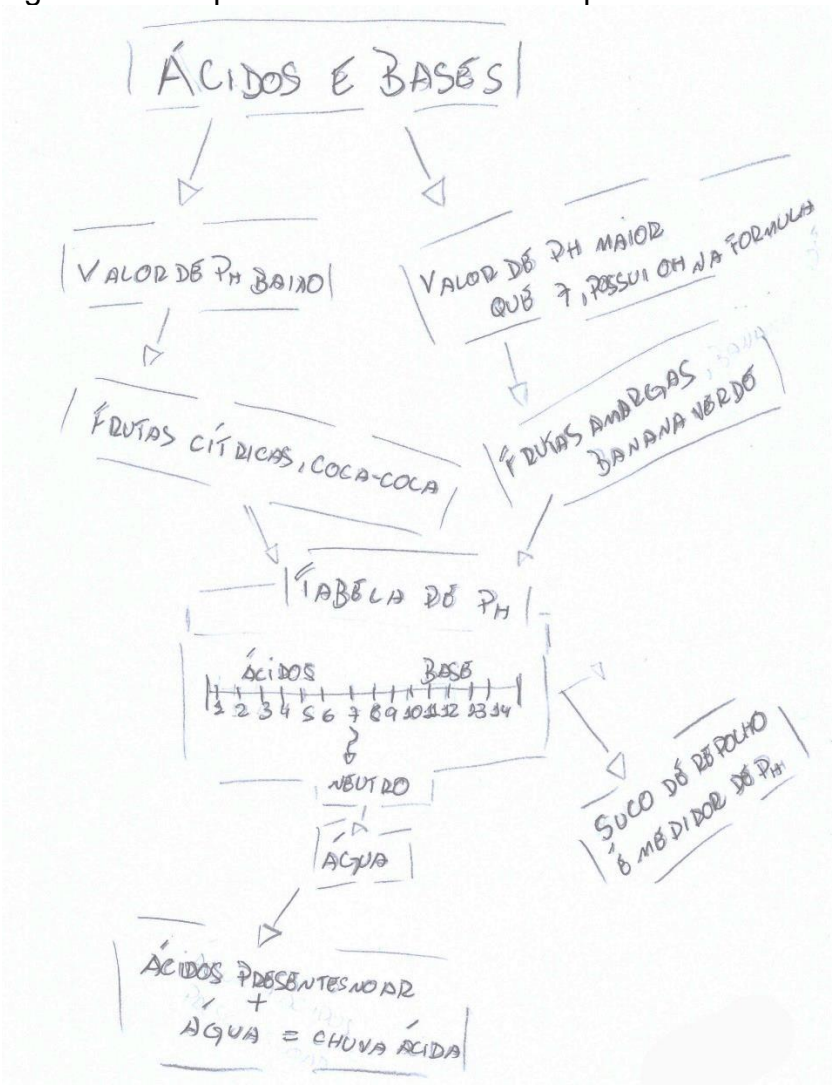
realização das AEI, os estudantes elaboraram, individualmente, mapas conceituais que deveriam seguir os pressupostos teóricos indicados por Novak e Gowin (1984) e Novak e Cañas (2010).

Dos participantes do estudo, todos realizaram a entrega dos mapas conceituais, logo, a análise foi feita a partir de 21 mapas. Todos os mapas confeccionados podem ser acessados através do link: https://drive.google.com/drive/folders/1GlVebqLR_dTVZHwNlH2CJeETP2Lx4zF9?usp=sharing.

Tomando como base as etapas da análise de conteúdo, a pré-análise objetivou excluir mapas que apresentassem os seguintes parâmetros: ausência de palavras ou frases de ligação; cópia de mapas disponibilizados na internet e cópia de mapas entre os estudantes. Salienta-se que esses critérios também foram adotados por Silva e Silva (2025).

Na etapa da pré-análise, foram excluídos cinco mapas, uma vez que apresentaram ao menos um dos parâmetros citados anteriormente. Salienta-se que foram excluídos os mapas dos seguintes estudantes: Lítio, Rubídio, Cálcio, Bário e Estanho. A figura a seguir ilustra um dos mapas excluídos, no qual o estudante Cálcio não utilizou palavras ou frases de ligação. Ressalta-se que o fato de os mapas terem sido excluídos com base nos critérios estabelecidos não indica ausência de indícios de aprendizagem significativa por parte dos estudantes (Silva; Silva, 2025).

Figura 10 – Mapa conceitual excluído na pré-análise

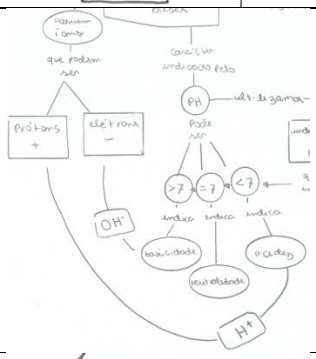
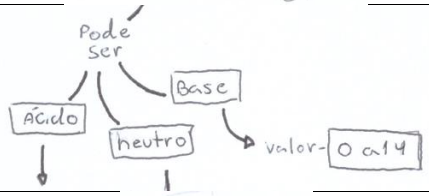
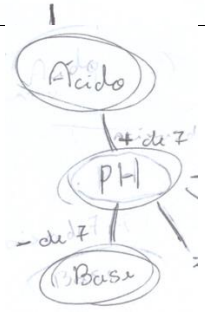
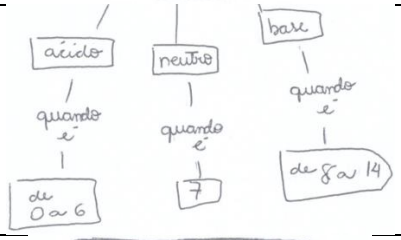
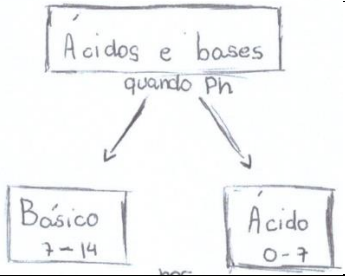


Fonte: Elaborado pelo estudante Cálcio.

A etapa de exploração dos 16 mapas restantes consistiu na categorização dos erros conceituais presentes em alguns mapas e na categorização dos processos dinâmicos observados na estrutura cognitiva. Em resumo, a categorização dos erros conceituais foi *a posteriori*, enquanto a dos processos dinâmicos foi feita *a priori*, uma vez que as categorias “diferenciação progressiva” e “reconciliação integrativa” são propostas por Novak e Gowin (1984) para a avaliação qualitativa dos mapas.

O quadro a seguir contém a categorização dos erros conceituais identificados nos mapas conceituais de seis estudantes. Nele, estão indicadas a UC, as categorias, as UR e a nomenclatura atribuída aos estudantes. Destaca-se que as UR selecionadas para cada caso são recortes dos mapas conceituais nos quais se encontrava o erro conceitual categorizado.

Quadro 24 – Erros conceituais contidos nos mapas selecionados na etapa de exploração dos materiais

Unidade de Contexto	Categorias	Unidade de Registro	Estudante
Erros conceituais	Exemplo incorreto de ácido		Boro
	Definição incorreta de cátion e ânion		Carbono
	Erro de interpretação na escala de pH		Chumbo
			Estrôncio
			Fleróvio
			Alumínio

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como visto no quadro acima, apenas uma UC foi elaborada, sendo esta intitulada de “Erros conceituais”. Considerando as UR relacionadas a esta UC, três categorias de análise foram criadas. A primeira categoria, denominada de “Exemplo incorreto de ácido” teve como UR apenas o recorte do mapa conceitual de um estudante (Boro). A segunda categoria, “Definição incorreta de cátion e ânion”, também teve como UR apenas o recorte de um mapa conceitual, elaborado por Carbono, enquanto a terceira categoria, “Erro de interpretação na escala de pH”, teve como UR os recortes dos mapas conceituais elaborados por quatro estudantes: Chumbo, Estrôncio, Fleróvio e Alumínio.

No que se refere à primeira categoria de análise, observa-se que o estudante Boro apresentou o sal cloreto de sódio (NaCl) como exemplo de ácido. Tal exemplo está incorreto, uma vez que, conforme apontam Atkins, Jones e Laverman (2018), os sais são produtos resultantes de uma reação de neutralização entre um ácido e uma base. Especificamente, o sal apresentado por Boro, “[...] é o produto iônico da reação entre o ácido clorídrico e o hidróxido de sódio” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p. 76).

A segunda categoria, “Definição incorreta de cátion e ânion”, quando somada à UR que a constitui, permite inferir que o estudante Carbono possui, em sua estrutura cognitiva, a ideia de que os íons podem ser classificados como prótons e elétrons, considerando o cátion H^+ como um exemplo de próton e o ânion OH^- como um exemplo de elétron. Observa-se, no entanto, que o estudante cometeu um equívoco ao classificar íons dessa forma, uma vez que íon é “[...] um átomo ou um grupo de átomos com carga positiva ou negativa”, sendo chamado de cátion quando possui carga positiva e de ânion possui carga negativa (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p. 22).

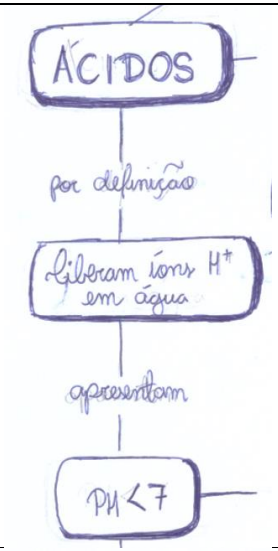
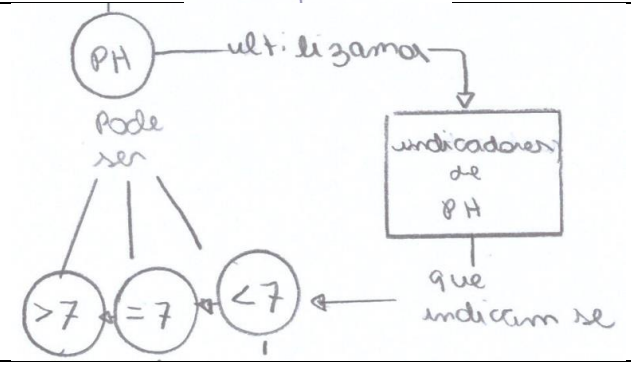
Os dados da categoria “Erro de interpretação na escala de pH” indicam que quatro estudantes apresentaram, em seus mapas conceituais, concepções equivocadas sobre a escala de pH. As interpretações das UR para cada caso podem ser resumidas da seguinte forma: (i) para Chumbo, uma substância básica apresenta valores de pH entre 0 e 14; (ii) para Estrôncio, substâncias de caráter ácido apresentam pH acima de 7, enquanto substâncias de caráter básico apresentam pH abaixo de 7; (iii) para Fleróvio, substâncias ácidas apresentam pH entre 0 e 6, e substâncias básicas apresentam pH entre 8 e 14; (iv) para Alumínio, substâncias ácidas apresentam pH entre 0 e 7, e substâncias básicas, entre 7 e 14.

Os equívocos presentes em cada interpretação são os seguintes: (i) substâncias básicas não apresentam valores de pH entre 0 e 14, mas sim valores superiores a 7; (ii) substâncias ácidas não apresentam pH acima de 7, e substâncias básicas não apresentam pH abaixo de 7, na realidade, ocorre o contrário; (iii) substâncias ácidas não apresentam pH apenas entre 0 e 6, e substâncias básicas não apresentam pH apenas entre 8 e 14, sendo necessário considerar os valores decimais próximos a 7, como, por exemplo, 6,8 e 7,2; (iv) substâncias ácidas não apresentam pH entre 0 e 7, e substâncias básicas não apresentam pH entre 7 e 14, pois ambas não podem compartilhar o valor de pH 7, já que este indica uma substância neutra.

Salienta-se que os dados dessa terceira categoria se assemelham aos apresentados na categoria “Definição incorreta de ácido e base”, a qual compõe a UC “Entendimento sobre o que é o valor de pH”, apresentada no quadro 16, durante a discussão dos conhecimentos prévios de caráter conceitual na seção 5.1.1. Na ocasião do levantamento desses conhecimentos prévios, apenas um estudante cometeu um equívoco ao definir ácidos e bases utilizando valores de pH invertidos, da mesma forma que ocorreu com o estudante Estrôncio em seu mapa conceitual.

A seguir, o quadro 25 apresenta os resultados da análise dos processos dinâmicos da estrutura cognitiva contidos nos 16 mapas conceituais analisados.

Quadro 25 – Mapas conceituais confeccionados individualmente pelos estudantes

Unidade de Contexto	Categorias	Quantidade de mapas/categoria	Exemplo de Unidade de Registro	Estudantes
Aspectos dinâmicos da estrutura cognitiva	Diferenciação progressiva	16		Sódio, Potássio, Césio, Berílio, Magnésio, Estrôncio, Boro, Alumínio, Gálio, Índio, Tálio, Nihônio, Carbono, Silício, Chumbo e Fleróvio
	Reconciliação integrativa	3		Berílio, Carbono e Silício

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Após a análise, observou-se que os 16 mapas conceituais analisados apresentaram diferenciação progressiva, evidenciando que os estudantes responsáveis por sua elaboração conseguiram diferenciar os conceitos de maneira progressiva. Em outras palavras, os estudantes demonstraram que os conceitos estão organizados hierarquicamente em sua estrutura cognitiva, ou seja, os conceitos mais gerais e inclusivos estão relacionados a conceitos mais específicos (Ausubel; Novak; Hanesian, 1976).

Como exemplo de UR da categoria “Diferenciação progressiva”, foi selecionado um recorte do mapa conceitual elaborado por Nihônio. Neste exemplo, o estudante relaciona o conceito “ácido” (mais geral) ao conceito “liberam íons H^+ em água” (mais específico em relação à “ácido”), e este último ao conceito “pH menor que 7” (mais específico em relação à “liberam íons H^+ em água”). Portanto, o estudante apresentou os conceitos partindo dos mais gerais e inclusivos para os menos gerais e específicos, realizando, assim, a diferenciação de maneira progressiva.

Dentre os 16 mapas conceituais pertencentes à categoria “Diferenciação progressiva”, apenas três também se enquadraram na categoria “Reconciliação integrativa”, ou seja, conseguiram relacionar um conceito mais geral a um mais específico e, posteriormente, reconectar esse conceito específico a outro conceito mais geral. Em síntese, apenas três estudantes conseguiram relacionar dois ou mais conceitos, resultando em novos significados (Novak; Gowin, 1984).

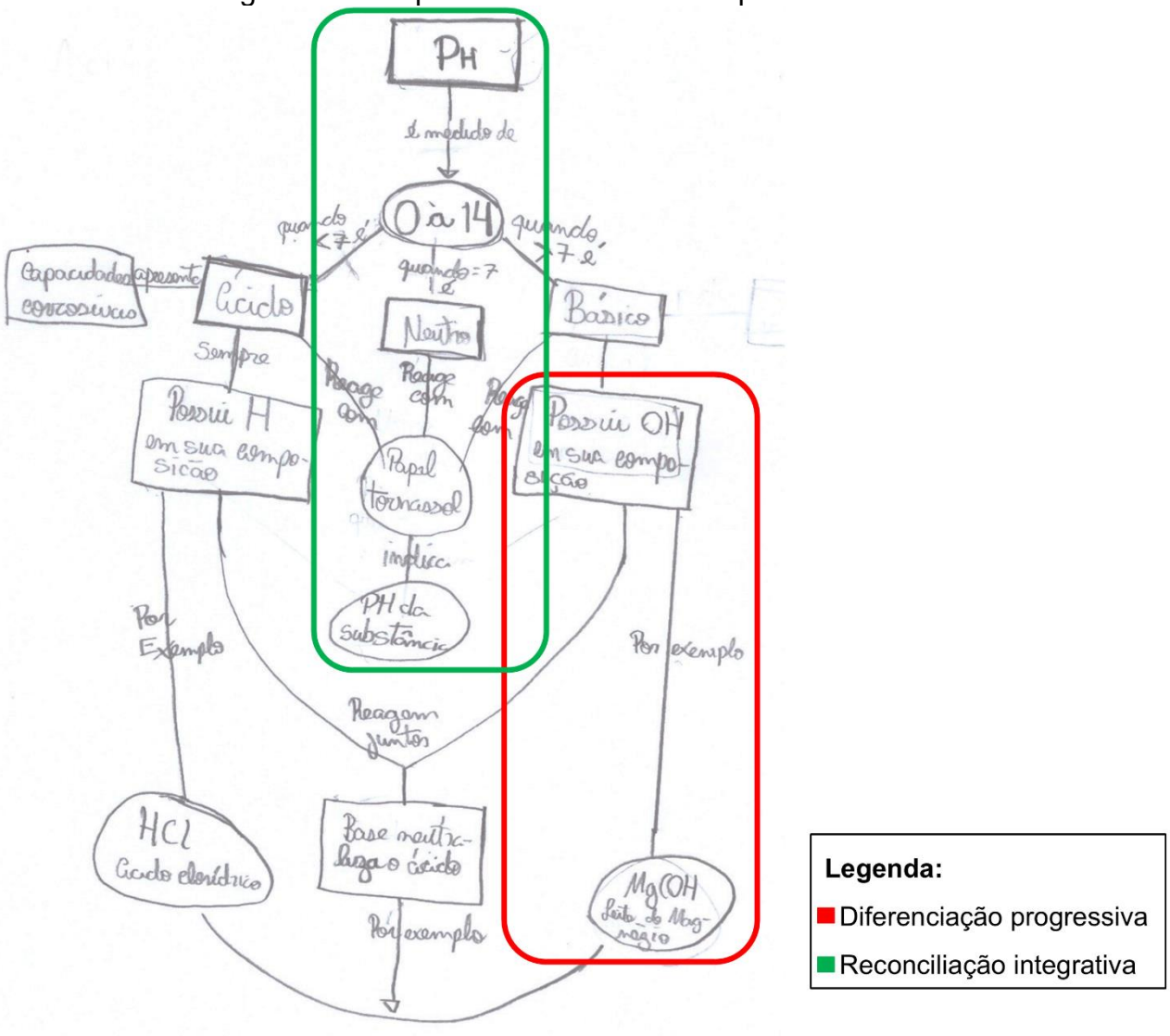
O recorte do mapa conceitual elaborado por Carbono foi adotado como exemplo de UR da categoria “Reconciliação integrativa”. Neste exemplo, o estudante relaciona o conceito “pH” (mais geral) ao conceito “indicadores de pH” (mais específico em relação à “pH”), e este ao conceito “maior, igual ou menor que 7” (mais específico em relação à “indicadores de pH”). Esse último conceito é então reconectado ao conceito mais geral e inclusivo “pH”, configurando, portanto, a reconciliação integrativa.

Em seu trabalho, Menezes (2018) também considerou os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa na avaliação dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes participantes de sua pesquisa. Seus resultados corroboram os dados da presente dissertação, uma vez que ambos os aspectos dinâmicos analisados estiveram presentes nos mapas, ainda que em proporções distintas.

Com o objetivo de enriquecer a discussão sobre os mapas conceituais, optou-se por apresentar os outros dois mapas que se enquadraram na categoria “Reconciliação integrativa”, os quais também fizeram parte da categoria “Diferenciação progressiva”. Esses mapas foram elaborados pelos estudantes Berílio e Silício.

Nas figuras a seguir, destacam-se trechos dos mapas conceituais acompanhados de legendas que indicam a presença dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A Figura 12 apresenta o mapa conceitual elaborado por Berílio:

Figura 11 – Mapa conceitual elaborado por Berílio



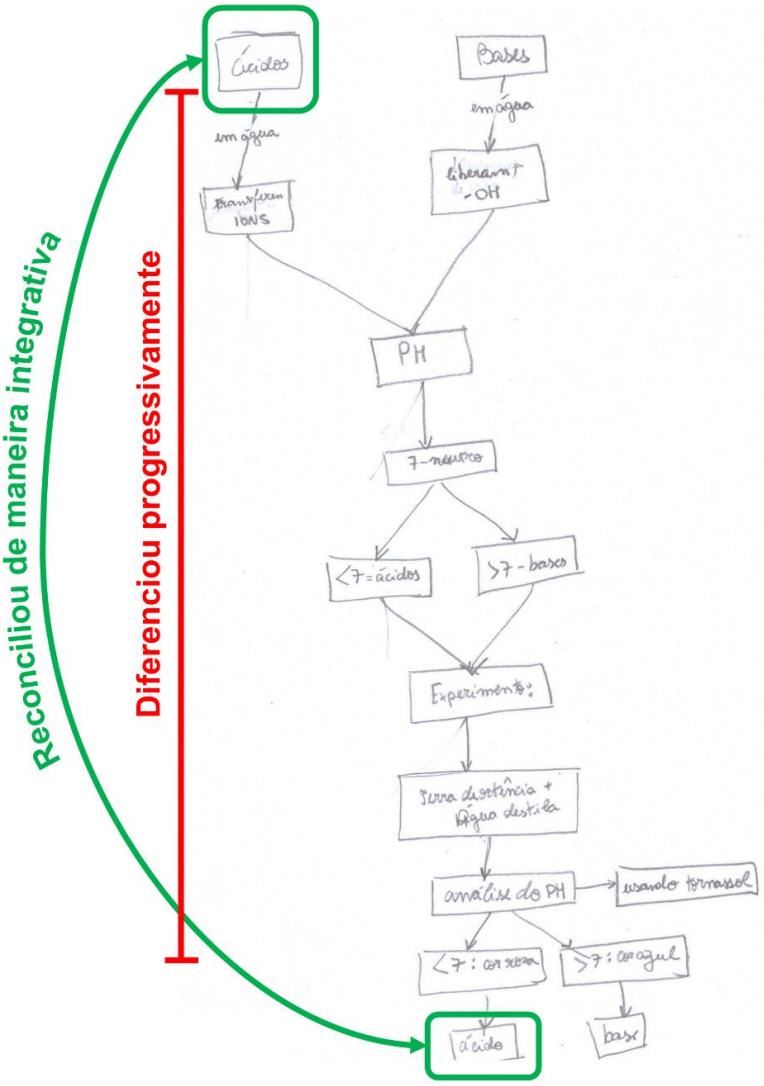
Fonte: Elaborado pelo estudante Berílio.

Como visto no mapa elaborado por Berílio, o destaque em vermelho indica a presença da diferenciação progressiva, enquanto o destaque em verde refere-se à reconciliação integrativa. No destaque em vermelho, percebe-se a diferenciação do termo “possui OH^- em sua composição” por meio da apresentação de um exemplo de base: o leite de magnésia ($Mg(OH)_2$).

Já no destaque em verde, Berílio iniciou seu mapa com o conceito mais geral e inclusivo, “pH”, e, à medida que diferenciou os demais conceitos, conseguiu retornar ao mesmo conceito geral “pH da substância”. Isso evidencia que o estudante conseguiu estabelecer novas relações entre os conceitos, realizando, assim, a reconciliação integrativa.

A Figura 13 apresenta o mapa conceitual elaborado por Silício:

Figura 12 – Mapa conceitual elaborado por Silício



Fonte: Elaborado pelo estudante Silício.

Silício iniciou seu mapa conceitual apresentando os conceitos mais gerais e inclusivos, “ácidos” e “bases”, que foram progressivamente diferenciados com a introdução de outros conceitos, como “pH” e um exemplo de experimento realizado durante as investigações. Além disso, após essa diferenciação, o estudante retomou os conceitos “ácido” e “base” na base do mapa. Isso indica que ele foi capaz de estabelecer relações entre os conceitos mais específicos e os conceitos mais gerais apresentados no início, evidenciando assim, a ocorrência da reconciliação integrativa.

Considerando que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são fundamentais para caracterizar a aprendizagem e a organização das informações na estrutura cognitiva do estudante (Ausubel; Novak; Hanesian, 1976), é possível inferir que houve indícios de aprendizagem significativa dos conceitos relacionados a ácidos e bases. Tal inferência é válida mesmo que nem todos os mapas tenham se enquadrado na categoria “Reconciliação integrativa”.

Essa limitação pode ser justificada pelo fato de os estudantes participantes deste estudo não estavam habituados ao uso de mapas conceituais. Segundo Novak (1990), idealizador dessa ferramenta, o desenvolvimento da habilidade de utilizá-la de forma eficaz requer tempo. O autor destaca que esse processo pode levar de um a dois anos, especialmente quando os mapas são aplicados em apenas um curso.

5.8 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA RELAÇÃO ENTRE O PROCESSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS E AS TECNOLOGIAS DIGITAIS

Conforme aponta Leite (2022), o uso das tecnologias é importante para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Entretanto, é de responsabilidade do professor compreender o papel dessas ferramentas e incorporá-las de maneira estratégica em suas aulas, ou seja, de modo que considere as necessidades observadas em sala de aula e as atividades propriamente ditas. O mesmo autor enfatiza que a simples incorporação ou uso das TD não resulta, por si só, em processos de inovação e melhoria do ensino e da aprendizagem.

Neste mesmo sentido, Ferreira (2015) defende que não se pode presumir que qualquer atividade será aprimorada apenas por ser realizada com recursos

tecnológicos, especialmente os mais modernos. Sua argumentação baseia-se na ideia de que cada artefato tecnológico possui suas características e eficácia próprias, ou seja, nem sempre as TD mais recentes são determinantes.

Considerando que atividades pautadas no EI são aquelas em que o professor propõe problemas aos estudantes para que resolvam através de atividades diversas ou de experimentos (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015), as atividades investigativas podem ser desenvolvidas com o apoio de recursos tecnológicos, sejam eles os mais modernos ou não. Entretanto, é de extrema importância ressaltar que seu uso deve ser cuidadosamente pensado, a fim de evitar a “simples incorporação” criticada por Leite (2022).

Ao se tratar da forma como as TD foram utilizadas pelos estudantes participantes deste presente estudo durante a realização das atividades investigativas, pode-se inferir que seu uso apresentou tanto aspectos positivos quanto negativos no processo de aprendizagem. Tal inferência resulta da análise dos dados discutidos nesta seção como um todo, considerando, especialmente, as falas dos representantes de grupos apresentadas no tópico 5.5.

De modo geral, os aspectos positivos do uso das TD durante as AEI foram: (i) a contribuição das tecnologias no planejamento da resolução das atividades e (ii) o apoio na construção do raciocínio dos estudantes. Em contrapartida, o aspecto negativo evidenciado nos dados foi que os estudantes restringiram o uso das TD à simples busca por informações, que poderiam ser acessas por outras fontes, como, por exemplo, livros didáticos.

Considerando uma nova aplicação das atividades propostas neste estudo, o professor-pesquisador deve atentar-se mais às instruções sobre como utilizar as TD como auxílio à resolução das AEI. Embora uma explicação sobre as tecnologias tenha sido realizada no segundo dia da aplicação (Quadro 11), em uma próxima oportunidade essa orientação deve ser aprimorada, levando em consideração os aspectos discutidos neste estudo.

Salienta-se que o aprimoramento das orientações pode ser pautado na ideia de que elas não sejam apenas pontuais, apresentadas em um único dia, mas, sim, que estejam integradas em todo o processo de realização das AEI. Outrossim, são exemplos de orientações que devem ser fornecidas aos estudantes: (i) como filtrar informações e avaliar a confiabilidade das fontes encontradas; (ii) como evitar o plágio; e (iii) esclarecer, de maneira precisa, como cada tecnologia pode auxiliar na

investigação, como na busca de informações, organização de dados, simulações, entre outros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem investigativa visa contribuir durante todo o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, uma vez que lhes permite atuar como protagonistas, favorecendo o desenvolvimento de habilidades como levantamento de hipóteses, análise de dados, elaboração de argumentos e propostas de intervenções, comunicação, entre outras. Com isso, torna-se evidente que o EI fomenta a formação de cidadãos, ou seja, indivíduos capazes de desenvolverem funções importantes e solucionarem problemas presentes nas sociedades em que vivem.

Quando associada ao uso de tecnologias, a abordagem investigativa torna-se ainda mais enriquecedora aos aprendizes, uma vez que os recursos tecnológicos possuem potencial de auxiliar os estudantes nas mais variadas atividades. Considerando que nas atividades investigativas é necessário propor uma solução para o problema fornecido, as TD podem ser adotadas como ferramentas auxiliares que atuam como facilitadoras neste processo.

O questionário inicial objetivou investigar os conhecimentos prévios conceituais e atitudinais dos estudantes participantes da pesquisa. Salienta-se que os conteúdos conceituais prévios eram relacionados aos ácidos e bases, uma vez que foi o tema da sequência de atividades proposta. Outrossim, a etapa de levantamento dos subsunçores é essencial, uma vez que é proposta pelo referencial teórico adotado neste estudo. Em linhas gerais, os dados do questionário evidenciaram que os participantes da pesquisa possuíam concepções distintas sobre os ácidos e as bases e, consequentemente, sobre o pH, antes das atividades investigativas. É válido destacar que, dentre as concepções distintas, definições corretas de ácidos, bases e pH, fizeram-se presentes.

Em relação aos conteúdos atitudinais prévios, é possível inferir que os estudantes, em sua maioria, têm a percepção de que já possuíam os conteúdos atitudinais avaliados em momento anterior à realização das AEI. As atitudes diagnosticadas foram: trabalho em equipe; consideração das opiniões dos colegas; organização frente à resolução de problemas; liderança de grupos; dificuldade em mudar de opinião sobre as ideias que possuem e utilização da tecnologia para aprender Química.

O questionário aplicado após a realização da primeira atividade investigativa visava investigar os conteúdos procedimentais dos estudantes. Neste questionário,

os participantes listaram e explicaram as etapas que adotaram para resolverem o problema proposto. Os quatro grupos propuseram quantidades de etapas semelhantes (dois grupos listaram seis etapas e dois grupos sete etapas) e os procedimentos foram realizados de maneira progressiva, ou seja, inicialmente os grupos realizaram procedimentos mais simples e, à medida que avançavam, realizaram etapas mais complexas. Além disso, três grupos conseguiram estabelecer relações entre as etapas mais complexas e as mais simples, evidenciando uma reconciliação entre os procedimentos. Os resultados evidenciaram que os integrantes dos grupos possuíam competência para solucionar problemas.

Neste mesmo questionário, também havia questões sobre as dificuldades que enfrentaram para solucionarem o problema e sobre a maneira que utilizaram as TD durante a investigação. As dificuldades evidenciadas foram: organização e consenso entre o grupo; montagem da estrutura do experimento e obtenção de uma quantia adequada de chama para a queima do enxofre.

Quanto à forma de utilização das tecnologias, os dados indicaram que os grupos recorreram aos recursos tecnológicos para obterem informações sobre os produtos da queima do enxofre, bem como auxílio para utilizarem os materiais fornecidos e orientações diversas. De modo geral, os grupos utilizaram as TD como ferramentas auxiliares para a resolução dos problemas propostas nas atividades investigativas e na aprendizagem, todavia, sua utilização restringiu-se à busca de informações que poderiam ser encontradas em outras fontes, como livros didáticos.

Um questionário semelhante ao aplicado após a primeira atividade investigativa também foi utilizado posteriormente à segunda investigação. Os dados desse segundo questionário indicaram que todos os grupos realizaram a diferenciação progressiva entre as etapas, todavia, apenas dois deles (grupo 1 e grupo 3) realizaram a reconciliação integrativa. Os resultados também evidenciaram que os integrantes dos grupos demonstraram competência para solucionar problemas. Em relação às dificuldades enfrentadas pelos grupos na resolução do problema da segunda atividade investigativa, foram listadas as seguintes: utilização dos materiais disponibilizados e realização do experimento; tempo de espera pela ocorrência da reação química e dificuldades em todas as etapas.

Quanto à forma de utilização das tecnologias, os dados indicaram que os grupos recorreram aos recursos tecnológicos para obter informações sobre como

utilizar os materiais disponibilizados e sobre a coloração do extrato de repolho roxo em diferentes valores de pH. Um dos quatro grupos afirmou não ter recorrido às TD para solucionar o problema. Em síntese, a utilização das tecnologias também ficou restrita à busca por informações que poderiam ser facilmente encontradas em outras fontes.

Posteriormente à terceira atividade investigativa, outro questionário foi aplicado, semelhante aos utilizados após as primeiras duas investigações. Os dados desse terceiro questionário evidenciaram que todos os grupos conseguiram diferenciar progressivamente as etapas adotadas para solucionar o problema e que apenas um grupo não realizou a reconciliação integrativa. Assim como as atividades investigativas anteriores, os dados obtidos no questionário da AEI3 indicaram a presença dos processos dinâmicos na estrutura cognitiva, o que sugere indícios de aprendizagem significativa de caráter procedimental e de desenvolvimento de competências para a resolução do problema proposto.

As dificuldades enfrentadas pelos grupos para propor uma solução ao problema da terceira investigação foram: utilização do papel indicador de pH e seleção de fontes de pesquisa confiáveis. Um grupo relatou não ter enfrentado dificuldades. Em relação à utilização das tecnologias durante essa atividade, os dados indicaram que todos os grupos as utilizaram para obter informações sobre a coloração das hortênsias em solos com diferentes valores de pH, bem como para adquirir informações gerais, ou seja, novamente restringiram seu uso à busca por dados que poderiam ser acessados por outros meios.

Um integrante de cada grupo foi selecionado para participar de uma entrevista semiestruturada. O objetivo da entrevista era compreender melhor a forma como as tecnologias foram utilizadas pelos grupos durante as atividades. Os dados indicaram que houve colaboração efetiva entre os membros dos grupos e que, embora o uso das tecnologias tenha se limitado à busca por informações que poderiam ter sido obtidas por outros meios, esses recursos desempenharam um papel importante no planejamento das ações dos grupos, contribuindo positivamente para o processo de ensino e aprendizagem, bem como para a resolução dos problemas propostos.

Em momento posterior à realização das três atividades investigativas, os estudantes foram convidados a responder um questionário com o objetivo de avaliar os conteúdos atitudinais após as atividades, a fim de compará-los com os dados

coletados previamente. Além disso, cada estudante elaborou um mapa conceitual sobre o tema abordado nas investigações.

A maioria dos conteúdos atitudinais avaliados apresentou um aumento na quantidade de respostas atribuídas ao grau de concordância “concordo”, indicando que os estudantes tiveram suas percepções modificadas e passaram a reconhecer a importância dos conteúdos atitudinais elencados. Apenas a atitude “consideração das opiniões dos colegas para solucionar problemas” manteve a quantidade de respostas no grau “concordo” antes e depois das atividades. Ressalta-se, ainda, que a atitude relacionada à liderança de grupo apresentou uma redução nesse mesmo grau de concordância após as investigações, sugerindo que os estudantes passaram a perceber com maior clareza os desafios reais envolvidos no exercício da liderança.

Por fim, em relação aos mapas conceituais, estes tinham como objetivo analisar a aprendizagem de conteúdos conceituais relacionados aos ácidos e bases. Cinco mapas foram excluídos na etapa de pré-análise, restando 16 mapas para análise. Todos os mapas analisados apresentaram diferenciação progressiva e apenas três demonstraram reconciliação integrativa. Embora nem todos os mapas se enquadraram na categoria “Reconciliação integrativa”, pode-se concluir que houve indícios de aprendizagem significativa sobre o tema, uma vez que os aspectos dinâmicos da estrutura cognitiva observados são fundamentais para caracterizar esse tipo de aprendizagem.

Considerando os dados analisados e apresentados nesta dissertação, conclui-se que os estudantes do Ensino Médio de uma escola privada do interior paulista apresentaram indícios de aprendizagem significativa nos âmbitos conceitual, procedimental e atitudinal. A essa conclusão atribuem-se contribuições tanto da abordagem investigativa quanto dos recursos tecnológicos utilizados durante as atividades. Além disso, a detecção de avanços na aprendizagem desses conteúdos também pode ser atribuída à teoria adotada como referencial, uma vez que ela oferece subsídios para a observação da aprendizagem, especialmente por meio da análise da presença de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa nos dados obtidos.

No que diz respeito especificamente às TD, conclui-se que essas ferramentas atuaram como suporte no processo de resolução dos problemas propostos nas atividades investigativas de caráter experimental. Todavia, conforme indicam os

dados, seu uso ficou restrito, em grande parte, à busca por informações que poderiam ser acessadas por meio de outras fontes. Ressalta-se que a principal contribuição dos recursos tecnológicos esteve relacionada ao auxílio no planejamento das estratégias para a resolução dos problemas, conforme evidenciado nos dados.

Salienta-se que, quando integradas às atividades investigativas, as TD podem ir além da busca por informações teóricas, atuando como suporte na análise de dados e na organização de resultados, por meio de *softwares* que possibilitam, por exemplo, a elaboração de gráficos e planilhas. Para isso, é fundamental que as AEI sejam estruturadas de modo a possibilitar a coleta de dados que sejam passíveis de sofrerem esse tipo de análise.

Por fim, no que tange às contribuições deste estudo para a área de pesquisa denominada Ensino de Química, destaca-se o preenchimento de uma lacuna identificada na literatura, conforme evidenciado nas revisões bibliográficas realizadas, referente à escassez de trabalhos que relacionem a abordagem investigativa aos recursos tecnológicos e à teoria ausubeliana. Além disso, ressalta-se a ampliação da teoria proposta por Ausubel, empregando-a para mensurar indícios de aprendizagem atitudinal e procedimental.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, N. M. C.; COLUCI, M. Z. O. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 7, p. 3061-3068, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/5vBh8PmW5g4Nqxz3r999vrn/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 24 nov. 2023.

ANDRADE, G. T. B. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 121-138, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/epec/a/3fLRqjTGpX7TVDNfXvVMnrq/abstract/?lang=pt.

ARAÚJO, B.; SANTOS, A. J. S.; VARELA JÚNIOR, J. J. G.; SILVA, A. L. P. pH de cosméticos e sua analogia com o pH biológico: uma abordagem investigativa no ensino de química. **Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 27, n. 2, p. 44-66, 2022. Disponível em: https://www.ppg.revistas.uema.br/index.php/PESQUISA_EM_FOCO/article/view/3112/2169. Acesso em: 02 dez. 2024.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química:** questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Tradução de Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano Editora, 2000.

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology:** a cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicología educativa:** um punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1976.

AYRES, A. C. M.; SELLES, S. E. História da formação de professores: diálogos com a disciplina escolar ciências no ensino fundamental. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p. 95-107, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/epec/v14n2/1983-2117-epec-14- 02-00095.pdf.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In:* CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências:** unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2004. p. 19-34.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico:** contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACICH, L. Formação continuada de professores para o uso de metodologias ativas. *In:* BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma**

educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso Editora, 2018. p. 129-152.

BARBOSA, I. N. A. **O sabor das ciências:** o ensino de química por investigação no IFNMG. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufvjm.edu.br/items/fca6fc83-1ea4-4951-abe8-ae1f2207273c. Acesso em: 19 nov. 2024.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARROS, M. G.; CARVALHO, A. B. G. As concepções de interatividade nos ambientes virtuais de aprendizagem. *In:* SOUSA, R. P.; MOITA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. G. (org.). **Tecnologias Digitais na Educação.** Campina Grande: EDUEPB, 2011. p. 209-232.

BARROW, L. H. A brief history of inquiry: From Dewey to standards. **Journal of Science Teacher Education**, Abingdon, v. 17, n. 3, p. 265–278, 2006.

BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 97-110, 2018. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/152681.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607. Acesso em: 24 jul. 2024.

BORGES, P. B. P. **Experimentação articulada à resolução de problemas:** contribuições nos processos de ensino e de aprendizagem em química. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2022. Disponível em: https://dspace.unipampa.edu.br/handle/riu/7368. Acesso em: 19 nov. 2024.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf. Acesso em: 23 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **PCN+ Ensino Médio:** orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, DF: MEC/SEB, 2002. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf. Acesso em: 23 jul. 2024.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf. Acesso em: 23 jul. 2024.

BRICCIA, V. Sobre a natureza da Ciência e o ensino. *In:* CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2014. p. 111-128.

BRITO, R. C.; CZOLPINSKI, A. L.; VAZ, A.; RAUPP, D. T. Reações químicas na cozinha: o uso do Google Sala de Aula na realização de experimentos investigativos fundamentados na técnica predizer-observar-explicar. **Revista Prática Docente**, Confresa, v. 6, n. 3, p. 1-16, 2021. Disponível em: https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/309. Acesso em: 22 nov. 2024.

CARVALHO, A. C. G. **Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da contribuição de atividades investigativas.** 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino e Processos Formativos) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/items/8cf89fe3-70e9-4379-a45c-270174342dea.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. **Ciências no ensino fundamental:** o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. As pesquisas em ensino influenciando a formação de professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 14, n. 4, p. 247-252, 1992. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a40.pdf.

CASTRO, M. R.; FERREIRA, G.; GONZALEZ, W. **Metodologia da pesquisa em educação**. 1. ed. Nova Iguaçu: Marsupial Editora, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências:** fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez: 2002.

EUGENIO, I. D.; SILVA, L. A. N.; SANTOS, C. M.; GIBIN, G. B. Inteligência artificial frente a resolução de exercícios de Química: um estudo exploratório com o ChatGPT. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 20, n. 1, p. 461-476, 2-23. Disponível em: https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/4786/3627. Acesso em: 09 ago. 2024.

FENNER, G. **Mapas mentais:** potencializando ideias. 1. ed. São Paulo: Brasport, 2017.

FERREIRA, B. J. P. Tecnologias da informação e comunicação na educação: avanço no processo de humanização ou fenômeno de alienação? **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 89-99, 2015. Disponível em: https://periodicos.ufba.br/index.php/revistagerminal/article/view/12434. Acesso em: 12 ago. 2024.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; GIBIN, G. B.; OLIVEIRA, R. C. **Contém Química:** pensar, fazer e aprender com experimentos. São Carlos: Pedro & João Editores, 2011.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRASSON, F. **Aprendizagem significativa conceitual, procedimental e atitudinal na educação alimentar e nutricional, no Ensino Fundamental, por meio de multiplicidade representacional**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016. Disponível em: https://repositorio.uel.br/items/6f3e20a7-25ca-4631-ab75-c0aad3ea64b6. Acesso em:29 nov. 2024.

FRASSON, F.; LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F. Aprendizagem significativa conceitual, procedimental e atitudinal: uma releitura da teoria ausubeliana. **Contexto & Educação**, *[S.l.]*, v. 34, n. 108, p. 303-318, 2019. Disponível em: https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/8840. Acesso em: 27 nov. 2024.

FREITAS, D.; VILLANI, A. Formação de professores de ciências: um desafio sem limites. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2002. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/559/351.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/xJ9FZcgBpg8NKq3KyZNs3Hk/. Acesso em: 24 jul. 2024.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/vLwff6qNpbNP9Y8DHbpwzzC/. Acesso em: 24 jul. 2024.

GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 2, p. 237- 252, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v8n2/08.pdf.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Atividades investigativas voltadas para o desenvolvimento de modelos mentais. *In:* ANTUNES, E. P.; GIBIN, G. B. (org.). **Ensino de Ciências por investigação**: Propostas teórico-práticas a partir de diferentes aportes teóricos. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2021. p. 201-220.

GIBIN, G. B.; OLIVEIRA, R. C. Experimentação no Ensino de Ciências. *In:* ANTUNES, E. P.; FERREIRA, L. H. (org.). **Contém Química 3:** metodologias e estratégias de ensino. São Carlos: Sináptica, 2020. p. 152-162.

GIBIN, G. B.; SOUZA-FILHO, M. P. **Atividades experimentais investigativas em Física e Química:** uma abordagem para o Ensino Médio. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

GUIMARÃES, U. A.; BRANDÃO, C. A.; DAITX, M. A.; DUTRA, A. F. G. A.; LOPES, V. R. B. As mídias digitais no campo educacional: um olhar pelas aplicações do chat GPT na educação. **Revista Científica Multidisciplinar**, Jundiaí, v. 4, n. 7, p. e473556-e473556, 2023. Disponível em: https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3556. Acesso em: 09 ago. 2024.

HEMANN, K. C. V. **Sequência de ensino investigativa no ensino de soluções químicas.** 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2024. Disponível em: https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/13975. Acesso em 12 fev. 2025.

HODSON, D. Experimentos na Ciência e no ensino de Ciências. **Educational Philosophy and Theory**. Tradução de Paulo A. Porto, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.Disponível em: https://www.iq.usp.br/palporto/TextoHodsonExperimentacao.pdf.Acesso em: 24 jul. 2024.

HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del Trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/39077095_Hacia_un_enfoque_mas_critico_del_trabajo_de_laboratorio. Acesso em: 24 jul. 2024.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

KASSEBOEHMER, A. C.; HARTWIG, D. R.; FERREIRA, L. H. **Contém Química 2:** pensar, fazer e aprender pelo método investigativo. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/PSPp8GDNBD4XwVWnZx3MPqz/?lang=pt&format=pdf.

LANGHI, R.; NARDI, R. Trajetórias formativas docentes: buscando aproximações na bibliografia sobre formação de professores. **Alexandria**, v. 5, n. 2, p. 7-28, 2012. Disponível em https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37710/28885.

LEAL, R. R. **Experimentação investigativa em química no ensino médio e suas potencialidades para o exercício da argumentação e um ensino centrado no aluno.** 2019. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/235556/001137980.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 04 jun. 2025.

LEITE, B. S. Inteligência artificial e ensino de Química: uma análise propedêutica do ChatGPT na definição de conceitos químicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 46, n. 9, p. 915-923, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/wmnNF3N6WcxCw3VZBggwSjt/abstract/?lang=pt. Acesso em: 09 ago. 2024.

LEITE, B. S. Pesquisas sobre as tecnologias digitais no ensino de química. **Debates em Educação**, Maceió, v. 13, número especial 2, p. 244-269, 2021. Disponível em: https://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao/article/view/13055. Acesso em: 02 ago. 2024.

LEITE, B. S. Tecnologias digitais na educação: uma visão geral. *In:* LEITE, B. S. (org.). **Tecnologias Digitais na Educação:** da formação à aplicação. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. p. 17-49.

LEITE, B. S. **Tecnologias no ensino de química:** teoria de prática na formação docente. Curitiba: Appris, 2015.

LIMA, C. A. **A importância da experimentação no ensino de Química: trabalhando o conceito de ácido e base no ensino médio**. 2017. Monografia de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/48934/1/2017_tcc_calima.pdf. Acesso em: 17 dez. 2024.

LIMA, E. R. P. O.; MOITA, F. M. G. S. C. A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica. *In:* SOUSA, R. P.; MOITA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. G. (org.). **Tecnologias Digitais na Educação.** Campina Grande: EDUEPB, 2011. p. 131-154.

LIMA, R. A. **Estratégias didáticas com a utilização de simulações PhET em conjunto com atividades experimentais para ensinar química na educação básica.** 2019. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34207. Acesso em: 19 nov. 2024.

LIMA, V. A.; MARCONDES, M. E. R. Atividades experimentais no Ensino de Química: reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. **Enseñanza de las Ciencias**, número extra, 2005. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/13303102.pdf. Acesso em: 24 jul. 2024.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.

LYNN, M. R. Determination and quantification of content validity. **Nursing Research**, Philadelphia, v. 35, n. 6, p. 382-386, 1986. Disponível em: https://journals.lww.com/nursingresearchonline/citation/1986/11000/determination_and_quantification_of_content.17.aspx. Acesso em: 23 nov. 2023.

MARTINES, G. M.; CARVALHO, A. C. G. A realidade dos professores de Química da rede pública em ministrar aulas experimentais. *In:* ENCONTRO DO OESTE PAULISTA DE ENSINO DE QUÍMICA, 1., 2024, Presidente Prudente. **Anais eletrônicos** [...]. Presidente Prudente: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2024. p. 1-20. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/i-encontro-do-oeste-paulista-de-ensino-de-quimica/766806-a-realidade-dos-professores-de-quimica-da-rede-publica-em-ministrar-aulas-experimentais/. Acesso em: 16 dez. 2024.

MELO, C. C. **A experimentação como aporte em atividades por problematização:** uma proposta para a significação de conceitos químicos associados à corrosão. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/36137. Acesso em: 12 fev. 2025.

MENEZES, J. M. S. **Atividades experimentais investigativas no ensino de propriedades coligativas:** possibilidades para aprender significativamente. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6408. Acesso em: 12 fev. 2025.

MORAN, J. **A educação que desejamos:** novos desafios e como chegar lá. Campinas: Papirus, 2012.

MORAN, J. Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias. *In:* MORAN, J.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papirus, 2013. p 11-72.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *In:* BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso Editora, 2018. p. 1-25.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa:** a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.

MOTA JÚNIOR, J. G. **A investigação do erro:** características e potencialidades das atividades investigativas em química com alunos de ensino

médio e sua utilização para o ensino de titulação. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2021. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/items/7117aeb8-d5f3-41d7-9ece-d1d28d3ffb5e. Acesso em: 19 nov. 2024.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Editora, 1984.

NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. A Twelve-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. **American Educational Research Journal**, v. 28, n. 1, p. 117-153, 1991.

NOVAK, J. D. Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. **Instructional Science**, v. 19, n. 1, p. 29-52, 1990. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/23369903. Acesso em: 05 mai. 2025.

OLIVEIRA, A. M. **Concepções alternativas de estudantes do Ensino médio sobre ácidos e bases:** um estudo de caso. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13870/000656392.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 17 dez. 2024.

OLIVEIRA, R. C. Atividades investigativas no Ensino de Ciências. *In:* ANTUNES, E. P.; GIBIN, G. B. (org.). **Ensino de Ciências por investigação:** Propostas teórico-práticas a partir de diferentes aportes teóricos. São Paulo: Livraria da Física, 2021. p. 19-38.

OLIVEIRA, R. C.; GIBIN, G. B. Abordagem investigativa. *In:* ANTUNES, E. P.; FERREIRA, L. H. (org.). **Contém Química 3:** metodologias e estratégias de ensino. São Carlos: Sináptica, 2020. p. 163-184.

OVIGLI, D. F. B.; BERTUCCI, M. C. S. O ensino de ciências nas series iniciais e a formação do professor nas instituições públicas paulistas. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p.88- 104, 2009. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/460/341.

PASCOIN, A. F.; CARVALHO, J. W. P. **Endino de química com tecnologias digitais:** no contexto da formação continuada. Cáceres: Editora UNEMAT, 2023.

PAULETTI, F.; MENDES, M.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. Ensino de química mediado por tecnologias digitais: o que pensam os professores brasileiros? **Revista Interacções**, Santarém, Portugal, v. 13, n. 44, p. 144-167, 2017.

Disponível em: https://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/9820. Acesso em: 05 ago. 2024.

PIVA, G. M. **Diferentes olhares sobre as contribuições da psicologia da educação na formação inicial de professores de química**. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/items/3a2615f2-f0e0-4c3c-aa75-bdfbb63ab22a. Acesso em: 23 nov. 2024.

PIVA, G. M.; SANTOS, C. M.; KOHORI, R. K.; GIBIN, G. B. O uso do smartphone no desenvolvimento de modelos mentais dos alunos no ensino de Química: aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1-24, 2021. Disponível em: https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/rencima/article/view/2786/1520. Acesso em: 06 ago. 2024.

POZO, J. I. A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. *In:* COLL, C. *et al*.(org.). **Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes**. Tradução Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 19-71.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAMINELLI, C. M. P. **Construindo o conceito de radioatividade através do ensino híbrido no ambiente virtual de aprendizagem Google Sala de Aula**. 2019. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

RODRIGUES, A. M.; GIBIN, G. B. **Uso de animações em *stop motion* no ensino de Química: uma proposta cognitivista**. Porto Alegre: Editora Fi, 2021.

RUBIO, D. M.; BERG-WEGER, M.; TEBB, S. S.; LEE, E. S.; RAUCH, S. Objectifying content validity: conducting a content validity study in social work research. **Social Work Research**, v. 27, n. 2, p. 94-104, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Susan-Tebb-2/publication/265086559_Objectifyng_content_validity_Conducting_a_content_validity_study_in_social_work_research/links/558d3ab008ae591c19da8b51/Objectifyng-content-validity-Conducting-a-content-validity-study-in-social-work-research.pdf. Acesso em: 23 nov. 2024.

SÁ, M. B. Z.; PEREIRA, L. F. Polímeros: uma abordagem investigativa alicerçada na teoria da aprendizagem significativa e nos três momentos pedagógicos. **Latin American Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 737-753. Disponível em:

https://ojs.latinamericanpublicacoes.com.br/ojs/index.php/jdev/article/view/1440. Acesso em: 12 fev. 2025.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química:** compromisso com a cidadania. Ijuí: Unijuí, 2010.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, p. 49-67, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?format=pdf&lang=pt.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. *In:* CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2014. p. 41-62.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/download/246/172.

SILVA, L. A. N.; GIBIN, G. B. Olhares de professores de Química da rede pública e privada sobre as metodologias ativas e tecnologias digitais. **Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC)**, Cuiabá, v. 11, n. 1, p. e23093, 2023. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/16293. Acesso em: 29 jul. 2024.

SILVA, L. A. N.; SANTOS, T. A.; GIBIN, G. B. Metodologias ativas e tecnologias digitais na ótica de professores de química durante o ensino remoto: uma análise com auxílio do *software* Iramuteq. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 1-22, 2024. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/17278/10192. Acesso em: 27 nov. 2024.

SILVA, L. F. F.; SILVA, L. A. N. Avaliação da aprendizagem das funções orgânicas no ensino médio: uso da rotação por estações associado aos mapas conceituais. *In:* ENCONTRO DO OESTE PAULISTA DE ENSINO DE QUÍMICA, 2., 2025, Presidente Prudente. **Anais eletrônicos** [...]. Presidente Prudente: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2025. p. 1-20. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/ii-encontro-oeste-paulista-ensino-quimica-490591/1013850-avaliacao-da-aprendizagem-das-funcoes-organicas-no-ensino-medio--uso-da-rotacao-por-estacoes-associado-aos-mapas/. Acesso em: 10 abr. 2025.

SILVA, S. B. **Proposta de uma sequência didática para o ensino de eletroquímica:** biossensor como ferramenta de intervenção didática no processo de ensino – aprendizagem. 2020. Monografia de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Química) – Universidade Federal Rural de

Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/4410. Acesso em: 20 nov. 2024.

SOARES, A. B.; BARIN, C. S. *Podcast:* potencialidades e desafios na práxis educativa. **Revista Tecnologias na Educação**, *[S.l.]*, v. 8, n. 14, 2016. Disponível em: https://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2016/07/Art33-vol14-jul2016-Podcast-Potencialidades-e-desafios-na-pr%C3%A1xis-educativa.pdf. Acesso em: 06 ago. 2024.

SOARES, L. S. H. **Sequência didática para o ensino de química:** o uso da temática lipídios no ensino médio através de metodologias ativas sob uma abordagem CTSA. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020. Disponível em: https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/7466. Acesso em: 20 nov. 2024.

SOUZA, M. A. R.; WALL, M. L.; THULER, A. C. M. C.; LOWEN, I. M. V.; PERES, A. M. O uso do *software* IRAMUTEQ na análise de dados em pesquisas qualitativas. **Journal of School of Nursing**, Curitiba, v. 52, p. 01-07, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/reeusp/a/pPCgsCCgX7t7mZWfp6QfCcC/abstract/?lang=pt. Acesso em: 27 nov. 2024.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14; n. 1, p. 50-74, 2009. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-58212009000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 24 jul. 2024.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. O processo de reflexão orientada como metodologia para a formação inicial docente: almejando a abordagem de ensino por investigação na educação básica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 27, n. 2, p. 93-115, 2022. Disponível em: https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/2715.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. A. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2006.

UNITED STATES OF AMERICA. Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry. National Research Council. **Inquiry and the National Science Standards:** a guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press, 2000. Disponível em: https://staffnew.uny.ac.id/upload/132051059/pendidikan/7.%209596-inquiry%20and%20science%20standard.pdf. Acesso em: 23 jul. 2024.

VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. *In:* BACICH,

L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora:** uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso Editora, 2018. p. 27-44.

WARTHA, E. J.; LEMOS, M. M. Abordagens investigativas no ensino de Química: limites e possibilidades. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 12, n. 24, p. 5-13, 2016. Disponível em: https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/3172. Acesso em: 15 mar. 2024.

WARTHA, E. J.; SANTANA, D. A. S. Construção e validação de instrumento de coleta de dados na pesquisa em Ensino de Ciências. Amazônia. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Belém, v. 16, n. 36, p. 39-52, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/7109/6319. Acesso em: 23 nov. 2023.

ZABALA, A. Introdução. *In:* ZABALA, A. (org.). **Como trabalhar os conteúdos procedimentais em aula**. Tradução Ernani Rosa. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. p. 6-19.

ZAWACKI-RICHTER, O.; MARÍN, V. I.; BOND, M.; GOUVERNEUR, F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, *[S.l.]*, v. 16, n. 1, p.1-7, 2019. Disponível em: https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-019-0171-0. Acesso em: 09 ago. 2024.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/epec/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/abstract/?lang=pt.

APÊNDICE A–QUESTIONÁRIO INICIAL

Nome: _____ Idade: ____ Série: _____

PARTE 1 – CONHECIMENTOS SOBRE ÁCIDOS E BASES

1. Defina o que é um ácido.

_____
_____
_____
_____

2. Defina o que é uma base.

_____
_____
_____
_____

3. Você já ouviu falar sobre ácido e base em algum momento? Se sim, foi em que momento ou situação? Explique.

_____
_____
_____
_____

4. Indique se as substâncias abaixo são ácidas ou básicas. Para isso, coloque dentro dos parênteses a letra (A) para indicar ácido e a letra (B) para indicar base.

( ) $HCl_{(aq)}$	( ) $NaOH_{(aq)}$	( ) $NH_{3(aq)}$
( ) $Mg(OH)_{2(aq)}$	( ) $H_2SO_{4(aq)}$	( ) $Na_2CO_{3(aq)}$

5. O que te levou a classificar as substâncias como de caráter ácido (colocando entre parênteses a letra A) e as substâncias como de caráter base (colocando entre parênteses a letra B)? Explique.

_____
_____
_____
_____

6. Registre abaixo o que você entende quando faz a leitura de um valor pH.

_____
_____
_____
_____

7. O que vem a sua mente quando se fala que uma substância possui valor de pH elevado?

_____
_____
_____
_____

8. Assinale a alternativa correta no que diz respeito ao pH:

( ) Uma substância com pH elevado (maior do que 7) possuí caráter ácido.
( ) Uma substância com pH baixo (menor do que 7) possuí caráter básico.
( ) Uma substância com pH elevado (maior do que 7) possuí caráter neutro.
( ) Uma substância com pH baixo (menor do que 7) possuí caráter ácido.
( ) Não sei responder.

PARTE 2 – PARA TE CONHECER MELHOR

Para cada afirmação abaixo assinale: ***discordo totalmente, discordo parcialmente, concordo parcialmente*** ou ***concordo totalmente***.				
Opções **Afirmações**	**Discordo totalmente**	**Discordo parcialmente**	**Concordo parcialmente**	**Concordo totalmente**
Eu sei trabalhar em equipe.				
Eu levo em consideração as opiniões dos meus colegas.				
Eu sou uma pessoa organizada frente à um problema para resolver.				
Eu procuro assumir a liderança do grupo quando necessário.				
Eu sou uma pessoa difícil de mudar de opinião.				
Eu me considero um nativo digital (domino grande parte dos recursos tecnológicos).				
Eu utilizo a tecnologia para aprender Química.				
Eu acredito que a tecnologia pode me auxiliar em diversas atividades do dia a dia.				

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1

Nomes dos integrantes do grupo: _____

_____

_____

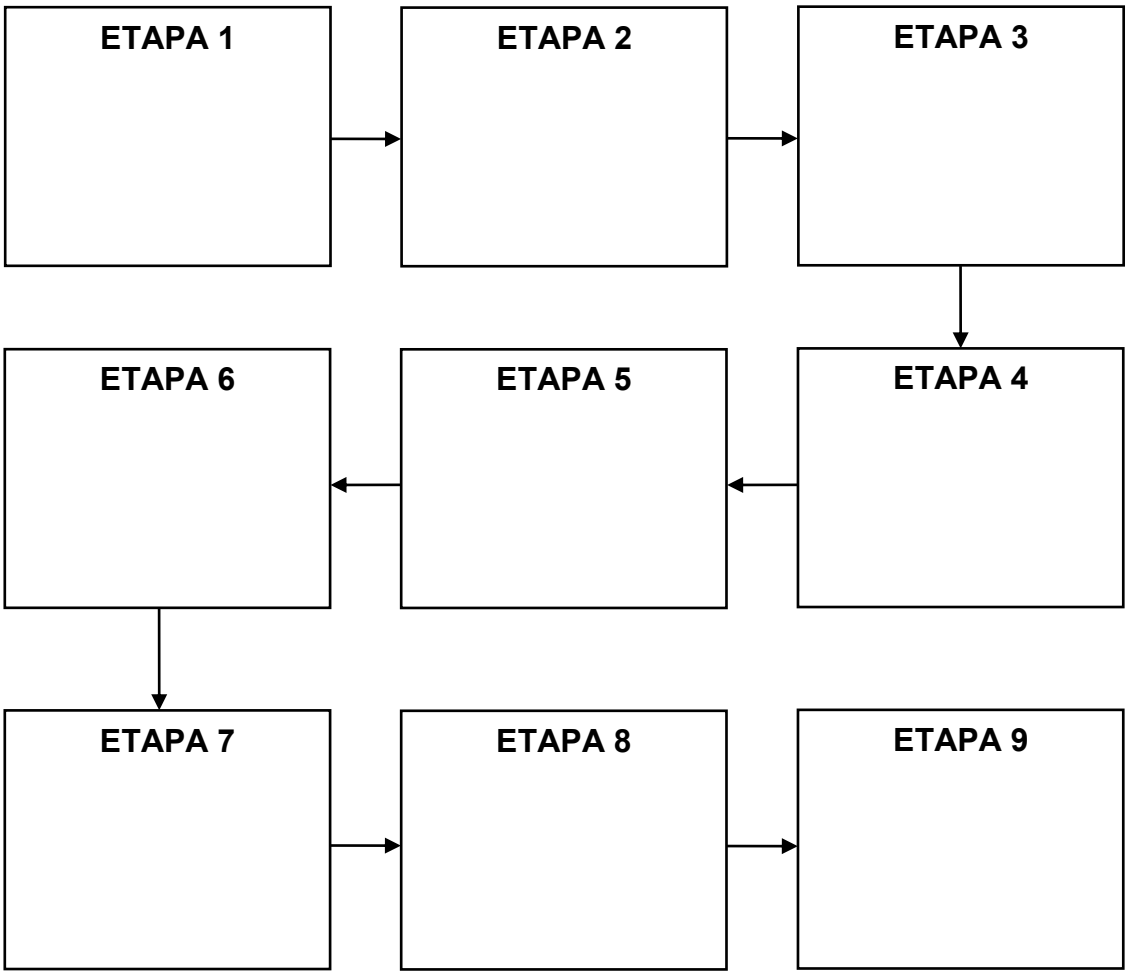
_____

_____

_____

PROBLEMA: Sendo a atmosfera naturalmente formada por gases e vapor de água, como é possível haver formação de ácidos neste meio?

1. Preencham os quadros a seguir indicando as etapas adotadas para a resolução do problema. Notas: (i) não é necessário preencher todos os quadros, a quantidade depende dos caminhos/etapas adotadas pelo grupo; (ii) apenas nomeiem as etapas e não as descrevam, pois, a descrição detalhada de cada etapa deve ser realizada na questão 2.



2. Agora, descrevam as etapas que vocês utilizaram para resolverem o problema proposto. Indiquem o número de cada etapa e a descreva (exemplo: Etapa 1 – Primeiro pensamos em...; Etapa 2 – Fizemos uma busca...).

3. Descrevam quais foram as dificuldades que vocês tiveram para resolver esse problema.

4. Quais recursos tecnológicos vocês utilizaram na resolução deste problema? Expliquem o motivo da escolha para cada recurso tecnológico adotado.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Descrevam como cada recurso tecnológico auxiliou o grupo na resolução deste problema.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2

Nomes dos integrantes do grupo: _____

_____

_____

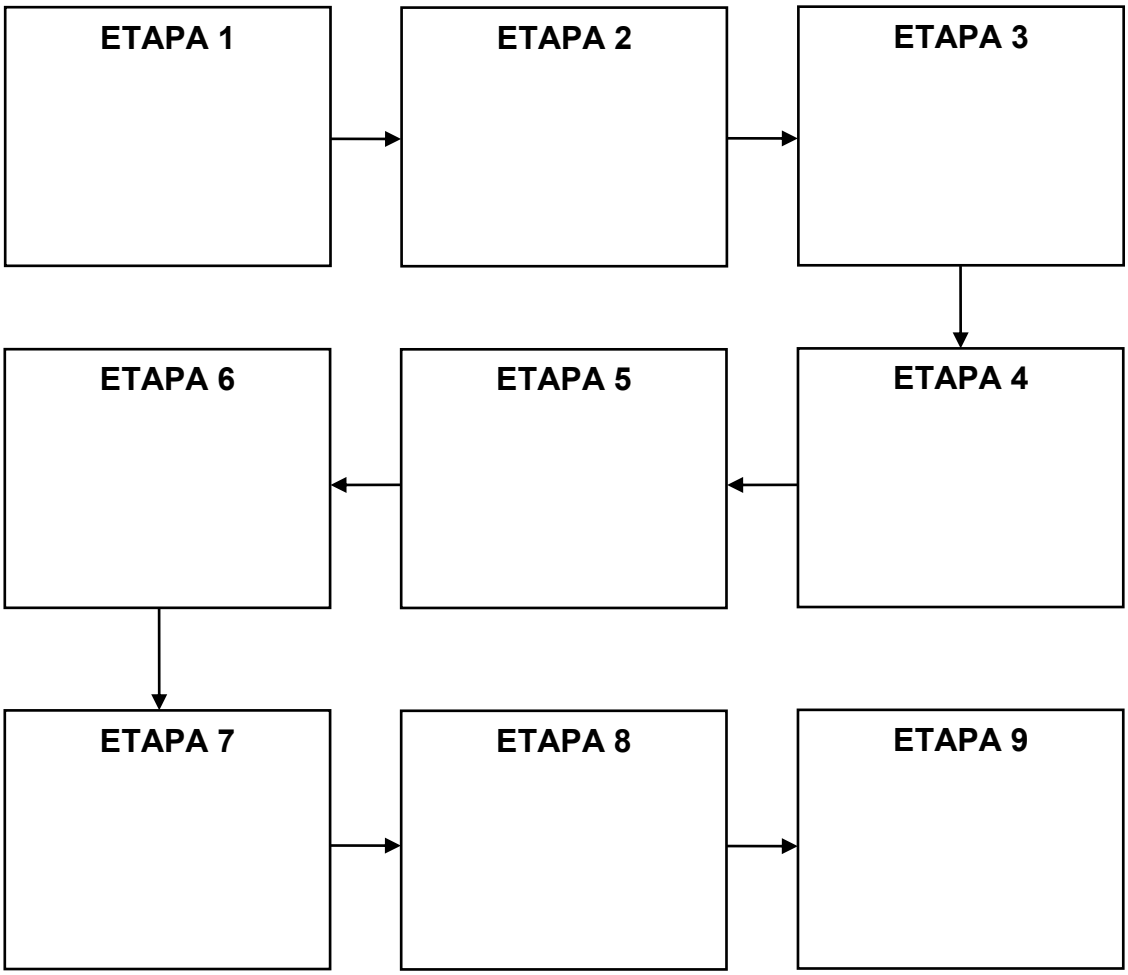
_____

_____

_____

PROBLEMA: Como é possível acompanhar a variação de pH em uma solução ácida que naturalmente perde a acidez?

1. Preencham os quadros a seguir indicando as etapas adotadas para a resolução do problema. Notas: (i) não é necessário preencher todos os quadros, a quantidade depende dos caminhos/etapas adotadas pelo grupo; (ii) apenas nomeiem as etapas e não as descrevam, pois, a descrição detalhada de cada etapa deve ser realizada na questão 2.



2. Agora, descrevam as etapas que vocês utilizaram para resolverem o problema proposto. Indiquem o número de cada etapa e a descreva (exemplo: Etapa 1 – Primeiro pensamos em...; Etapa 2 – Fizemos uma busca...).

3. Descrevam quais foram as dificuldades que vocês tiveram para resolver esse problema.

4. Quais recursos tecnológicos vocês utilizaram na resolução deste problema? Expliquem o motivo da escolha para cada recurso tecnológico adotado.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Descrevam como cada recurso tecnológico auxiliou o grupo na resolução deste problema.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PÓS ATIVIDADE INVESTIGATIVA 3

Nomes dos integrantes do grupo: _____

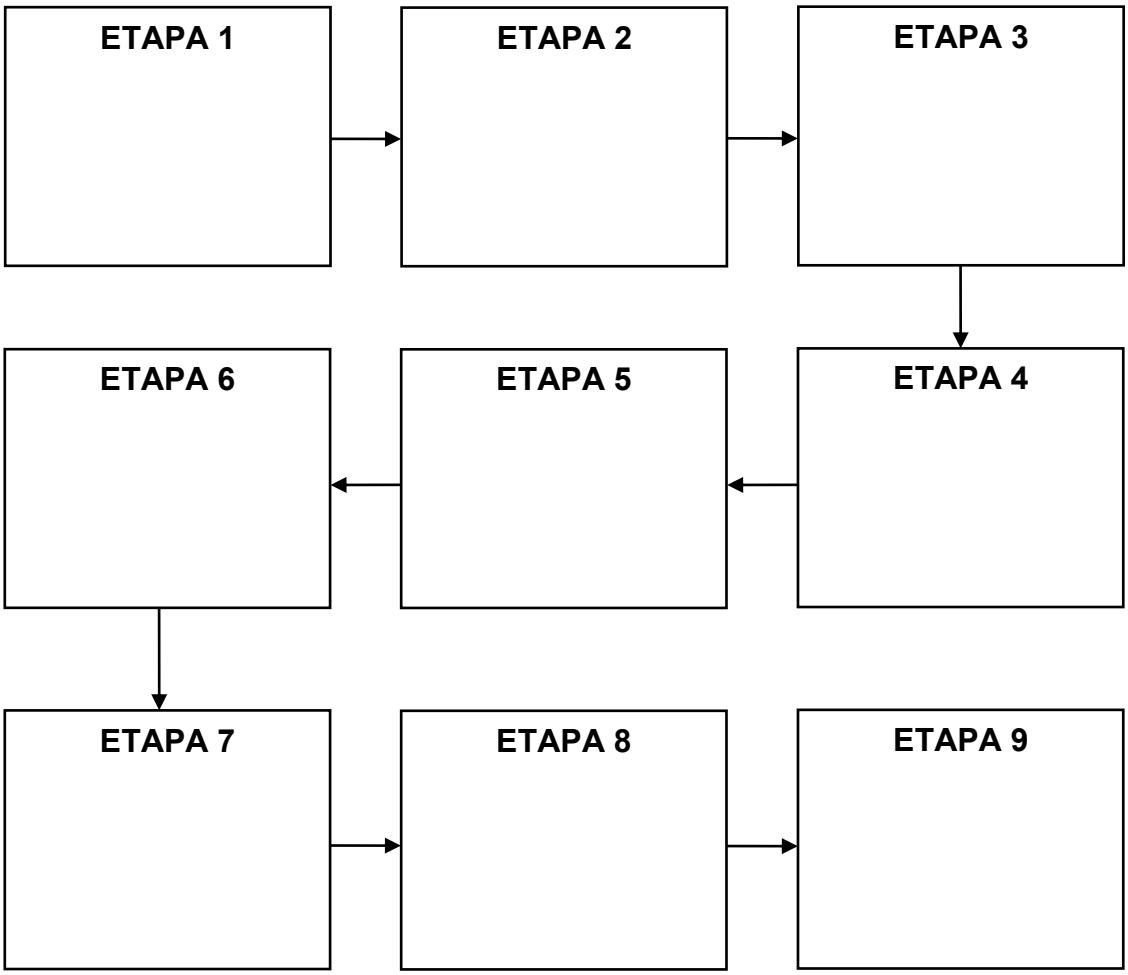
_____

_____

_____

PROBLEMA: Sabemos que existem hortênsias brancas, rodadas, lilases e azuis. Sabemos, também, que às vezes, ao longo do tempo, hortênsias rosadas se tornam azuis e vice-versa. Por que será que isso acontece? Se quisermos obter apenas hortênsias azuis ou apenas hortênsias rosadas o que devemos fazer?

1. Preencham os quadros a seguir indicando as etapas adotadas para a resolução do problema. Notas: (i) não é necessário preencher todos os quadros, a quantidade depende dos caminhos/etapas adotadas pelo grupo; (ii) apenas nomeiem as etapas e não as descrevam, pois, a descrição detalhada de cada etapa deve ser realizada na questão 2.



2. Agora, descrevam as etapas que vocês utilizaram para resolverem o problema proposto. Indiquem o número de cada etapa e a descreva (exemplo: Etapa 1 – Primeiro pensamos em...; Etapa 2 – Fizemos uma busca...).

3. Descrevam quais foram as dificuldades que vocês tiveram para resolver esse problema.

4. Quais recursos tecnológicos vocês utilizaram na resolução deste problema? Expliquem o motivo da escolha para cada recurso tecnológico adotado.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Descrevam como cada recurso tecnológico auxiliou o grupo na resolução deste problema.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO FINAL

Nome: _____ Série: _____

PARTE 1 – AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA EMPREGADA

1. Caso você tenha gostado de ter participado das atividades de investigação, assinale a(s) alternativa(s) que explique o(s) motivo(s). Você pode selecionar mais de uma alternativa.

( ) Eu não gostei.
( ) Fez com que eu me envolvesse mais na aula.
( ) Me ajudou a entender melhor o que são ácidos e bases.
( ) As discussões entre o grupo e a dinâmica das aulas eram interessantes.
( ) Outro: _____

2. Caso você não tenha gostado de ter participado das atividades de investigação, assinale a(s) alternativa(s) que explique o(s) motivo(s). Você pode selecionar mais de uma alternativa.

( ) Eu gostei.
( ) Tive dificuldade em realizar as atividades.
( ) Não entendi o que era para ser feito.
( ) Não gosto dos conteúdos de Química.
( ) Outro: _____

3. Qual atividade investigativa você achou mais fácil? Assinale apenas uma alternativa.

( ) Atividade 1 – Simulação da chuva ácida.
( ) Atividade 2 – Variação do pH em água mineral gaseificada.
( ) Atividade 3 – Mudança de coloração nas hortênsias.

4. Explique o motivo de sua escolha da questão anterior.

_____

_____

_____

_____

5. Qual atividade investigativa você achou mais difícil? Assinale apenas uma alternativa.

( ) Atividade 1 – Simulação da chuva ácida.

( ) Atividade 2 – Variação do pH em água mineral gaseificada.

( ) Atividade 3 – Mudança de coloração nas hortênsias.

6. Explique o motivo de sua escolha da questão anterior.

_____

_____

_____

_____

PARTE 2 – SOBRE VOCÊ

Para cada afirmação abaixo assinale: ***discordo***, ***discordo parcialmente***, ***concordo parcialmente*** ou ***concordo***.				
Opções **Afirmações**	**Discordo totalmente**	**Discordo parcialmente**	**Concordo parcialmente**	**Concordo totalmente**
Eu aprendi a trabalhar em grupo com as atividades investigativas.				
Eu aprendi levar em consideração as opiniões dos meus colegas para solucionar problemas.				
Eu notei que para resolver um problema é necessário organização.				
Eu assumi a liderança do grupo durante as atividades investigativas.				
Eu precisei mudar de opinião durante as atividades em grupo.				
Eu consegui utilizar a tecnologia ao meu favor para resolver os problemas propostos.				
Eu pretendo utilizar a tecnologia para aprender Química, pois notei que pode me auxiliar.				

APÊNDICE F – ROTEIRO DE ENTREVISTA

1. A qual grupo você pertencia?
2. Durante as atividades investigativas, vocês levaram em conta as ideias de todos do grupo? Como foram tomadas as decisões?
3. Quem liderava o grupo na hora de decidir algo?
4. Comente como vocês utilizaram os recursos tecnológicos e para qual finalidade.
5. Você, como representante do grupo, acredita que as tecnologias contribuíram na resolução dos problemas apresentados nas atividades investigativas? Se sim, de que maneira? Se não, por quê?
6. Quais recursos tecnológicos o grupo utilizou durante as atividades?
7. Por fim, as atividades investigativas realizadas com o suporte das tecnologias, auxiliaram no desenvolvimento de habilidades relacionadas às atitudes do grupo? (tomada de decisão, trabalho em equipe, consideração das ideias dos colegas, etc).

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP/CAMPUS PRESIDENTE PRUDENTE

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Aprendizagem significativa dos conceitos químicos de ácidos e bases: uma proposta de ensino por investigação e apoio das tecnologias digitais

Pesquisador: LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 78233424.6.0000.5402

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.764.882

Apresentação do Projeto:

Este PROJETO (CAAE: 78233424.6.0000.5402) de autoria de LEONARDO AUGUSTO NATÉRCIO DA SILVA, aluno regularmente matriculado no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos da Faculdade de Ciências e Tecnologia ¿ FCT/UNESP- Presidente Prudente, foi submetido a este colegiado da mesma Unidade para emissão de parecer, sob a égide da Resolução do CNS Nº 510/2016.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral: Compreender como os alunos aprendem conceitos químicos relacionados à ácidos e bases através da metodologia ensino por investigação e suporte das tecnologias digitais. Objetivos específicos: (1) Investigar as contribuições das tecnologias digitais numa proposta de ensino por investigação; (2) Incorporar a tecnologia como auxílio no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos químicos de ácidos e bases; (3) Elaborar um produto educacional usando arduino e sensores com aplicações na área do Ensino de Química.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há riscos consideráveis, como explicitados nos documentos específicos e obrigatório anexados, como bem explicita o investigador: Simulação da chuva ácida, em que há reagentes que podem causar danos aos tecidos, olhos ou ao Sistema digestório (se ingerido), risco este

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Unesp Prédio da Administração - Sl 05
Bairro: Centro Educacional **CEP:** 19.060-900
UF: SP **Município:** PRESIDENTE PRUDENTE
Telefone: (18)3229-5410 **E-mail:** cep.fct@unesp.br

totalmente monitorado pelo mesmo, por conta dos recrutados serem menores, sob estrita aprovação dos responsáveis legais. BENEFÍCIOS: Como subproduto deste projeto, elaborar-se-á um produto educacional (PE) usando arduino e que seja passível de uso nas aulas de Química. Para tanto, utilizar-se-á esta tecnologia digital e possíveis sensores que podem ser acoplados a ele. Para melhor compreensão do parecerista, entendemos que Arduino é uma plataforma digital auxiliar na elaboração de projetos eletrônicos por meio de hardware, software e placa open-source. Assim, Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica que serve para facilitar projetos de programação, desenvolvendo assim soluções diversas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

¿ Esta é uma pesquisa na área de humanas, mais afeita à área de humanas e pedagógicas quanto a conceitos químicos fundamentais que o lentes e discentes devem lidar no ensino médio, mediante ferramentas tecnológicas de ponta. Como bem explicita o pesquisador na Documento de Informações Básicas da PB: ¿que os participantes (alunos do Ensino Médio de uma escola privada), inicialmente às atividades, tenham dificuldades de resolverem os problemas propostos, tendo em vista que o pesquisador responsável não poderá fornecer respostas diretas aos alunos e que eles podem não ter contato frequente com a metodologia Ensino por Investigação¿ e de que ¿há a hipótese de que estes alunos apresentem melhores resultados nas atividades investigativas 2 e 3 (anexos do texto do projeto), pelo fato de terem se familiarizado com a metodologia empregada na atividade investigativa 1. No tangente à avaliação do produto educacional usando ARDUINO, há a hipótese de que os professores de Química, atuantes nas escolas públicas, reconheçam o teor de inovação e a facilidade de manuseio do protótipo que será fornecido.¿

¿ Fundamenta-se em metodologia proposta por eminente cientista da educação, qual seja, a ¿Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e como referencial metodológico os princípios do EI (Ensino por Investigação).¿

¿ Na metodologia, é bem esclarecido que: a apresentação (do projeto em questão) será uma conversa inicial com os alunos, onde os pesquisadores apresentarão as propostas de atividades e deixarão claro que os alunos terão total liberdade de participar ou não, sem que haja nenhum prejuízo a eles, caso não queiram participar. Salienta-se também que neste momento será lido o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, o qual deverá ser assinado pelos alunos e pelos

seus respectivos responsáveis. Já aos professores das escolas públicas que participarão do processo de avaliação do produto educacional, a apresentação se dará através de uma conversa informal, a ser realizada pelo Google Meet ou presencialmente na escola, em dia e horário disponibilizado pelos docentes.
¿ Etapas da coleta de dados (01 a 15/07/2024 ¿ não há discordância em aprovação pelo CEP) Grupo 1: 40 discentes do Ensino Médio de escola particular para as atividades investigativas; Cindo docentes de Química da rede pública para avaliação do produto educacional com o ¿Arduino¿.
¿ Para análise dos dados coletados, empregará o investigador a análise de conteúdo proposta por Bardin.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
DOCUMENTOS ANEXADOS:
1.INFORMAÇÕES_BÁSICAS
2.TERMO DE RESPONSABILIDADE DOS ARQUIVOS
3.ROTEIRO DE ENTREVISTA
4.QUESTIONÁRIOS
5.DECLARACAO_ESCOLA_PARTICULAR_ASSINADA
6.DESPACHO DE
7.TERMO_DE_ASSENTIMENTO (MENOR PARTICIPANTE)
8.TCLE_ASSINADO
9.PROJETO DETALHADO
10.TERMO_DE_COMPROMISSO_PESQUISADORES_ASSINADO
11.CRONOGRAMA - sem objeções para aprovação
12.FOLHA DE ROSTO ASSINADA E SEGUNDO A RES. 466/12, COM 45 PARTICIPANTES, embora a tônica na maioria dos termos se fundamenta na lei 510/16, sem problemas à aprovação desta investigação.

Recomendações:
NÃO HÁ ASPECTOS CONFLITANTES NA METODOLOGIA QUE REFLETE A EXPERIÊNCIA COMPROVADA DO ORIENTADOR NA ÁREA EDUCACIONAL DE QUÍMICA COM FERRAMENTAS

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP/CAMPUS PRESIDENTE PRUDENTE

Continuação do Parecer: 6.764.882

TECNOLÓGICAS.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

PELO EXPOSTO NO ITEM PRECEDENTE, RECOMENDO A PLENA APROVAÇÃO DESTE ESTUDO PARA MELHOR APROFUNDAMENTO DA PEDAGOGIA CONSTRUTIVISTA NO ENSINO E APRENDIZAGEM DA QUÍMICA FUNDAMENTAL.

Considerações Finais a critério do CEP:

Em reunião realizada no dia 12.04.2024, o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Unesp - Presidente Prudente, em concordância com o(a) parecerista, considerou o projeto APROVADO.

Obs: Lembramos que pesquisas que se enquadram na resolução 466/12 devem apresentar relatório parcial e final, e pesquisas que se enquadram na resolução 510/16 devem apresentar relatório final.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2295177.pdf	14/03/2024 15:54:10		Aceito
Outros	Termo_de_responsabilidade_dos_arquivos_assinado.pdf	14/03/2024 15:52:58	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
Outros	Roteiro_de_entrevista.pdf	14/03/2024 15:52:17	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
Outros	Questionarios.pdf	14/03/2024 15:51:56	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
Outros	Declaracao_escola_particular_assinada.pdf	14/03/2024 15:51:32	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
Outros	Despacho_DE.pdf	14/03/2024 15:49:46	LEONARDO AUGUSTO	Aceito

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Unesp Prédio da Administração - Sl 05
Bairro: Centro Educacional **CEP:** 19.060-900
UF: SP **Município:** PRESIDENTE PRUDENTE
Telefone: (18)3229-5410 **E-mail:** cep.fct@unesp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP/CAMPUS PRESIDENTE PRUDENTE

Continuação do Parecer: 6.764.882

Outros	Despacho_DE.pdf	14/03/2024 15:49:46	NATERCIO DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_assentimento_assinado.pdf	14/03/2024 15:47:41	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_assinado.pdf	14/03/2024 15:47:26	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado_CEP.pdf	14/03/2024 15:46:57	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_pesquisadores_assinado.pdf	14/03/2024 15:46:37	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	14/03/2024 15:45:49	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_assinada.pdf	14/03/2024 15:45:37	LEONARDO AUGUSTO NATERCIO DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

PRESIDENTE PRUDENTE, 15 de Abril de 2024

Assinado por:
Edna Maria do Carmo
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Unesp Prédio da Administração - Sl 05
Bairro: Centro Educacional **CEP:** 19.060-900
UF: SP **Município:** PRESIDENTE PRUDENTE
Telefone: (18)3229-5410 **E-mail:** cep.fct@unesp.br