



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA**

WESLEY DE LIMA CELESTINO

**CONTRIBUIÇÕES DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA A
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO E ELABORAÇÃO DE
MODELOS MENTAIS ATRAVÉS DOS NÍVEIS DE CONHECIMENTO DE
KERMEN E MEHEUT**

CARUARU

2024

WESLEY DE LIMA CELESTINO

**CONTRIBUIÇÕES DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA A
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO E ELABORAÇÃO DE
MODELOS MENTAIS ATRAVÉS DOS NÍVEIS DE CONHECIMENTO DE
KERMEN E MEHEUT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química - Licenciatura do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, na modalidade de monografia, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

Área de concentração: Educação.

Orientador: Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos

CARUARU

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Celestino, Wesley de Lima.

Contribuições de atividades experimentais para a construção do conhecimento químico e elaboração de modelos mentais através dos níveis de conhecimento de Kermen e Meheut / Wesley de Lima Celestino. - Caruaru, 2024.

66 p : il.

Orientador(a): José Ayrton Lira dos Anjos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2024.

Inclui referências, apêndices.

1. Atividades Experimentais. 2. Problematização. 3. Níveis de Conhecimento Químico. 4. Modelos Mentais. 5. Ensino de Química. I. Anjos, José Ayrton Lira dos. (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

WESLEY DE LIMA CELESTINO

**CONTRIBUIÇÕES DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA A
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO E ELABORAÇÃO DE
MODELOS MENTAIS ATRAVÉS DOS NÍVEIS DE CONHECIMENTO DE
KERMEN E MEHEUT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química - Licenciatura do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, na modalidade de monografia, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovado em: 06/09/2024

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Ricardo Lima Guimarães (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Ana Paula de Souza de Freitas (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Em primeiro lugar, dedico este trabalho a mim mesmo, por ser resultado de uma trajetória árdua, porém vitoriosa até o presente momento.

Em segundo lugar, dedico à minha família por todo apoio, orgulho e força que sempre demonstraram ao caminho que escolhi e cada passo em que foi dado. Em especial e menção honrosa à minha amada mãe, Luzinete Lima, que desde que nasci sempre foi e é a minha maior fã. A minha maior conquista da vida, sem dúvida é ser seu filho.

E à minha amada irmã Aline, que sempre me aplaudiu tão alto que eu nunca percebi quem não estava me aplaudindo.

Por fim, mas não menos importante, dedico este trabalho ao meu orientador e mestre José Ayron Lira dos Anjos, por toda força, confiança e credibilidade desde o momento em que nos encontramos pela primeira vez, sem ele isto não seria possível. Obrigado por ser a luz que sempre me guiou nos momentos de escuridão.

A todos, todo meu amor, carinho e gratidão!

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me amparou e me deu a força necessária para nunca desistir do que eu acredito.

A minha família, minha fortaleza, meu alicerce e o motivo de me fazer querer ser melhor. Meus pais Luzinete e Arlindo, meu bem mais precioso, que sem eles eu nada seria.

A minha mãe Luzinete, em especial, que sempre se mostrou presente, participativa e fonte de incentivo e acredito eu que seja a pessoa que mais acredita em mim nesse mundo.

A minha irmã Aline, que nunca soltou minha mão nas batalhas e sempre se encheu de orgulho por todas as minhas conquistas, você me inspira.

As minhas amigas-irmãs Maryenne e Shirilly por toda ajuda, toda partilha e toda força a mim dada, sem vocês eu não conseguia.

As minhas amigas e colegas de curso Maria Eduarda e Caroline, por todo companheirismo para além do acadêmico, vocês são a parte mais bonita da minha história escrita até aqui.

Aos membros de minha turma e meus amigos Paula, Kleyton, Elenilton, Ailton, Paloma, Thais e Vanessa, obrigado por cada momento e sorriso compartilhados, os lembrarei para todo o sempre.

A todos os professores que me inspiraram ao longo da minha jornada e contribuíram para o professor que eu sempre quis me tornar, vocês são meus maiores exemplos. Em especial aos dois que formam minha banca avaliadora: o Professor Doutor Ricardo Guimarães, você não conseguiu me fazer gostar de Orgânica, mas sempre me fez acreditar que eu conseguia e em todo tempo fez questão de me dizer o quão bom eu era; e a Professora Doutora Ana Paula de Souza que incansavelmente ouviu minhas queixas e momentos de falha, mas sempre valorizou meu potencial e me fazia enxergar o que há de bom em mim. Os guardarei para sempre em meu coração.

Ao meu orientador, em menção honrosa, o Professor Doutor José Ayrton Lira dos Anjos, obrigado por enxergar um potencial em mim que eu nunca consegui ver e por ter me feito acreditar que eu era bom o bastante, ao Senhor meu muito obrigado.

A todos os meus familiares e amigos que sempre trouxeram palavras de incentivo e apoio, obrigado por acreditarem em mim.

Obrigado do fundo do meu coração pelas vezes em que eu, em minha insuficiência não consegui enxergar tudo que eu era capaz, mas cada um de vocês aqui mencionados me fizeram acreditar que eu poderia chegar aonde eu quisesse. Minha mais sincera gratidão!

“Aproveite o momento e desfrute-o,
você não tem razão para ter medo.”
(Taylor Swift, 2022)

RESUMO

O presente estudo consistiu em identificar as contribuições das atividades experimentais investigativas para a construção do conhecimento químico de licenciandos de química fundamentando-se nos pressupostos teóricos apresentados por Kermen e Meheut. Baseando-se na hipótese de que os estudantes naturalmente se limitam a representar o fenômeno e consideram a atividade experimental como uma reprodução de um modelo pré-estabelecido. E que tal perspectiva os impede de efetuar a distinção entre a transição dos diferentes níveis de conhecimento químico dificultando uma compreensão mais ampla do processo. A presente pesquisa está voltada à análise dos processos cognitivos e mobilização de uma atividade experimental investigativa. Além disso, buscou suscitar a elaboração de representações mentais como meio de pensar as etapas da atividade a cada passo, tomando como base também a hipótese de que o nível simbólico é o nível que marca a transição aos outros níveis de conhecimento químico. Desta forma, esta pesquisa tem como metodologia utilizada para a análise a aplicação de uma sequência didática realizada através de uma atividade experimental da disciplina de Química Analítica 2 com alunos egressos da disciplina do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco – Campus do Agreste, dividida em quatro momentos. A organização se deu para que os dados pudessem ser coletados através das respostas, discussões e reflexões utilizando-se para isso o modelo *think aloud*, isto é, pensar em voz alta, e os diários de bordo dos estudantes numa roda de conversa posterior a aplicação da sequência didática. A análise dos dados consistiu em relacionar e descrever as respostas dos estudantes de acordo com os pressupostos teóricos que abarcam esta pesquisa, a saber: identificar o modelo de conhecimento químico na perspectiva de Meheut; avaliar os momentos em que ocorrem a transição entre os níveis de conhecimento; avaliar como os estudantes fazem a transição entre os níveis para favorecer a elaboração dos modelos mentais e conseqüentemente a compreensão do fenômeno discutido. Os resultados da pesquisa mostraram que as atividades experimentais investigativas melhoram a capacidade dos estudantes de transitar entre os níveis de conhecimento de Kermen e Meheut, do concreto ao abstrato, e avançam na elaboração de modelos mentais. Estes

modelos facilitam a compreensão dos fenômenos nos níveis macroscópico, submicroscópico, simbólico e empírico, promovendo uma integração entre teoria e prática na construção do conhecimento químico. Por fim, conclui-se que a integração dos elementos estudados pode contribuir para o desenvolvimento habilidades cognitivas superiores, como análise e síntese, permitindo aos estudantes não só aprender conceitos químicos, mas também pensar criticamente e resolver problemas de forma criativa, resultando em um conhecimento mais coeso e aplicável. Com isso, novos estudos podem identificar as abordagens mais eficazes para integrar atividades experimentais, problematização e modelos mentais no ensino de Química, possibilitando a criação de ferramentas e recursos didáticos que auxiliem os professores na aplicação dessas estratégias em sala de aula e facilitar o processo de construção do conhecimento químico.

Palavras-chave: níveis de conhecimento; atividades experimentais; problematização; representações e modelos.

ABSTRACT

The present study consisted of identifying the contributions of investigative experimental activities to the construction of chemical knowledge of undergraduate chemistry students based on the theoretical assumptions presented by Kermen and Meheut. It was based on the hypothesis that students naturally limit themselves to representing the phenomenon and consider the experimental activity as a reproduction of a pre-established model. And that such a perspective prevents them from distinguishing between the transition of the different levels of chemical knowledge, making it difficult to have a broader understanding of the process. The present research is focused on the analysis of cognitive processes and the mobilization of an investigative experimental activity. In addition, it sought to encourage the elaboration of mental representations as a means of thinking about the stages of the activity at each step, also based on the hypothesis that the symbolic level is the level that marks the transition to the other levels of chemical knowledge. Thus, this research uses as its methodology for analysis the application of a didactic sequence carried out through an experimental activity of the Analytical Chemistry 2 discipline with students who graduated from the Chemistry Undergraduate course at the Federal University of Pernambuco – Agreste Campus, divided into four moments. The organization was so that the data could be collected through responses, discussions and reflections using the think aloud model, that is, thinking out loud, and the students' logbooks in a conversation circle after the application of the didactic sequence. Data analysis consisted of relating and describing the students' responses according to the theoretical assumptions that encompass this research, namely: identifying the chemical knowledge model from Meheut's perspective; evaluating the moments in which the transition between levels of knowledge occurs; evaluating how students make the transition between levels to favor the elaboration of mental models and consequently the understanding of the phenomenon discussed. The results of the research showed that experimental investigative activities improve students' ability to move between Kermen and Meheut's levels of knowledge, from concrete to abstract, and advance the development of mental models. These models facilitate the understanding of phenomena at the macroscopic, submicroscopic, symbolic and empirical levels,

promoting an integration between theory and practice in the construction of chemical knowledge. Finally, it is concluded that the integration of the elements studied can contribute to the development of higher cognitive skills, such as analysis and synthesis, allowing students not only to learn chemical concepts, but also to think critically and solve problems creatively, resulting in more cohesive and applicable knowledge. With this, new studies can identify the most effective approaches to integrate experimental activities, problematization and mental models in the teaching of Chemistry, enabling the creation of teaching tools and resources that help teachers apply these strategies in the classroom and facilitate the process of construction of chemical knowledge.

Keywords: levels of knowledge; experimental activities; problematization; representations and models.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Triângulo de Johnstone (1993)	24
Figura 2 –	Adaptação do Triângulo de Johnstone (1993) proposta por Kermen e Meheut (2009)	26
Quadro 1 –	Descrição dos momentos da sequência didática (2024)	32
Figura 3 –	Diário de bordo Estudante E1 (2024)	36
Figura 4 –	Diário de bordo Estudante E2 (2024)	37
Figura 5 –	Diário de bordo Estudante E3 (2024)	41
Figura 6 –	Diário de bordo Estudante E3 (2024)	43
Figura 7 –	Diário de bordo Estudante E5 (2024)	45
Figura 8 –	Diário de bordo Estudante E6 (2024)	46
Figura 9 –	Diário de bordo Estudante E7 (2024)	47
Figura 10 –	Diário de bordo Estudante E5 (2024)	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivos Específicos.....	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
3.1	A problematização em atividades experimentais para o ensino de Química.....	17
3.2	A Química Analítica.....	21
3.3	Os níveis de conhecimento de Meheut como uma perspectiva de compreender e dialogar com o conhecimento químico.....	24
3.4	Os modelos mentais.....	27
4	METODOLOGIA.....	30
4.1	Caracterização da pesquisa.....	30
4.2	Participantes e campo de pesquisa.....	30
4.3	Construção dos dados.....	30
4.3.1	Descrição da atividade didática.....	31
4.3.2	Instrumento de coleta dos dados.....	33
4.3.3	Instrumento de análise dos dados.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1	Análise individual das respostas do Grupo Vinagre.....	35
5.1.1	Primeiro momento da roda de conversa: o uso de modelos mentais.....	35
5.2.2	Segundo momento da roda de conversa: a importância da desfragmentação do roteiro.....	38
5.2.3	Terceiro e último momento da roda de conversa: a transição dos níveis de conhecimento.....	42
5.2	Análise individual das respostas do Grupo Leite.....	44
5.2.1	Primeiro momento da roda de conversa: a relevância da representação dos fenômenos na quantificação deles.....	44
5.2.2	Segundo momento da roda de conversa: os modelos mentais..	47

5.2.3	Terceiro momento da roda de conversa: a interligação das etapas do processo.....	51
5.2.4	Quarto momento da roda de conversa: a liberdade de representação.....	52
5.2.5	Quinto e último momento da roda de conversa: as contribuições da problematização.....	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	REFERÊNCIAS.....	59
	APÊNDICE A – DETERMINAÇÃO DO ÁCIDO ACÉTICO NO VINAGRE.....	64
	APÊNDICE B – DETERMINAÇÃO DO ÁCIDO LÁTICO NO LEITE.....	65

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário educacional, a busca incessante por estratégias e recursos pedagógicos eficazes tem levado educadores e pesquisadores a explorarem diversas abordagens metodológicas que visam aprimorar o processo de ensino-aprendizagem, especialmente no que se trata das ciências. No âmbito do ensino de Química, a importância da vivência prática e experimental tem se destacado e favorecido melhor compreensão e significação de conceitos químicos para além de comprovação teórica (Giordan, 1999). Portanto, a presente pesquisa buscou considerar as teorias das referências utilizadas e compreender como as atividades experimentais de caráter investigativo e problematizador influenciam a construção de conhecimentos em diferentes estágios cognitivos nos estudantes de um curso de Química Licenciatura, proporcionando uma análise aprofundada sobre o papel dessas práticas no desenvolvimento da compreensão conceitual e na formação de competências práticas.

Nesse sentido, este trabalho teve como proposta analisar como os estudantes do curso de Licenciatura em Química através de atividades experimentais problematizadoras constroem o conhecimento químico na abordagem do triângulo de modos de representação deste conhecimento proposto inicialmente por Alex H. Johnstone (1982) e que, com isso, segundo o autor, a Química deveria ser compreendida em três níveis: macroscópico, microscópico e simbólico (Johnstone, 1982), porém, de forma mais avançada, trazendo para uma perspectiva mais aprimorada deste triângulo com a inclusão do nível empírico proposta por Kermen e Meheut (2009).

Em observações de experiências pessoais, alguns dos estudantes presentes nas atividades experimentais se interessam pelo fenômeno que ocorre naquela atividade e não fazem uma relação direta entre os processos que estão acontecendo naquela representação com os dados matemáticos ou aspectos macroscópicos que dão embasamento àquele conhecimento construído. Desse modo, pode-se ressaltar também, que não há uma reflexão crítica acerca da problematização presente nas atividades experimentais tendo em vista que muitos dos alunos associam aquela representação somente ao embasamento teórico estudado anteriormente.

Nesta perspectiva, o presente trabalho se justifica pela necessidade de compreensão sobre como a falta de reflexão por parte dos estudantes durante o

desenvolvimento das atividades experimentais pode dificultar a interpretação dos fenômenos químicos e cálculos presentes em atividades experimentais. Visto que, limitam-se somente ao raciocínio lógico-matemático que precisam apresentar, referentes àquela prática e, com isso, não fazem uma reflexão crítica acerca das atividades e o que torna aquela prática importante nesta construção do saber. Além disso, almejou-se destacar a importância de estratégias instrucionais que integrem efetivamente a teoria e a prática, promovendo uma aprendizagem apreciável e duradoura no que diz respeito à construção do conhecimento químico.

Com isso, a ideia é que, inicialmente, seja feita uma análise do conhecimento prévio dos discentes a respeito da atividade experimental pertencente à disciplina de Química Analítica em específico para que se possa, posteriormente, fazer uma relação com o conhecimento adquirido após as atividades experimentais realizadas no laboratório trazendo os aspectos da problematização dos modos de conhecimento de Kermen e Meheut (2009) e das teorias acerca de estudos sobre elaboração de modelos mentais e suas contribuições como aporte teórico. Assim, conforme coloca Delizoicov (2005), a problematização contribui para criar entre os estudantes a necessidade da apropriação de um conhecimento que pode não ter sido visto por eles anteriormente.

A escolha do campo de pesquisa ser o laboratório da disciplina de Química Analítica 2 se deu devido às práticas experimentais desta disciplina serem regidas à metodologia da problematização, contextualização e modelos mentais de representação dos fenômenos que representam estas atividades.

Posteriormente são apresentados os elementos que fundamentam os objetivos desta pesquisa e consecutivamente serão discutidos os resultados baseando-se na proposta, na hipótese e nas conclusões apresentadas pelos estudantes. Por fim, serão feitas as considerações finais acerca da contribuição das atividades experimentais, a elaboração dos modelos mentais por parte dos estudantes e a problematização para a construção do conhecimento químico e analisando se as intervenções realizadas durante a pesquisa apresentaram contribuição significativa para o objetivo desta e de como todos estes aspectos estão interligados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar as contribuições da experimentação problematizadora para mobilização dos níveis de conhecimento químico de Kermen e Meheut (2009) a partir da elaboração de modelos mentais pelos estudantes.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as contribuições das atividades experimentais para promover a relação entre os níveis empírico e simbólico;
- Verificar como a construção de modelos mentais pelos estudantes auxilia na compreensão do fenômeno estudado a partir das relações estabelecidas entre os quatro níveis de construção do conhecimento químico, a saber: macroscópico, submicroscópico, simbólico e empírico;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para compreender os fundamentos teóricos que sustentam este trabalho, foi apresentada uma análise das principais correntes e conceitos que permeiam a temática abordada. Inicialmente, foram explorados os princípios e definições essenciais acerca da abordagem da metodologia de problematização em atividades experimentais para o ensino de Química, seguido pela discussão dos principais conceitos que se fundamenta a Química Analítica. Diante disso, foram apresentados os pressupostos teóricos cruciais acerca dos níveis de construção de conhecimento químico propostos inicialmente por Johnson (1993) e posteriormente aprofundados por Kermen e Meheut (2009), que servem de base para as argumentações e análises subsequentes.

Por fim, buscou-se fornecer um panorama abrangente trazendo os principais conceitos e discussões do campo de estudo dos modelos mentais, visando estabelecer a conexão entre a teoria e a prática, e culminando na reflexão sobre a aplicabilidade desses conhecimentos no contexto proposto para fundamentar o presente estudo.

3.1 A problematização em atividades experimentais para o ensino de Química

Da década de oitenta até estudos mais atuais, se tem pesquisado sobre a importância da experimentação para o ensino de Química (Hodson, 1988; Giordan, 1999; Galiuzzi *et al.*, 2007; Benite *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2010). Como pontua Giordan (1999), há um acordo geral de que a prática de atividades experimentais possibilita o despertar do interesse dos estudantes em estudar a ciência em todos os níveis de escolaridade, pois os estudantes observam que a experimentação tem caráter motivador estando diretamente ligada à estimulação dos sentidos e exemplificação de conceitos. E, para os professores, atividades experimentais elevam a capacidade de aprendizagem uma vez que engaja os alunos nos conteúdos em que se está trabalhando (Benite *et al.*, 2009).

Segundo Abraham *et al.* (1997), o ensino de Química que se concentra apenas em conceitos científicos sem interligar às situações do mundo real pode não apresentar o desenvolvimento de interesse nos estudantes que estão no seu processo de construção do conhecimento. Diante disso, a utilização da experimentação emerge

como um recurso pedagógico importante que tem o intuito de despertar o interesse dos alunos e envolvê-los nos temas abordados para que assim se atinja êxito no processo de ensino-aprendizagem. Com isso, Machado *et al.* (1999) pontuam que professores que baseiam suas reflexões nas experiências vivenciadas na sala de aula chegam à conclusão de que a experimentação é uma ferramenta muito válida na explicitação, problematização e discussão dos conceitos científicos junto aos estudantes, criando assim condições propícias para a interação e intervenção pedagógica por parte do professor neste processo.

Dessa forma, atividades experimentais são utilizadas no ensino de Química com o objetivo de facilitar o processo de ensino-aprendizagem quando se diz respeito a conceitos científicos uma vez que, os estudantes conseguem aprendê-los, mas não os contextualizam e fazem aplicações (Giordan, 1999). Diante desta dificuldade, Ferreira *et al.* (2010, p.101) pontuam que “a maioria dos estudantes tem dificuldades para utilizar o conteúdo trabalhado nas aulas experimentais em situações extraídas do cotidiano porque as realizam em um contexto não significativo”. Com isso, surgem discussões sobre a eficiência da experimentação no ensino de Química e sua eficácia na construção do conhecimento do indivíduo.

A experimentação em atividades práticas deve ser muito bem planejada, adotando uma perspectiva cultural e destacando as teorias pedagógicas tanto dos educandos quanto dos professores. No que tange o ensino de Química, a experimentação é reconhecida como uma ferramenta pedagógica importantíssima, uma vez que os estudantes e os professores frequentemente possuem teorias epistemológicas que demandam uma abordagem crítica. Sendo assim, o principal objetivo de uma atividade experimental deve ser direcionado precisamente para a aprendizagem do educando por meio da realização da prática (Galiazzi; Gonçalves, 2004).

Entretanto, para que haja uma percepção acerca da importância do papel da experimentação no ensino de Química, é válido ressaltar como esta prática é exercida e quais os objetivos de aprendizagem querem ser atingidos. Nesse viés, a problematização é uma abordagem utilizada em práticas experimentais através de um caráter investigativo e com o intuito de contextualizar os conceitos científicos proporcionando uma inserção maior do estudante no processo de construção do conhecimento químico.

Nessa perspectiva, conforme Galiazzi e Gonçalves (2004), alguns educadores percebem a experimentação como uma ferramenta crucial para instigar a motivação e interesse dos estudantes. Esta perspectiva está vinculada às concepções empiristas da ciência, nas quais a motivação resulta da capacidade do estudante de observar o objeto de estudo, ou seja, a motivação é despertada a partir da apresentação de algo novo, diferente e atrativo a eles. No entanto, a real motivação do estudante surge quando o professor realiza intervenções a partir de um questionamento e uma problematização em relação a este novo conhecimento apresentado. Desse modo, a aprendizagem científica se fortalece com o estímulo à indagação e aos questionamentos.

Logo, é possível evidenciar na abordagem da experimentação problematizadora uma ênfase no diálogo, na troca de ideias e no confronto das concepções dos estudantes, possibilitando assim o desenvolvimento de questionamentos entre eles. Nesse viés, para Francisco Júnior *et al.* (2008), a construção destes conhecimentos nada mais é do que algo social e coletivo, pois demanda interação e reflexão, já que essa abordagem deve ser implementada antes de qualquer exposição de conceitos por parte do professor, visando possibilitar ao aluno o ato de atribuir significado ao que está se aprendendo.

Para isso, ainda na ótica das discussões de Ferreira *et al.* (2010), a problematização em atividades experimentais quando aplicada ao ensino de Química representa uma metodologia valiosa para auxiliar na construção de conceitos. Dessa forma, indo de encontro com as atividades de laboratório tradicionais que seguem roteiros predefinidos propostas pelo professor, este ensino problematizador busca promover a investigação a partir de situações-problema. E esta abordagem pode estimular a participação dos estudantes, desenvolver atitudes e conhecimentos, tendo como principal foco uma aprendizagem mais relevante e auxiliando na construção do conhecimento químico do estudante.

Assim, de acordo com as discussões sobre a inserção da problematização neste contexto, Delizoicov (2005) define a problematização como um processo no qual o estudante pode desenvolver habilidades cognitivas, explicitar seus conhecimentos prévios acerca dos conceitos e contextualizar o que está sendo discutido em sala de aula através de situações nas quais eles estão inseridos. Para isso, Delizoicov (2005) ainda pontua a importância do papel do professor no exercício desta prática e como ela é realizada a fins de proporcionar melhor aprendizagem para os estudantes:

Apresentam-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam, e que estão envolvidas nos temas, e que também exigem a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias para interpretá-las. Neste momento problematiza-se o conhecimento que os alunos vão expondo, de modo geral a partir de poucas questões propostas, inicialmente discutidas num pequeno grupo, para após explorarem-se as posições dos vários grupos com toda a classe, no grande grupo (Delizoicov, 2005, p.12).

Diante disso, muitos pesquisadores (Ferreira, 2008; Francisco Jr, 2008; Honorato; Mion, 2009; Leite; Soares, 2015) fundamentam suas discussões e estudos pautando-se nas ideias emergentes da pedagogia de Paulo Freire (1967), em que abordam que a problematização constitui em uma metodologia educacional na qual o professor assume a responsabilidade de estimular nos estudantes a reflexão e o pensamento crítico, a habilidade de formar opiniões, a curiosidade e a capacidade de questionar o conhecimento que lhes é transmitido, promovendo assim o desenvolvimento de uma postura crítica por parte dos alunos.

Com isso, frente à demanda por inovações no campo do ensino, seguindo as reflexões trazidas por Darius e Lopes (2017), faz-se necessário considerar pesquisas e projetos que adotem a abordagem problematizadora como uma válida orientação para o aperfeiçoamento profissional dos professores. Assim, o objetivo central é transcender a simples transmissão e aquisição de conhecimentos, buscando assim a aplicação da metodologia de problematização como uma alternativa viável para este aperfeiçoamento. Com isso, essa abordagem propõe a transformação do papel do professor, que passa a atuar como regente no processo de ensino e aprendizagem do estudante, estimulando assim a sua participação e envolvimento com estas práticas educativas adotadas no ambiente escolar/acadêmico.

Ainda nos pensamentos de Darius e Lopes (2017), ao colocar os estudantes diante de problemas reais ou simulados que necessitam de soluções, a problematização desenvolve habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas. Os estudantes são incentivados a questionar, analisar e buscar soluções de forma independente e colaborativa. A contextualização do conhecimento permite que os estudantes vejam a relevância prática do que estão aprendendo. Isso aumenta o engajamento e a motivação, pois os estudantes percebem a utilidade do conhecimento para resolver problemas concretos. Ao desafiar os estudantes a resolverem problemas que não têm soluções pré-determinadas, a problematização

incentiva a autonomia e a criatividade. Os estudantes são encorajados a explorar diferentes abordagens e a desenvolver soluções originais (Darius; Lopes, 2017).

Neste tipo de abordagem metodológica, é trivial que os estudantes sejam orientados a desenvolver habilidades de problematização, uma vez que é por meio da reflexão crítica que eles conseguem analisar as dificuldades, contradições e lacunas presentes no contexto real em que eles vivem, pois quando se deparam com contextos complexos, torna-se essencial que saibam identificar e formular questões problemáticas promovendo assim a busca por possibilidades de soluções. Com isso, corroborando com o pensamento de Berbel (1995), é imprescindível que o professor auxilie os estudantes no desenvolvimento desse processo reflexivo frente às problemáticas apresentadas e direcione as discussões de uma forma com que evite dispersões ou os distancie da reflexão real do problema, desempenhando assim um papel fundamental nas análises das problemáticas em que serão apresentadas aos estudantes, formulando questões de aprendizagem que realmente contribuem para a construção do conhecimento científico e de habilidades no processo de formação do estudante.

Em suma, as atividades práticas experimentais com foco em problematização oferecem diversas contribuições no processo de ensino e aprendizagem do estudante, como bem pontua Pereira (2010), possibilitando assim um aprimoramento na qualidade tanto na compreensão de conceitos, em habilidades de expressão oral e escrita, quanto na utilização de representações simbólicas e matemáticas, na conexão do processo histórico, fenomenológico e originador de conceitos científicos, na formulação de novas hipóteses investigativas, em planejamentos e sugestões de possíveis soluções.

3.2 A Química Analítica

A disciplina de Química Analítica 2 presente na grade curricular do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco – Campus Agreste tem sido estruturada abordando as atividades experimentais problematizadoras. Esse método promove no discente o aprimoramento do pensamento crítico e da capacidade analítica. Os estudantes são encorajados a questionar, investigar e encontrar

soluções, o que reforça suas habilidades de raciocínio e autonomia na construção do seu conhecimento.

De modo amplo e objetivo, Vasconcelos (2011) define a Química Analítica como uma importante ciência experimental onde é possível identificar e determinar os constituintes de alguma amostra e essa ciência está baseada nas relações da composição da amostra, suas propriedades e processos de separação. Ainda segundo Vasconcelos (2011), a Química Analítica se refere à área de análise para determinação de uma quantidade presente em uma amostra, ou seja, são métodos utilizados para que algo possa ser medido e quantificado, como bem pode ser compreendido pela etimologia da palavra. Desse modo, como inferem Romão *et al.* (2008), esta ciência possui uma relevância significativa do ponto de vista prático, pois apresenta um conjunto de métodos de investigação das substâncias e de suas transformações fazendo com que seja possível através de análises químicas trazer contribuições para o controle químico da produção em setores industriais e para estudos e pesquisas de solos, produtos agrícolas, matérias primas, fertilizantes, entre outros, por exemplo.

Com isso, os métodos analíticos para conduzir análises químicas são divididos em duas categorias distintas: clássicos e instrumentais. No âmbito dos métodos clássicos, destacam-se os métodos gravimétricos e os volumétricos. No primeiro, os métodos gravimétricos têm como função determinar a massa do analito (a amostra em análise) ou dos compostos químicos que o relaciona. Já nos métodos volumétricos, mede-se o volume da solução que contém um reagente em quantidade suficiente para reagir com o analito presente nesta solução. Esses métodos envolvem processos de dissolução, extração, além de conceitos de reações químicas e estequiometria e, embora sejam mais demorados, apresentam alta exatidão e precisão quando executados de forma adequada. Por outro lado, os métodos instrumentais consistem na medição das propriedades físicas do analito como condutividade, absorção ou emissão de luz, potencial, relação de carga e massa e fluorescência, por exemplo. Nestes tipos de métodos, requerem a utilização de equipamentos sofisticados podendo incluir reações químicas ao longo das análises e, embora sejam mais rápidos, podem apresentar menores precisões do que os métodos clássicos (Romão *et al.*, 2008).

Neste trabalho, o método utilizado na atividade experimental desenvolvida foi um método volumétrico conhecido como Titulação ou Volumetria. Com o intuito de

determinar a concentração ou teor de um reagente ou analito, este método consiste em fazer reagir completamente um volume conhecido de uma amostra contendo o analito com um volume determinado de um reagente de natureza e concentração conhecidas. A espécie química com concentração previamente definida é chamada de titulante, enquanto a solução cuja concentração se deseja determinar é chamada de titulado. Usualmente, para realizar uma titulação manual, utiliza-se um *Erlenmeyer*, onde são misturados o titulado, ou seja, a amostra a ser analisada, água e um indicador, e uma bureta, que contém o titulante, a substância básica utilizada para realizar a titulação da amostra (Vogel, 1992; Skoog *et al.*, 2006). À medida que o titulante é adicionado lentamente ao titulado, o pH da mistura altera-se, e essa variação pode ser registrada de forma gráfica, formando assim, a curva de titulação. Esta curva permite, pela observação da evolução do valor do pH, identificar a titulação, determinar os reagentes envolvidos e ler o volume do titulante utilizado até o ponto de equivalência (Vogel, 1992).

A titulação ácido base, aqui utilizada, baseia-se em reações completas entre ácidos e bases. Nesse processo, um ácido reage com uma base até atingir o ponto de equivalência, definido como o ponto em que a quantidade adicionada de titulante é quimicamente equivalente à quantidade de analito na amostra. Neste ponto de equivalência, ambos os reagentes reagiram entre si nas proporções estequiométricas, sendo ambos consumidos sem que haja excesso de nenhum deles. A relação entre o número de mol do titulante adicionado e o número de mol do titulado é determinada pela estequiometria da reação. O ponto de equivalência varia conforme as concentrações iniciais do titulante e do titulado e pode ser detectado através da medição do pH na solução final ou com o uso de um indicador químico que mude de cor ao atingir o ponto de equivalência (Vogel, 1992; Skoog, *et al.*, 2006).

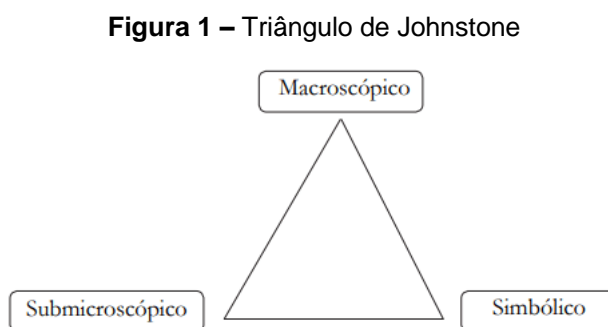
Cavalcante *et al.* (2019) e Costa (2022) em suas discussões acerca destes tipos de abordagem e o ensino de Química Analítica, conseguem conectar conceitos analíticos a situações reais e próprias aos estudantes tornando a aprendizagem mais duradoura. Assim, há um estímulo ao pensamento crítico ao explorar as implicações contextualizadas das análises químicas, capacita os estudantes para tomar decisões informadas sobre questões relacionadas à Química Analítica em seu papel como cidadãos e promove aos educadores formar estudantes mais engajados e informados capazes de aplicar seus conhecimentos analíticos de maneira ética e responsável na

resolução de problemas em contextos reais, mesmo com limitações como recursos, ambiente acadêmico/escolar, planejamento, formação, etc.

3.3 Os níveis de conhecimento de Meheut como uma perspectiva de compreender e dialogar com o conhecimento químico

Há mais de trinta anos iniciou-se discussões de como se dava a construção do conhecimento químico/científico em quem se submetia a estudar dentro destes campos. Com isso, sendo pioneiro nas discussões sobre isso, Alex H. Johnstone publicou um trabalho no ano de 1982 intitulado “*Macro and Micro-chemistry*”, isto é, “Química Macro e Microscópica”, no qual sugeriu que a Química pode ser compreendida em três níveis: macroscópico, microscópico e simbólico. Desse modo, em discussões mais aprofundadas, Johnstone (1993) apresentou o que defendia por níveis de construção do conhecimento químico em forma de triângulo fazendo relações entre os níveis e até hoje sendo referência para pesquisas acerca desta temática.

No que diz respeito a este triângulo proposto por Johnstone (1993), o autor define que a aprendizagem em Química implica na compreensão de três aspectos fundamentais, como citado anteriormente: a observação dos fenômenos (nível macroscópico), a representação destes em linguagem científica (nível simbólico) e o real entendimento do universo das partículas como átomos, íons e moléculas (nível microscópico). A compreensão e relação entre estes três níveis pressupõem o verdadeiro entendimento e o domínio do conhecimento químico em questão e é comumente representado através do que ficou conhecido como Triângulo de Johnstone (1993), como pode ser visto na Figura 1:



Fonte: Johnstone, 1993, tradução nossa.

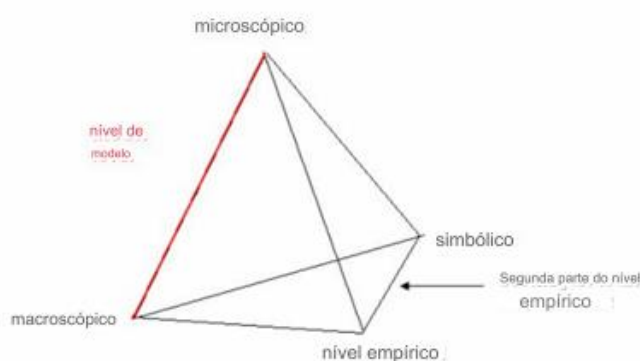
Com isso, de acordo com as definições do que se trata cada um dos níveis presentes no triângulo, Johnstone (1993) pontua que o nível macroscópico, também denominado fenomenológico, pode ser definido como tudo que é visível, comestível e observável. Já no nível submicroscópico, chamado também de nível teórico ou nível de modelos, é onde se é possível explicar os fenômenos de forma atômico-molecular, ou seja, qualitativamente envolvendo os átomos, partículas, moléculas, íons, dentre outros. Por fim, o nível simbólico ou representacional, está relacionado à linguagem química do fenômeno, ou seja, os símbolos, as equações, a estequiometria e a matemática.

Partindo dos pressupostos estudados por Johnstone (1993) no que tange, segundo o autor, os níveis de construção do conhecimento químico, Kermen e Meheut (2009) trazem novas abordagens dentro deste campo e a inserção do nível empírico como mais um modo de construção do conhecimento químico com o objetivo de entender e estudar como o conhecimento químico se dá a partir da transição destes níveis que o compõe. Para isso, ainda segundo as autoras, a hipótese é de que os estudantes mantêm o foco na representação do fenômeno considerando a atividade experimental como uma reprodução do modelo, o que os impede de efetuar a distinção entre a transição dos diferentes níveis de conhecimento químico e fazendo com que esse processo não fique claro suficiente para ser compreendido. Contudo, o principal objetivo dos estudos de Kermen e Meheut (2009) foi analisar como os alunos antecipam ou explicam a mudança de um sistema químico, como interpretam as interrupções dessa mudança, se utilizam abordagens que não incluem o quociente da reação e se conseguem diferenciar a transição entre o nível representacional e o nível empírico e, por fim, sugerir elementos para elaborar sequências de ensino-aprendizagem após fazer um levantamento sobre a compreensão dos estudantes identificando suas dificuldades e concepções.

Desse modo, Kermen e Meheut (2009) trazem uma nova ideia do Triângulo já estudado anteriormente por Johnstone (1993) através de um tetraedro (Figura 2) para adição do nível empírico nas etapas da construção do conhecimento químico. Para as autoras, o nível empírico é definido como a observação e quantificação do fenômeno enquanto este ocorre e na descrição do está sendo visto e esta, por sua vez, se trata de uma abordagem alternativa em que os produtos e objetos são identificados como espécies químicas, sendo caracterizados por seus nomes, fórmulas, estados físicos e quantidades. Ainda segundo Kermen e Meheut (2009), o nível empírico pode ser

dividido em duas partes: a primeira, é representada pelos objetos e eventos ocorridos naquele instante como por exemplo, a cor de um líquido ou a alteração no pH de uma solução; a segunda, se trata das espécies químicas presentes naquele fenômeno tais como seus nomes, equações, símbolos, fórmulas químicas ou estados físicos. E ambas estas partes acontecem no meio entre a transição do nível empírico para o nível simbólico, como pode ser observado na Figura 2:

Figura 2 – Adaptação do Triângulo de Johnstone proposta por Kermen e Meheut



Fonte: Kermen e Meheut (2009, p.28, tradução nossa).

Diante do exposto, após a inserção do nível empírico ao triângulo dos modos de construção do conhecimento químico apresentado anteriormente, é possível fazer uma análise ainda mais ampla de como este processo de construção se dá e como o conhecimento está chegando ao entendimento de quem o está recebendo, ou seja, os estudantes. Dessa forma, de acordo com a Figura 2 (Kermen; Meheut, 2009), é definido que utilizam-se representações simbólicas para denominar e retratar elementos nos níveis macroscópico e microscópico (nível de modelos e representacional). Como mencionado anteriormente, a representação simbólica é também empregada para descrever fenômenos, caracterizando o que denomina-se como segunda parte do nível empírico. Por exemplo: quando um professor descreve as ocorrências no laboratório em relação à alteração de cor ou à medição de pH, ele se encontra próximo ao nível empírico e caso ele aborda reações e fórmulas químicas, estará transitando ao longo da dimensão macroscópica-simbólica; já quando o professor utiliza uma animação para elucidar o modelo microscópico e descrever os acontecimentos, ele está situado em torno do nível microscópico e se ele analisar os eventos nessa representação visual utilizando uma reação ou equação química, ele move-se em direção ao nível simbólico. Em suma, o tetraedro pode servir como uma

ferramenta útil para que os professores possam identificar a frequência e a rapidez com que os estudantes realizam a transição entre os níveis de conhecimento, além de avaliar a complexidade que podem enfrentar ao compreenderem todas estas distintas interpretações (Kermen; Meheut, 2009).

Nesse viés, a importância do nível simbólico/representacional para a Química vai além da simples comunicação entre os especialistas, englobando também funções heurísticas de previsão e explicação (Araújo Neto, 2009). Contudo, para Messeder Neto e Silva (2021), as diversas formas de representação como moléculas, fórmulas químicas, gráficos, entre outras, devem funcionar como meios para aprimorar progressivamente a compreensão do universo submicroscópico da Química e dos fenômenos macroscópicos observáveis. Dessa forma, não faz sentido afirmar que o conhecimento químico está vinculado somente à transição dos níveis de conhecimento, ao invés disso, é importante se destacar a importância da relação entre estes níveis. No entanto, limitar-se somente ao nível macroscópico focando apenas no fenômeno observável não resulta em uma aprendizagem científica significativa, pois, para compreender a esfera submicroscópica presente neste fenômeno, é essencial a mediação por meio de representações simbólicas (Messeder Neto; Silva, 2021).

3.4 Os modelos mentais

Em discussões iniciais, Johnson-Laird (1983) apresenta uma teoria sobre o processo de aquisição do conhecimento do ser humano na qual identifica três tipos fundamentais de elaboração de explicações para fenômenos: imagens, representações proposicionais e modelos mentais. Imagens são visualizações de modelos a partir de uma perspectiva específica, representações proposicionais consistem em sequências de símbolos que refletem a linguagem natural e modelos mentais são estruturas análogas ao mundo real.

Dessa forma, de acordo com a teoria apresentada, as pessoas realizam raciocínios por meio de modelos mentais, assim, a linguagem mental processa uma representação proposicional convertendo-a em modelos mentais. Nesse sentido, as proposições podem ser consideradas como uma forma de iniciar algo, desencadeando a construção de um modelo mental. Estes modelos mentais, como as imagens, são extremamente específicos, o que os distingue das representações

proposicionais, além disso, as imagens são propostas como meios de visualizar os modelos mentais (Johnson-Laird, 1983).

Nesse viés, Johnson-Laird (1983) define que modelos mentais são formas internas de representar conceitos, fenômenos e informações que se assemelham a eventos específicos. Com isso, modelos mentais desempenham uma função essencial no que diz respeito a compreensão de conhecimentos químicos, pois estes se referem a estruturas cognitivas internas de como as pessoas refletem a maneira que compreendem os fenômenos químicos (Borges, 2016).

Sob à luz destas ideias, Norman (1983) define que as principais características dos modelos mentais são: são incompletos – geralmente as pessoas têm uma capacidade muito limitada de “reproduzir” seus modelos mentais; são instáveis – as pessoas tendem a esquecer detalhes do modelo; não possuem fronteiras bem definidas – operações e conceitos semelhantes são frequentemente confundidos; as pessoas mantêm comportamentos “supersticiosos” mesmo sabendo que são desnecessários, refletindo suas crenças sobre os sistemas estudados; e, por fim, são econômicos – os modelos têm tendência a serem o mais simples possível. Portanto, em investigações sobre modelos mentais, é importante considerar que os modelos apresentados podem ser equivocados, ambíguos e incompletos. E, estes sendo incompletos e em evolução conforme o indivíduo adquire novos conhecimentos e os integra à sua estrutura mental, esse processo está relacionado à capacidade do próprio indivíduo de prever e explicar fenômenos à medida que seu conhecimento se expande (Moreira, 1996).

Diante disso, Kuhn (2007) destaca que os modelos mentais são úteis para estabelecer o que é considerado uma explicação válida para um fenômeno ou a solução de um problema. Contudo, os modelos contribuem para identificar quais são os problemas não resolvidos por uma teoria e para avaliar a importância desses problemas.

Para Gibin e Ferreira (2010), na Química, os modelos mentais são principalmente formados pela relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico, uma vez que o nível submicroscópico serve basicamente como um modelo explicativo da natureza da matéria. As relações entre os níveis simbólico e submicroscópico oferecem pouco suporte para a construção de modelos mentais, já que índices e coeficientes estequiométricos fornecem apenas dados quantitativos de um sistema, por exemplo. Por outro lado, a relação entre os níveis macroscópico e

simbólico praticamente não contribui para a elaboração de modelos relacionados a sistemas químicos.

Já na perspectiva dos pressupostos de Justi (2011), modelos são representações parciais de uma entidade, ou seja, são elaboradas considerando um ou mais objetivos específicos que podem ser alterados. No que diz respeito ao ensino de Química, a utilização de modelos é recomendável para diversas finalidades, entre elas: simplificar a compreensão de fenômenos complexos por meio de representações mais acessíveis, oferecer uma base para prever funções mais intrincadas, apoiar a formulação e a interpretação de atividades experimentais e atuar como intermediário entre a realidade modelada e as teorias que a fundamentam (Justi, 2011).

Nesse sentido, Piva *et al.* (2019) destacam que cada pessoa constrói um modelo mental único sobre um conceito ou um fenômeno. Assim, é natural que cada indivíduo desenvolva seu próprio modelo mental, resultando em variações entre eles. Além disso, os modelos mentais são ferramentas essenciais para a compreensão e o desenvolvimento cognitivo de cada pessoa, refletindo assim sua visão sobre o que foi aprendido e, portanto, é essencial que os professores compreendam os modelos mentais dos estudantes em relação aos conceitos científicos abordados em sala de aula.

Ainda no pensamento destes autores, eles concluem que é relevante que as atividades realizadas permitam aos estudantes expressarem seus modelos mentais sobre os conceitos de diversas maneiras: através de desenhos, de palavras e até modelos tridimensionais elaborados por eles mesmos. No entanto, é necessário destacar que os modelos mentais são representações internas individuais e, por essa razão, os resultados da análise de elaboração dos modelos mentais pode levar à conclusão de que os modelos são expressões próprias e não de modelos mentais propriamente ditos (Piva *et al.*, 2019).

Corroborando com o exposto, Gibin *et al.* (2021) refletem que o uso desta abordagem pode trazer um aspecto mais interativo à aula favorecendo um espaço de aprendizado diferenciado e significativo e possibilita, de acordo com os resultados da aplicação, uma aprendizagem mais duradoura em relação aos conceitos científicos em que se estão estudando.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Pesquisa

A metodologia da pesquisa deste trabalho se deu através de uma pesquisa qualitativa baseada em estudos e aprofundamentos dos aportes teóricos que abarcam as temáticas do projeto. Para Flick (2009), um dos critérios avaliados na pesquisa qualitativa é analisar se os resultados obtidos são correspondentes aos materiais empíricos já vistos e se os métodos selecionados apresentam eficácia em suas aplicações e fazer uma reflexão dos procedimentos utilizados. Dessa forma, esta pesquisa teve um enfoque na reflexão de como o conhecimento é construído entre diferentes elaborações e particularidades inerentes ao contexto, pautados em pressupostos fundamentados e a partir do uso de métodos científicos apropriados aos objetivos de pesquisa. O que configura, segundo Flick (2009), aspectos essenciais de uma pesquisa qualitativa.

Com isso, no que diz respeito aos objetivos do presente estudo, a pesquisa se caracterizou como descritiva exploratória, que de acordo com Oliveira (2007, p.68), viabiliza a análise voltada à identificação de fenômenos e à explicação das relações de causa e efeito entre eles. Ou seja, esse método possibilita a investigação do papel das variáveis que exercem influência ou são responsáveis pelo surgimento dos fenômenos.

4.2 Participantes e Campo de Pesquisa

A pesquisa foi realizada com um grupo de estudantes egressos do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco – Campus Agreste egressos que cursaram a disciplina de Química Analítica 2 no laboratório do campus em uma atividade prática experimental investigativa de Volumetria Ácido-Base propostos a realizarem duas titulações diferentes, mas que possuíam o mesmo objetivo. Com base nos métodos utilizados, a pesquisa teve como sujeitos oito estudantes que aceitaram o convite para participar da investigação, sendo divididos em dois subgrupos que continham quatro membros cada para realização da aplicação da SD, que foi utilizada para construção dos dados desta pesquisa.

Os resultados foram divididos, para fins de organização, em oito subtópicos pois, os estudantes participantes desta pesquisa foram divididos em dois grupos para realização das titulações que foram denominados de Grupo Vinagre e Grupo Leite. A coleta de dados, que consistiu no relato dos participantes acerca das impressões, percepções e reflexões, ocorreu no momento da roda de conversa realizado na etapa final da sequência, agrupando as considerações dos Estudantes (E1, E2, E3 e E4) nomeados no Grupo Vinagre e dos Estudantes (E5, E6, E7 e E8) referidos como Grupo Leite para uma melhor sistematização dos dados apresentados.

4.3 Construção dos Dados

4.3.1 Descrição da atividade didática

A construção dos dados foi realizada através de uma sequência didática que consistiu em quatro etapas (Quadro 1): na primeira, foi feita uma breve explicação das atividades experimentais investigativas com um roteiro livre de representações que consistiram na Determinação de Ácido Acético no Vinagre (Apêndice A) no vinagre da marca *Minhotto*, designada ao grupo que aqui foi denominado Grupo Vinagre e a Determinação de Ácido Lático e Acidez *Dornic* do Leite (Apêndice B), definida para o Grupo Leite retomando conceitos, objetivos e etapas para que se pudesse fazer uma análise do conhecimento prévio dos estudantes acerca da prática experimental que seria realizada em uma aula dialogada entre o pesquisador e os discentes participantes da pesquisa.

Na segunda, foi solicitado pelo pesquisador aos estudantes que, através de cada diário de bordo durante a realização dos experimentos, realizassem a representação do sistema utilizado no experimento e suas devidas etapas que precisariam ser desenvolvidas. Nesta etapa, a intervenção se deu incentivando o uso adicional de esquemas, mapas mentais, representações pictográficas como desenhos, por exemplo etc., para possibilitar a liberdade de estratégias na compreensão do contexto e resolução do problema.

Na terceira etapa, foi solicitado a realização dos cálculos matemáticos realizados pelos estudantes na atividade experimental fazendo uma relação com as representações feitas anteriormente por eles no diário de bordo e pedindo para que eles explicassem como os números representam as transformações fenomenológicas

naquele processo como a concentração, o valor de pH, o ponto de viragem, dentre outros.

Por fim, na quarta e última etapa, foi realizada uma roda de conversa onde o pesquisador utilizou as falas dos estudantes baseando-se na técnica *think aloud*, ou seja, pensar em voz alta (Ericksson; Simon, 1993) para gerar os questionamentos nesta última etapa com os estudantes de cada subgrupo após finalizar toda a aplicação para que assim, fosse possível fazer as observações acerca do que o estudante construiu a nível de conhecimento químico fazendo um paralelo com o aporte teórico, relacionando e refletindo com os modos de construção apresentados por Kermen e Meheut (2009) e como se dá o processo de utilização e elaboração dos modelos mentais do experimento apresentados pelos estudantes em seus diários de bordo.

Quadro 1 – Descrição dos momentos da sequência didática

ETAPAS	INFERÊNCIAS
1º momento	Breve aula expositiva e dialogada entre o pesquisador e os estudantes para resgatar conceitos que formam a prática realizada e identificar o conhecimento prévio dos estudantes.
2º momento	Os estudantes no momento do experimento foram orientados que representassem em seus diários de bordo (através de modelos mentais) a forma descritiva dos fenômenos considerando suas escolhas e de acordo com seus pensamentos, tratando-se assim de uma atividade experimental de roteiro aberto.
3º momento	Realização, pelos estudantes, da representação dos analitos presentes na amostra e a quantificação da concentração calculada utilizando como

	instrumento de reflexão a mesma representação feita na descrição do fenômeno apresentada no 2º momento.
4º momento	Roda de conversa, com os estudantes junto ao pesquisador, para discutir a importância da representação do experimento, na hora de pôr em prática os conhecimentos construídos, quando foram realizados os cálculos matemáticos (nível empírico), e se eles perceberam os diálogos e transições dos níveis em que estas construções se desenvolvem.

FONTE: Próprio Autor, 2024.

4.3.2 Instrumento de coleta dos dados

Nessa perspectiva, os dados foram construídos através de registros fotográficos das representações e quantificações realizadas pelos alunos em seus respectivos diários de bordo e nas discussões gravadas com dispositivos eletrônicos dos relatos dos estudantes membros de cada grupo, porém analisados e interpretados de forma individual no momento da roda de conversa presente na etapa final da sequência didática. Com isso, os alunos foram orientados à falarem o que foi realizado por eles no momento da sequência didática baseando-se no protocolo verbal *think aloud*, isto é, pensar em voz alta, onde é solicitado que as pessoas verbalizem seus pensamentos enquanto resolvem um problema ou realizam uma tarefa em que, para Ericsson e Simon (1993), este método constitui em um registro verbal do que está presente na memória de curto prazo e reflete um mapeamento dos processos cognitivos demonstrados pelas pessoas ao executarem uma determinada tarefa.

4.3.3 Instrumento de análise dos dados

Após os dados coletados nos diários de bordo dos estudantes e de seus depoimentos durante os momentos da aplicação da sequência didática, os dados

foram sistematizados e interpretados em uma análise descritiva qualitativa para que se pudesse analisar, baseando-se nas teorias que fundamentam este estudo, a saber os níveis de conhecimento químico propostos por Kermen e Meheut (2009). Assim, com isso, analisar se o nível simbólico de fato marca a transição entre os níveis fenomenológico e empírico e avaliar os momentos em que ocorrem a transição entre os níveis de conhecimento, bem como, a emergência do nível simbólico e seu propósito. E, por fim, avaliar se, ao realizar essa transição entre os níveis de conhecimento, a elaboração dos modelos mentais e conseqüentemente a compreensão do conteúdo realizadas pelos estudantes é favorecida.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi considerado como dados os relatos dos estudantes de cada grupo de forma individual, apesar de estimular a interação discursiva e dialógica entre os pares. Provendo-se um diálogo que apesar de não seguir um roteiro fechado, teve os questionamentos que instigaram a conversação pautados nos pressupostos teóricos da experimentação, da abordagem investigativa, dos modelos mentais e dos níveis de conhecimento químico, fazendo uso dos referenciais que fornecem suporte teórico-metodológico a este trabalho. Posteriormente estes achados foram triangulados aos dados obtidos a partir dos diários de bordo que cada participante preencheu durante a aplicação desta sequência didática.

5.1 Análise individual das respostas dos membros do Grupo Vinagre

5.1.1 Primeiro momento da roda de conversa: o uso de modelos mentais

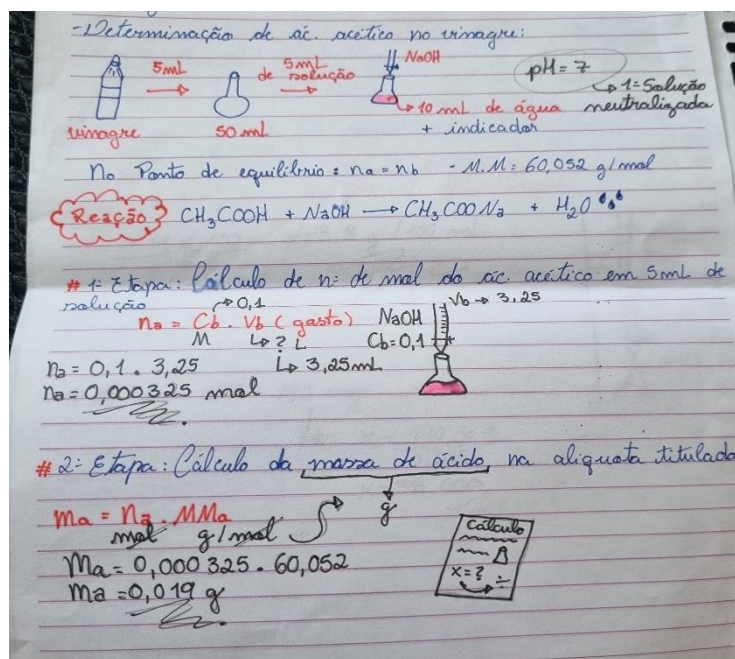
Neste primeiro momento da conversa, foi questionado aos estudantes de que forma eles achavam que retratar o fenômeno através de modelos mentais contribui para descrever aspectos da realidade e ao mesmo tempo auxiliam a quantificar o fenômeno a partir da realização dos cálculos. Ao que a Estudante E1 relata:

Funciona como uma organização mental, porque visualizando as imagens que a gente produziu, a gente meio que coloca em ordem na nossa mente as etapas que a gente tem que realizar, eu acho. Os modelos mentais ajudam a interpretar até os cálculos e o próprio procedimento que a gente está fazendo que é uma determinação, né? E ajuda também até a identificar possíveis erros que possam ter acontecido, que vão ser refletidos nos resultados dos cálculos. Mas aí você tendo a imagem de tudo que você fez, de todos os procedimentos, de todos os dados que você coletou, você consegue voltar ao que você fez e tentar identificar onde foi que aconteceu a falha que apareceu lá no resultado, entendeu? Eu acho que funciona assim também. (Estudante E1, 2024).

A Estudante E1 destaca a função dos modelos mentais na organização e sequenciamento de tarefas. Essa fala está alinhada com pressupostos da Teoria de Johnson-Laird (1983) de que os modelos mentais permitem a simulação de diferentes etapas e processos, facilitando a execução de tarefas complexas de maneira ordenada onde, com isso, através da representação das etapas da atividade

experimental em seu diário de bordo (Figura 3), esta ideia fica mais bem evidenciada. A Estudante E1 também aponta como as representações ajudam a identificar erros, fornecendo uma referência visual que facilita a revisão e correção de procedimentos.

Figura 3 – Diário de bordo da Estudante E1



Fonte: Estudante E1, 2024.

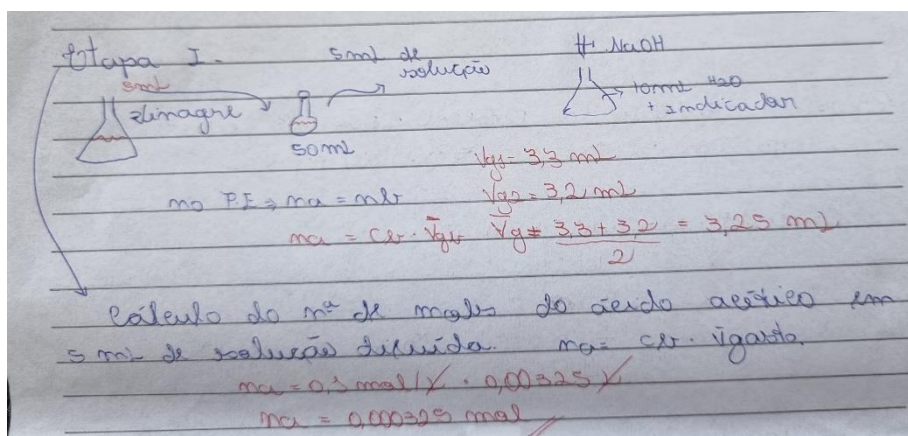
A Estudante E2, acrescenta a reflexão de E1, a percepção de que representações visuais proporcionam mais tangibilidade e realismo ao pensamento quando ela traz que:

Eu acho que a representação através dos desenhos e de tudo mais, ele deixa mais tangível e realista o que você precisa fazer, porque literalmente você está com aquelas vidrarias e com aqueles reagentes na sua frente, então meio que esquematiza o quê ou quando você precisa fazer e por que você precisa fazer. E também a representação do fenômeno na hora do cálculo remetem você para o que você fez momentos antes. Porque às vezes quando você só tem dados e você esquematiza no cálculo, você está resolvendo só um problema matemático. Tenho tal valor, vou resolver uma regra de 3 e eu faço um problema matemático sem interpretação. Eu tendo os desenhos e modelos mostrando qual quantidade eu utilizei, o que é que eu tinha antes, o que é que eu tenho depois, o que foi que aconteceu, na hora do cálculo você remete ao processo que você fez em cada etapa (Estudante E2, 2024).

Tal perspectiva corrobora com a ideia de que representações visuais concretizam conceitos abstratos, tornando-os mais acessíveis e compreensíveis (Justi, 2011).

Ainda, no diário de bordo da Estudante E2 (Figura 4) é possível visualizar a forma em que ela representa os fenômenos acontecendo na atividade experimental assim como os reagentes e vidrarias que precisam ser utilizados de forma mais dinâmica e realista para fins de compreensão do que precisa ser atingido a nível de objetivos e, com sua fala, sublinha como as representações visuais tornam conceitos abstratos mais tangíveis e realistas, facilitando a compreensão e a aplicação prática.

Figura 4 – Diário de bordo da Estudante E2



Fonte: Estudante E2, 2024.

Em relação ao uso de signos como elemento de linguagem, a Estudante E3 pontua que representações visuais são mais eficazes do que explicações verbais. Sobre isso ela afirma que:

Se fosse algo somente falado ou explicado, eu acho que não seria tão fácil de fazer como é com a representação. Então, assim, o aluno ter a representação é muito melhor para ele entender o fenômeno do que ele fazer a representação para explicar. Então, assim, acho que contribui dessa forma (Estudante E3, 2024).

Tal posicionamento é consistente com a Teoria de Johnson-Laird (1983) sobre a eficácia dos modelos mentais em facilitar a compreensão e a retenção de informações complexas através de representações visuais

Por fim, a Estudante E4 reflete em como as ações de observar, escutar e fazer são possíveis caminhos à aprendizagem e destaca como a representação visual potencializa a visualização dessas ações e o diálogo entre os elementos constituintes dessas três modalidades de ação. Sobre isso pontua que:

E também tem uma parte até que, meu professor, quando foi dar cálculo, falou que a gente tinha três formas de aprender, observando, fazendo e

escutando. Eu acho que essa parte de representação abrange esse negócio da visualização, porque tem muita gente que só lendo não consegue. Tem gente que até fazendo não consegue associar, né? E com os desenhos eu acho que é mais, uma forma mais didática e mais palpável de tipo, mesmo que seja uma forma, eu posso pegar um roteiro e destrinchar o roteiro fazendo desenhos. O primeiro passo você vai fazer, você vai pegar 5mL de vinagre e colocar num balão. Mesmo que tenha escrito, eu posso descrever na parte de baixo em forma de modelo mental também porque aí ele consegue associar ainda mais rápido. Principalmente na parte de Analítica, porque tem muito nomezinho mais complicado e aí você fazendo essa representação com modelo mental do que é cada coisa, na hora do cálculo o aluno consegue olhar o desenho e ver tipo, então isso aqui, para a concentração eu vou calcular de tal forma. Então eu vou usar a massa quando eu pego em 5mL de alguma coisa, ou em 10mL (Estudante E4, 2024).

Segundo a participante isso torna o ensino mais didático e as ideias mais palpáveis. Ao fazer isso relaciona a eficácia dos modelos mentais com diferentes estilos de aprendizagem, destacando a importância da visualização para aqueles que têm dificuldade com leitura ou prática direta. Isso reflete a flexibilidade dos modelos mentais em atender diferentes necessidades de aprendizagem particulares (Piva *et al.*, 2019).

Em resumo, o uso de modelos mentais e representações visuais não só facilita a compreensão e a execução de tarefas complexas, mas também atende a diversos estilos de aprendizagem, aprimora a retenção de informações e permite a identificação de erros. Essas observações indicam que integrar modelos mentais visuais no ensino, especialmente em disciplinas experimentais como Química Analítica, pode ser uma estratégia pedagógica válida. Com essa abordagem, os professores podem aumentar a eficácia do ensino, tornando o aprendizado mais acessível, compreensível e aplicável para um maior número de estudantes.

5.1.2 Segundo momento da roda de conversa: a importância da desfragmentação do roteiro

No segundo momento da roda de conversa com o Grupo Vinagre, inicialmente os estudantes foram indagados de que forma eles acham que a problematização em uma atividade experimental, fugindo de um roteiro, indo além de comprovação teórica, de cálculos matemáticos etc., contribui para a compreensão da atividade que foi realizada. Diante disso, representando todo o Grupo, a Estudante E1 pontua que:

Eu acho que é um jeito de contextualizar um pouco mais a prática do laboratório com a Química, com os cálculos da Química e com o que os alunos têm contato no dia a dia sem fugir do objetivo principal que é aprender. Porque, por exemplo, ácido acético, todo mundo tem contato, tem fácil acesso. E unir tudo isso, eu acho que traz um sentido para o aprendizado. Sabe? Torna mais significativo (Estudante E1, 2024).

A Estudante E1 menciona que a prática do laboratório é contextualizada a partir das aplicações da Química e do uso dos cálculos químicos, além do contato diário dos estudantes destacando o uso de substâncias de fácil acesso e com a qual todos têm contato. Essa acessibilidade aos reagentes é válida, pois segundo Berbel (1995), a problematização deve estar ancorada na realidade dos estudantes, permitindo que eles vejam a relevância do que estão aprendendo e essa conexão com o cotidiano dos estudantes é um elemento importante na problematização, pois ajuda a tornar o aprendizado mais significativo e relevante, facilitando a assimilação dos conceitos.

A busca por um aprendizado significativo é um dos objetivos centrais da problematização, que visa ir além da mera memorização de conteúdo para promover a compreensão profunda e aplicabilidade prática e a reflexão da Estudante E1 de contextualizar a prática laboratorial com situações reais e cotidianas reflete a importância de utilizar problemas reais que façam sentido para os alunos. Isso está em consonância com a ideia de que problemas significativos e contextualizados podem motivar os estudantes a aprenderem de forma mais profunda (Delizoicov, 2005).

Com isso, observa-se que a fala da Estudante E1 reflete uma compreensão intuitiva dos benefícios da problematização, mesmo que ela não utilize explicitamente a terminologia associada a essa teoria pedagógica. A prática de contextualizar o aprendizado e conectá-lo com experiências reais é uma estratégia útil para engajar os estudantes em práticas experimentais e promover uma compreensão duradoura (Pereira, 2010).

Posteriormente a este momento, os estudantes do Grupo 1 foram questionados se eles acham que essa forma de abordar uma atividade experimental sem seguir um roteiro específico, estando livre para representações e trazendo aspectos da problematização, contribui mais ainda para a construção do conhecimento e de que forma. Ou seja, se eles acham que essa forma de não seguir um roteiro, eles estando livres para representar a atividade experimental contribui para o entendimento do que está acontecendo a nível de fenômeno, de cálculo, entre outros. A Estudante E2

destaca a importância de não seguir um roteiro padronizado, mas de interpretar e refletir sobre o que está fazendo através da própria escrita quando coloca:

Eu acho que sim, porque na maioria das vezes que se segue um roteiro escrito, padronizado, na minha concepção é como se eu executasse uma ordem. Então tá mandando eu fazer isso, eu falo aquilo sem necessariamente refletir sobre o que é que eu estou fazendo e tampouco sobre o resultado que eu obtive. Nesse modelo, não. Eu estou interpretando o que é que eu estou fazendo através da própria escrita. Não me deu um roteiro pronto. Eu escrevi o que é que eu ia fazer, o porquê que eu ia fazer da forma que eu me senti à vontade sem seguir um padrão para seguir aquele modelo (Estudante E2, 2024).

O posicionamento da Estudante E2 infere uma percepção de que as ações preteridas nessa modalidade de experimentação extrapolam a perspectiva da orientação para o experimento como um simples recebimento de informação (seguir um roteiro escrito). Enfatizando a necessidade de entender e refletir sobre as ações e resultados. Ao criar seu próprio roteiro, a Estudante parece perceber que está organizando o conhecimento de uma forma que faz sentido para ela, personalizando o aprendizado e reconhecendo a importância da reflexão e interpretação no processo de aprendizagem, não apenas a execução mecânica de tarefas.

Em sequência, a Estudante E1 fala sobre a personalização do aprendizado, reconhecendo que cada aluno aprende de forma diferente e que a metodologia utilizada ajuda a tornar o ensino mais individualizado e reconhece que a informação pode ser representada de maneiras diferentes para diferentes estudantes. A personalização implica que cada aluno organiza e representa o conhecimento de maneira única, o que facilita a aprendizagem e a Estudante E1 entende que a personalização do ensino e a adaptação às necessidades individuais dos alunos são essenciais para um aprendizado eficaz quando diz:

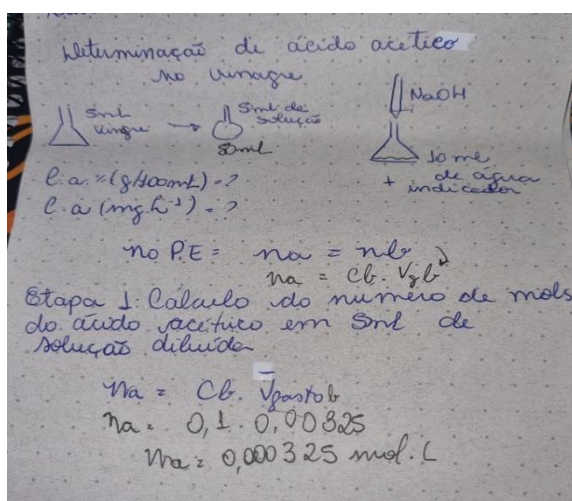
Porque o aprendizado de cada aluno é pessoal, individual. Cada um aprende de um jeito. Então, eu fiz a minha representação de um jeito, mas ela fez de outra. Porque é o jeito que ela aprende melhor. Cada pessoa elabora um modelo diferente. Eu acho que essa metodologia ajuda nesse sentido também de tornar o ensino e o aprendizado mais personalizado de acordo até mesmo com cada professor e aluno também. Porque querendo ou não, o que foi colocado no quadro norteou a gente, entendeu?! (Estudante E1, 2024).

De outra forma, a Estudante E3 em sua fala traz que prefere a parte matemática dos cálculos, mas reconhece a importância da representação experimental para entender melhor o processo e os resultados:

Eu, particularmente, prefiro a parte matemática dos cálculos. Porém, se não tivesse a parte representacional de como fazer o experimento, de nada adiantaria ter os cálculos. Porque à medida que a gente tem os valores a serem usados, é nessa hora que um roteiro é importante porque a gente tem uma orientação básica a seguir para onde vai ser direcionado o resultado daquele problema. Com essa representação mental, a gente vai chegar tanto no nível que a gente pode falar de escrita matemática e aí fazer os cálculos de uma melhor forma e chegar a um resultado. Além dessa representação, a parte matemática também é importante para chegar. Existem vários pontos que foram vistos que não são difíceis. Temos uma regra de três, é uma relação de grama e miligrama. É uma matemática básica que está relacionada a nível superior, mas que facilita a compreensão na hora de uma resolução (Estudante E3, 2024).

Este discurso reforça que a Estudante E3 reconhece a necessidade de informação matemática para realizar cálculos, mas também vê valor na informação representacional para guiar o experimento e demonstra como a matemática e a representação experimental se complementam para organizar e interpretar os dados do experimento (Figura 5) e, com isso a Estudante mostra consciência sobre como diferentes tipos de conhecimento (matemático e representacional) são necessários e como se integram para facilitar a compreensão e a resolução de problemas.

Figura 5 – Diário de bordo da Estudante E3



FONTE: Estudante E3, 2024.

Diante disso, a análise mostra que os estudantes não estão apenas recebendo informação, mas também organizando e refletindo sobre essa informação de maneira

que facilita a aprendizagem autônoma e personalizada. Essa abordagem reflete uma compreensão profunda e integrada do processo de aprendizagem.

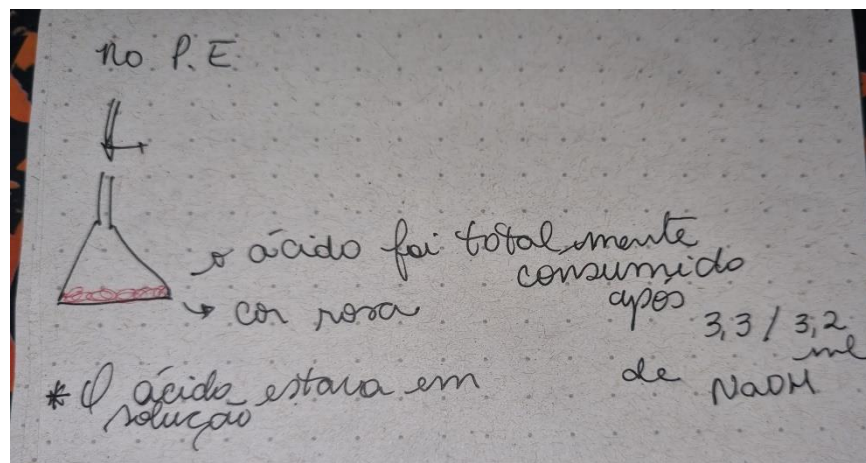
5.1.3 Terceiro e último momento da roda de conversa: a transição entre os níveis de conhecimento

Por fim, no último momento, os estudantes do Grupo Vinagre foram perguntados de que forma eles acham que, através da representação do modelo mental, conseguem identificar os quatro níveis de construção do conhecimento: macroscópico, submicroscópico, simbólico e empírico e de que forma eles conseguem ver essa transição entre os níveis acontecendo. Ao que a Estudante E3 afirma:

Sim. A questão da visualização é, com certeza, na transição do ponto de viragem. Com certeza, a gente consegue perceber a mudança fenomenológica ali. E eu tentei representar ela também para que ficasse nítido na minha mente, que as gotinhas vão caindo pouco a pouco a partir dos miligramas que vão caindo, vai se tornando mais perto do ponto de equivalência. Então, um mL não seria suficiente. Mas fez a diferença. Então, é uma questão microscópica, com certeza, que a gente pode trazer também para uma parte representacional (Estudante E3, 2024).

A Estudante E3 menciona a visualização e a transição do ponto de viragem, o que está diretamente relacionado à observação macroscópica, onde o fenômeno visível (a mudança na solução) é percebido (Figura 6). Ela também fala sobre representar essa mudança em sua mente, conectando a observação macroscópica a uma representação simbólica e submicroscópica (as gotinhas de miligramas que caem). Esse esforço de visualizar e representar mentalmente a transformação indica uma compreensão do nível submicroscópico, onde ela está considerando as partículas e interações responsáveis pela mudança observada. Ao mencionar a precisão necessária (um mL não sendo suficiente), a Estudante está fazendo uma conexão com o nível empírico, refletindo a necessidade de dados experimentais precisos (Kermen; Meheut, 2009).

Figura 6 – Diário de bordo da Estudante E3



Fonte: Estudante E3, 2024.

Já a Estudante E1 argumenta que todos os níveis se relacionam simultaneamente. Ela reconhece que ao observar o nível microscópico, a representação mental automaticamente leva à previsão de cálculos e resultados, mostrando uma integração dos níveis submicroscópico, simbólico e empírico. A resposta dela enfatiza a interconectividade dos níveis de conhecimento, sugerindo que a transição entre eles é fluida e que esses níveis acontecem praticamente ao mesmo tempo, bem como pontuam Kermen e Meheut (2009). Tal qual se observa na fala:

Eu acho que todos esses níveis se relacionam simultaneamente e meio que automaticamente também. Porque, como foi dito anteriormente enquanto se observava esse nível microscópico, na representação a gente já imaginava que ele iria acontecer, já previa mais ou menos como seriam os cálculos, quais resultados a gente poderia obter. Então, eu acho que todos eles estão conectados e acontecem ao mesmo tempo, praticamente (Estudante E1, 2024).

Ambas as Estudantes começam com observações visíveis (mudança na solução, visualização do fenômeno). A Estudante E3 visualiza partículas caindo e mudando a solução, enquanto a Estudante E1 reconhece a importância de imaginar o processo que não é visível. A representação mental mencionada pela Estudante E3 e a previsão de cálculos e resultados mencionada pela Estudante E1 indicam a transição para representações simbólicas onde a Estudante E3 destaca a importância de medições precisas enquanto a Estudante E1 menciona os resultados esperados baseados em cálculos, ambos conectando suas observações a dados experimentais, como foi refletido nos pressupostos de Kermen e Meheut (2009).

Diante do exposto, as falas das estudantes indicam que a transição entre os níveis de conhecimento de Kermen e Meheut (2009) ocorre de maneira interligada e simultânea. Elas conseguem perceber e aplicar esses níveis em suas análises e representações, demonstrando a complexidade e a interconexão da construção do conhecimento químico. A discussão da Estudante E3 sobre a necessidade de precisão e a conexão da Estudante E1 entre observação e previsão reforçam a ideia de que esses níveis não são isolados, mas sim componentes de um processo contínuo e integrado de entendimento científico.

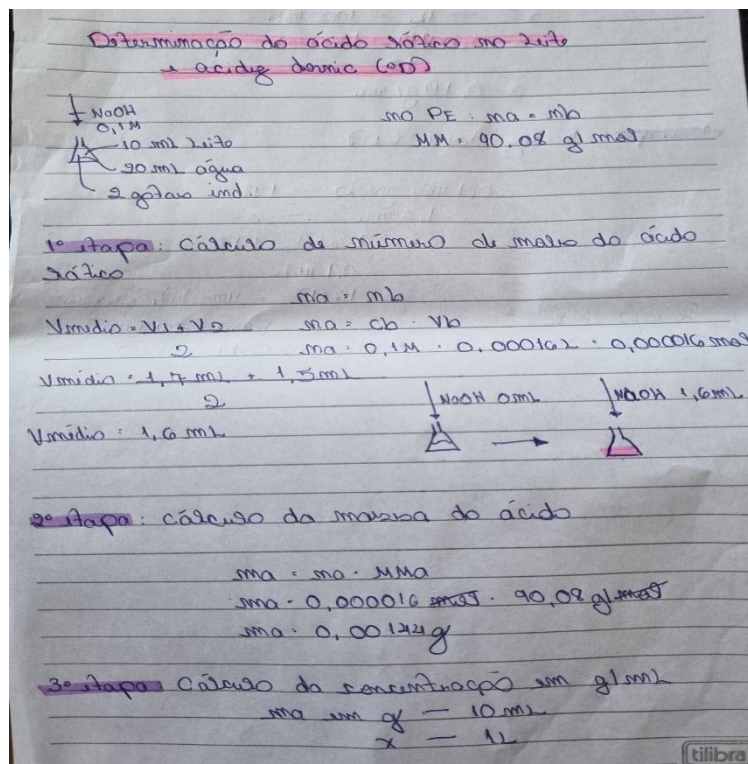
5.2 Análise individual das respostas do Grupo Leite

5.2.1 Primeiro momento da roda de conversa: a relevância da representação dos fenômenos na quantificação deles

Neste primeiro momento da roda de conversa com o Grupo Leite, os estudantes foram indagados de que forma você acha que a representação do fenômeno contribui para os cálculos no experimento. A Estudante E5, em sua fala, está focada no nível macroscópico ao falar sobre a visualização dos reagentes e suas medidas, representando o que será feito na prática. Ela se refere ao nível empírico ao mencionar a execução prática do experimento (Kermen; Meheut, 2009) quando coloca: “A questão da visualização é porque facilita a gente entender aonde cada reagente vai. E a questão das medidas também. Eu acho que o desenho é isso. O desenho representa o que a gente vai fazer na prática” (Estudante E5, 2024).

A Estudante E5 está se referindo aos modelos mentais ao mencionar que a visualização facilita a compreensão de onde cada reagente é utilizado e as medidas envolvidas (Figura 7). Ela usa o desenho como um modelo mental que representa as ações práticas que serão realizadas no experimento. De acordo com Johnson-Laird (1983), a Estudante E5 está construindo um modelo mental que facilita a compreensão espacial e procedimental do experimento. Justi (2011) sugere que esse modelo mental é essencial para seu entendimento dos conceitos científicos.

Figura 7 – Diário de bordo Estudante E5

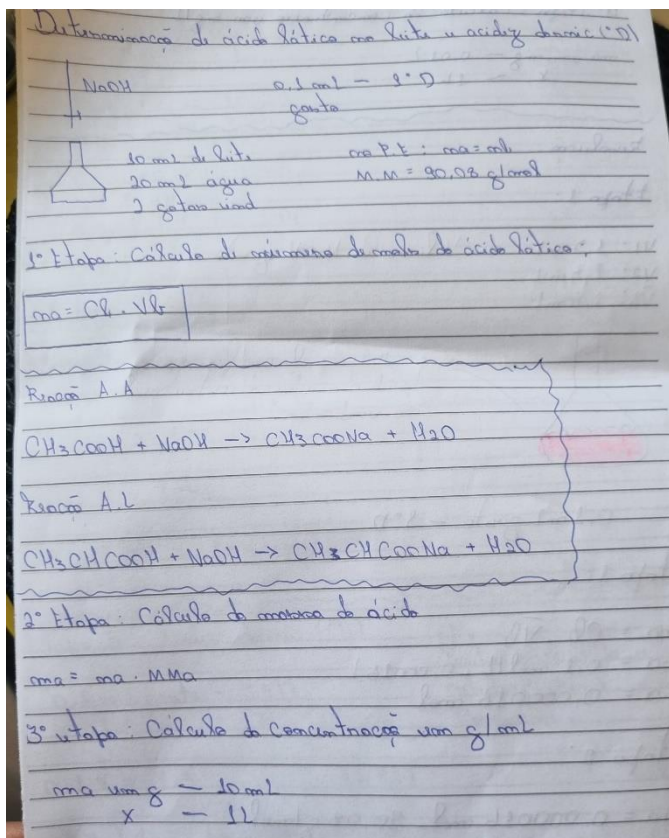


Fonte: Estudante E5, 2024.

O Estudante E6 reforça a relevância de se considerar o nível macroscópico do conhecimento ao tratar sobre os procedimentos observáveis da titulação. Ele também aborda o nível simbólico, de acordo com os pressupostos de Kermen e Meheut (2009), ao mencionar que o desenho sistematiza cada etapa, sugerindo uma representação organizada e simbólica do processo em sua reflexão. O diálogo entre os níveis recebe destaque em sua fala: “Isso, o que minha colega quer falar é a questão dos procedimentos realizados na titulação, né? Acredito que o desenho, o modo de representação, sistematiza cada etapa da titulação e assim facilita o processo” (Estudante E6, 2024).

O Estudante E6 reforça a ideia de que o desenho (modelo mental) sistematiza cada etapa da titulação, como pode ser visto em seu diário de bordo (Figura 8), ajudando a organizar e facilitar o processo e está ressaltando a importância dos modelos mentais para estruturar e sequenciar informações (Johnson-Laird, 1983).

Figura 8 – Diário de bordo do Estudante E6

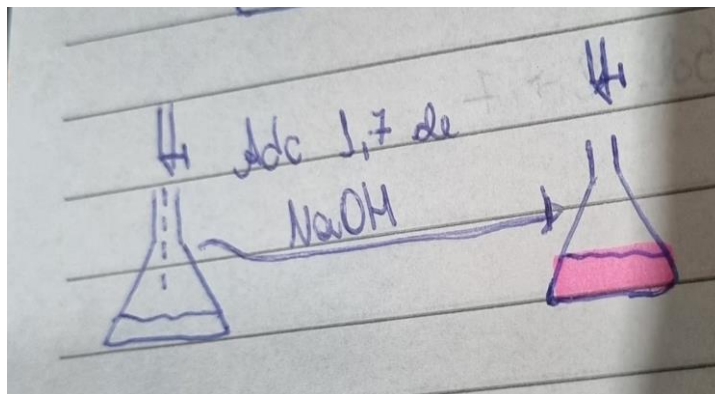


Fonte: Estudante E6, 2024.

Por fim, o Estudante E7 reflete sobre o papel do nível submicroscópico ao explicar a interpretação que se atribui ao “ponto de virada” como ponto de equivalência, onde ácido e base têm o mesmo número de mols. Isso indica uma compreensão do processo químico em nível molecular, como bem colocam Kermen e Meheut (2009). Além disso, ele está no nível simbólico ao usar a representação gráfica para exemplificar esse conceito quando reflete que: “E também o desenho final, de quando já está neutralizado, exemplifica pra gente o que é o ponto de equivalência, que é quando ácido e base estão com a mesma molaridade” (Estudante E7, 2024).

O Estudante E7 utiliza o desenho final como um modelo mental para exemplificar o ponto de equivalência na titulação (Figura 9), um conceito chave na Química Analítica (Skoog, 2006). Johnson-Laird (1983) destacaria que este Estudante está utilizando um modelo mental para visualizar e entender um conceito abstrato (ponto de equivalência). Diante disso, Justi (2011) argumentaria que tal uso de modelos mentais é vital para a internalização de conceitos científicos complexos que não são identificados ou observados com facilidade para todos os indivíduos.

Figura 9 – Diário de bordo do Estudante E7



Fonte: Estudante E7, 2024.

Os estudantes demonstram uma integração dos níveis de construção do conhecimento conforme descrito por Kermen e Mehuet (2009). Eles começam com uma compreensão macroscópica e empírica dos procedimentos experimentais, utilizando representações simbólicas (desenhos) para sistematizar e planejar as etapas. O Estudante E7 avança para uma compreensão submicroscópica, conectando representações simbólicas a conceitos químicos em nível molecular. Essa análise sublinha a importância de abordar múltiplos níveis de conhecimento para uma compreensão completa e integrada dos fenômenos químicos.

A análise dos comentários dos estudantes com base nas teorias e pressupostos de Johnson-Laird (1983) e Rosária Justi (2011) revela a importância dos modelos mentais na educação científica. Os estudantes utilizam esses modelos para visualizar, sistematizar e compreender conceitos científicos complexos. A construção e utilização de modelos mentais facilitam a internalização e a aplicação prática dos conhecimentos, confirmando a relevância destas teorias no contexto do ensino de ciências.

5.2.2 Segundo momento da roda de conversa: os modelos mentais

No segundo momento da roda de conversa, os Estudantes do Grupo Leite foram questionados de que forma eles acham que o modelo mental como forma de representar, de fato, auxilia no entendimento do experimento e se fica mais fácil de entender uma atividade experimental através da representação do modelo mental. O Estudante E7 menciona o uso prático de vidrarias, o que se refere diretamente ao nível empírico, onde o conhecimento é aplicado em práticas laboratoriais em sua fala: “Sim, porque às vezes a pessoa não conhece, principalmente, quais vidrarias utilizar

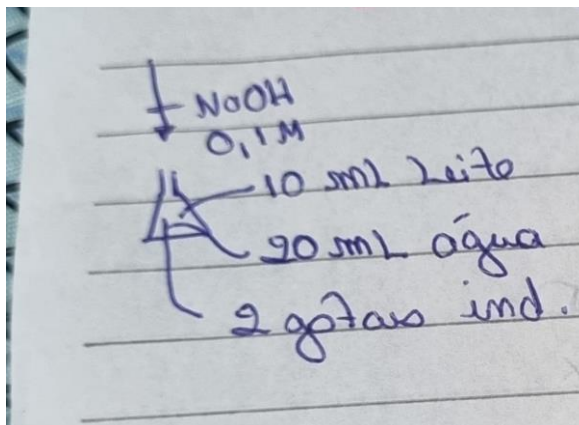
e, com a representação, ela consegue pegar as vidrarias, essas coisas” (Estudante E7, 2024).

A "representação" mencionada pode se referir ao uso de símbolos e diagramas que ajudam na identificação das vidrarias e procedimentos corretos. Isso demonstra a importância do conhecimento simbólico na compreensão e execução de técnicas laboratoriais. O Estudante E7 destaca a importância das representações para selecionar corretamente as vidrarias. De acordo com Moreira (1996), essa representação é essencial para a formação de um modelo mental claro e útil, o que permite ao estudante compreender e lembrar quais vidrarias utilizar em cada situação. A representação atua como uma ponte entre o conhecimento teórico e a aplicação prática, facilitando a aprendizagem mais duradoura (Moreira, 1996).

Já a Estudante E5 fala sobre a aplicação prática do conhecimento ao determinar os valores corretos a serem utilizados em experimentos. Isso se refere ao conhecimento empírico, onde se utilizam valores quantitativos específicos para realizar experiências (Kermen; Meheut, 2009). A referência aos valores indica uma compreensão simbólica necessária para a correta medição e mistura de reagentes: “Eu acho que tem também a questão dos valores, né? A gente saber o que colocar em cada coisa, quanto gente tem que usar, isso facilita nosso entendimento na hora da prática” (Estudante E5, 2024).

Nesta fala, a Estudante E5 menciona a importância de saber os valores a serem utilizados nos experimentos, como fica elucidado em seu diário de bordo (Figura 9). Na perspectiva dos modelos mentais (Justi, 2011), ela está se referindo à construção de um modelo mental que inclui a quantidade exata de substâncias a ser usada. Este modelo mental é ajustado com base em instruções ou práticas anteriores, permitindo que ela saiba exatamente como proceder durante a prática.

Figura 10 – Diário de bordo da Estudante E5



Fonte: Estudante E5, 2024.

Nessa perspectiva, o Estudante E6 em sua fala menciona a esquematização e a experiência na área, o que se refere ao nível empírico, onde o conhecimento é aplicado na prática através da experiência:

Sim, eu acredito que auxilia, porque a questão da esquematização, e como já falaram, a questão dos valores de volume, as vidrarias utilizadas, a gente teria que ter, para realizar uma titulação dessa sem o conhecimento prévio, a gente teria que ter alguma experiência na área. Como não é o caso, é um aprendizado, né? No primeiro momento, então, a esquematização ajuda muito (Estudante E6, 2024).

Essa esquematização também envolve o nível simbólico, pois inclui a representação visual e o uso de diagramas para compreender volumes e vidrarias (Kermen; Meheut, 2009).

Embora não explicitamente mencionados pelo Estudante E6, a compreensão dos valores de volume e a correta execução de titulações envolvem uma compreensão dos processos microscópicos e submicroscópicos, segundo Kermen e Meheut (2009), como as reações químicas que ocorrem a nível molecular durante uma titulação. Segundo Moreira (1996), a esquematização ajuda na construção de modelos mentais que combinam elementos visuais e procedimentais, facilitando a compreensão e a execução de tarefas como a titulação. A experiência prévia é importante porque ela fornece uma base sobre a qual novos modelos mentais podem ser construídos e refinados, porém, mesmo sem esta experiência prévia, esses modelos mentais permitem que ele visualize e execute o procedimento de titulação de maneira correta, baseando-se em representações esquemáticas e instruções.

Em suma, os comentários dos Estudantes do Grupo Leite neste momento destacam principalmente os níveis empírico e simbólico do conhecimento químico. Eles enfatizam a importância da prática e da experiência empírica, bem como a

necessidade de representações simbólicas claras para entender e executar procedimentos laboratoriais corretamente. No que diz respeito aos níveis de construção do conhecimento químico (Kermen; Meheut, 2009), o nível empírico é fundamental, pois sem experiência prática e aplicação do conhecimento, os estudantes não conseguem realizar os experimentos de forma eficaz; o nível simbólico é importante para a compreensão de como utilizar as vidrarias e medir os volumes corretamente, a representação simbólica ajuda a ligar o conhecimento teórico à prática; por fim, os níveis microscópico e submicroscópico, embora não explicitamente discutidos pelos estudantes, estão subentendidos na compreensão dos processos químicos que ocorrem durante os experimentos, como a titulação. Diante disso, a análise dos comentários dos estudantes sob a ótica da teoria de Kermen e Meheut (2009) revela que a aprendizagem química eficaz requer uma integração dos níveis empírico e simbólico, com uma base sólida nos conhecimentos microscópico e submicroscópico para assegurar a compreensão completa dos fenômenos químicos.

No que diz respeito à elaboração de modelos mentais, de acordo com seus depoimentos, os estudantes constroem estes modelos baseados em representações esquemáticas e instruções que permitem a identificação e uso correto de vidrarias, bem como a medição precisa dos valores necessários para os experimentos. Esses modelos mentais são ferramentas úteis para a execução correta das práticas laboratoriais, pois à medida que os estudantes ganham mais experiência e recebem mais instruções, seus modelos mentais são ajustados e refinados. Por exemplo, os Estudantes E6 e E7 mencionam a importância das representações esquemáticas e da experiência na área, o que sugere que seus modelos mentais são continuamente refinados com base em novas informações e práticas. Já as representações externas, como esquemas e diagramas mencionados pelos estudantes, atuam como ferramentas cognitivas que auxiliam na construção e ajuste dos modelos mentais. A Estudante E5, por exemplo, menciona a importância de saber os valores, o que indica que ela utiliza representações simbólicas para construir um modelo mental que facilite a execução prática.

A importância da esquematização e da experiência prática ressaltada pelo Estudante E6 destaca como a aprendizagem envolve não apenas a memorização de informações, mas também a capacidade de aplicar o conhecimento em contextos práticos. Diante do exposto, os comentários dos estudantes demonstram como a construção e o ajuste de modelos mentais, conforme descrito por Moreira (1996), são

importantes para a compreensão e a aplicação eficaz do conhecimento químico. A integração de representações visuais, valores quantitativos e experiência prática facilita a aprendizagem e o desenvolvimento de competências práticas.

5.2.3 Terceiro momento da roda de conversa: a interligação das etapas do processo

Dando continuidade à conversa com o Grupo Leite, os estudantes foram perguntados de que forma os cálculos ficam mais fáceis de fazer com a representação do fenômeno, com tudo sendo anotado e registrado. A tal inquietação, os Estudantes E6 e E8 se pronunciaram:

Sim. Porque, através da representação do fenômeno, a gente consegue saber os valores utilizados e a gente consegue ter uma noção do que é solicitado, por exemplo, solicitado o volume em gramas por mL. A gente consegue entender a quantidade, essa quantidade representada na solução, entendeu? (Estudante E6, 2024).

Já o Estudante E8 coloca: “Com a visualização também da fórmula, a gente consegue resolver mais rapidamente sem estar precisando buscar na internet e em outros lugares” (Estudante E8, 2024). Os posicionamentos assumidos pelos estudantes E6 e E8 são passíveis de serem interpretados como mobilizadores da compreensão dos níveis de construção do conhecimento químico propostas por Kermen e Meheut (2009).

Em relação ao nível macroscópico, o Estudante E6 menciona a "representação do fenômeno", o que sugere uma compreensão inicial do nível macroscópico e ele está reconhecendo a importância de observar o fenômeno para entender as quantidades envolvidas. Já o Estudante E8 fala sobre a visualização da fórmula, que pode ser interpretada como uma tentativa de conectar a representação simbólica à experiência direta e prática, algo que é mais facilmente reconhecível no nível macroscópico.

Já no nível submicroscópico, embora os estudantes não mencionem explicitamente partículas ou interações moleculares, a compreensão das quantidades representadas na solução (como mencionado pelo Estudante E6) sugere um entendimento de que essas quantidades estão relacionadas a entidades submicroscópicas, como moléculas em solução. A visualização da fórmula também sugere uma conexão implícita com o submicroscópico, pois a fórmula representa a composição molecular da substância (Kermen; Meheut, 2009).

No nível simbólico, o Estudante E8 fala diretamente sobre a utilização de fórmulas para resolver problemas. Isso demonstra um claro entendimento do nível simbólico, onde os símbolos químicos e matemáticos são usados para descrever e manipular conceitos químicos. O Estudante E6 também toca neste nível ao mencionar que os valores e quantidades representados podem ser entendidos através da fórmula, o que implica na tradução de fenômenos observáveis (macroscópicos) para uma representação simbólica, segundo Kermen e Meheut (2009).

Em conclusão, no que se refere ao nível empírico, a menção de valores e quantidades pelo Estudante E6 pode ser relacionada a este nível, onde se mede e coleta dados para análise, pois ele parece valorizar a precisão e o entendimento das medidas, que são componentes essenciais na experimentação empírica para Kermen e Meheut (2009). A habilidade de resolver problemas sem recorrer à internet, mencionada pelo Estudante E8, sugere um entendimento prático e aplicado do conhecimento químico, algo que pode ser reforçado pela experiência empírica e prática laboratorial.

Diante do exposto, a análise dos depoimentos dos Estudantes E6 e E8 revela que ambos demonstram uma interligação entre os níveis de construção do conhecimento químico de Kermen e Méheut (2009). O Estudante E6 destaca a importância da representação fenomenológica e das quantidades, que envolvem uma compreensão macroscópica, simbólica e, até certo ponto, submicroscópica e empírica. O Estudante E8, por outro lado, enfatiza a utilidade das fórmulas simbólicas para resolver problemas rapidamente, demonstrando uma forte conexão com o nível simbólico, e uma aplicação prática que está ligada ao conhecimento empírico. Essas interações mostram como os estudantes estão desenvolvendo uma compreensão integrada da Química, movendo-se entre diferentes níveis de conhecimento para resolver problemas e entender fenômenos (Kermen; Meheut, 2009). Esse tipo de aprendizado é importante para uma compreensão profunda e aplicada da Química, permitindo que os alunos não apenas memorizem informações, mas também as apliquem de forma eficaz em diferentes contextos.

5.2.4 Quarto momento da roda de conversa: a liberdade de representação

Em sequência, os Estudantes deste Grupo foram indagados se eles conseguem identificar uma eficácia maior dos cálculos e precisão de acordo com a

representação e se, para eles, é mais fácil um experimento assim, livre de representação, do que com um roteiro específico estando livres para representar da forma que quiserem. A fala da Estudante E5 reflete sobre a interpretação e a liberdade de desenvolver cálculos e representações:

Eu acho que sim. Pela questão de que tem a parte de a gente desenvolver os cálculos e tem a parte também da forma que a gente vai representar. E o roteiro não. É uma coisa padrão que você vai seguindo lá, mas você não tem aquela interpretação (Estudante E5, 2024).

Esta fala indica uma valorização da autonomia e flexibilidade, conceitos centrais na teoria de Pereira (2010) que afirma que a autonomia e a flexibilidade dos estudantes são fundamentais para o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem ao longo da vida destacando que, ao serem autônomos, os estudantes têm a capacidade de tomar decisões sobre seu próprio processo de aprendizagem, o que inclui a gestão do tempo, a escolha de métodos e recursos de estudo, e a capacidade de avaliar seu próprio progresso.

Ao mencionar que desenvolver cálculos e representações permite maior interpretação, contrastando isso com os roteiros, que são padrões a serem seguidos sem espaço para interpretação, esta fala também se alinha com a perspectiva de Ferreira *et al.* (2010), pois a Estudante E5 destaca a importância da autonomia e da interpretação no processo de aprendizagem, elementos chave da problematização em atividades experimentais.

Sobre isso o Estudante E7 se posiciona compreendendo a ação de seguir um roteiro como uma ação mecânica voltada a mera constatação de uma de teoria: “O roteiro é mais uma confirmação de teoria” (Estudante E7, 2024).

Essa visão indica uma abordagem passiva do estudante, onde ele segue instruções para validar conceitos já conhecidos. Ferreira *et al.* (2010) criticam essa abordagem por limitar o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo e esta visão contrasta com a ideia de que o aprendizado deve ser ativo e centrado no aluno, permitindo exploração e descoberta (Pereira, 2010).

No depoimento do Estudante E6, percebe-se que ele reforça a visão da Estudante E5 sobre o roteiro ser engessado e não permitir interpretação: “Exatamente. Como E5 falou, a questão do roteiro é algo mais engessado. Já se sabe o resultado esperado e a gente não tem a possibilidade de interpretar como E5 havia falado” (Estudante E6, 2024). Ele parece apoiar a necessidade de um aprendizado

mais dinâmico e investigativo, reforçando, segundo Pereira (2010) a ideia de que roteiros fechados em um experimento são limitadores da autonomia estudantil.

A seguir o Estudante E8 pontua sobre a relevância na flexibilidade das etapas experimentais e reflete sobre a importância de um ambiente de aprendizado que permita exploração e adaptações: “Sim, até porque a gente poderia fazer uma etapa sem necessariamente terminar na outra” (Estudante E8, 2024). Tal entendimento está alinhado ao de Ferreira *et al.* (2010), e sua menção à possibilidade de realizar etapas independentes reflete a importância da flexibilidade no processo de aprendizagem, em consonância com um ponto defendido por Pereira (2010) para promover a autonomia dos estudantes.

As falas dos estudantes evidenciam uma clara preferência por abordagens que promovem a problematização, a autonomia e a flexibilidade nas atividades experimentais. Os pontos levantados pelos Estudantes E5, E6 e E8 são consistentes com as teorias de Ferreira *et al.* (2010) e Pereira (2010), que defendem a importância de um aprendizado ativo, crítico e reflexivo, onde os estudantes têm a oportunidade de explorar, interpretar e construir conhecimento de maneira autônoma e flexível. Em contraste, a visão do Estudante E7 de que os roteiros confirmam teorias reflete uma abordagem tradicional que limita o desenvolvimento pleno das competências investigativas dos estudantes.

A análise destas falas destaca a importância de reformular as atividades experimentais para que promovam a problematização e a autonomia. Os estudantes beneficiam-se mais de experiências que os desafiem a pensar criticamente e a interpretar dados de forma independente, ao invés de seguir roteiros pré-determinados que limitam sua capacidade de reflexão e descoberta.

5.2.5 Quinto e último momento da roda de conversa: as contribuições da problematização

Por fim, para encerrar a roda de conversa com os estudantes do Grupo Leite, os membros foram indagados se eles acham que a problematização contribui para o entendimento da atividade experimental no sentido de trazer aspectos que estão relacionados ao cotidiano deles com a Química e a atividade experimental ser livre de representação. Foi pedido para que eles explicassem de que forma a problematização contribui para isso, pois como eles pontuaram, seguir um roteiro torna mais

complicado de entender o passo a passo, então, como a problematização entra nisso de fugir e desfragmentar o roteiro tornando a prática mais contextualizada para eles. Neste questionamento, somente o Estudante E6 respondeu representando o Grupo quando colocou que:

Sim. A questão da problematização é a questão da contextualização de um assunto, podemos dizer. Então, acaba levando em consideração mais o interesse do aluno. Porque se você tem uma atividade sem problematização, é como eu tinha falado da questão do roteiro, é algo engessado, o que vocês já esperam, o que já é esperado alguma coisa dessa atividade. A problematização não, você tem que resolver determinado aspecto (Estudante E6, 2024).

O Estudante E6 menciona que a problematização envolve a contextualização do conteúdo abordado. Isso significa que, em vez de apresentar informações de forma isolada ou descontextualizada, a problematização coloca o conhecimento dentro de um contexto relevante para os alunos, tornando-o mais significativo e aplicável às suas realidades. Ele destaca que a problematização considera mais o interesse dos alunos e isso sugere que, ao envolver os estudantes em situações-problema, o ensino se torna mais engajador e relevante para eles, pois é baseado em questões que despertam sua curiosidade e motivação.

Segundo Darius e Lopes (2017), a problematização propõe um modelo educacional ativo e dialógico, onde o estudante não é um mero receptor passivo de conhecimento, mas um participante ativo na construção do saber. Ao contextualizar o conteúdo e relacioná-lo com a realidade dos alunos, a problematização promove uma aprendizagem mais significativa e crítica. A referência ao ensino “engessado” que o Estudante E6 faz pode ser interpretada como uma crítica ao ensino tradicional, que muitas vezes segue roteiros rígidos e previsíveis, não desafiando os alunos a pensarem criticamente ou a resolverem problemas reais (Darius; Lopes, 2017). A problematização, por outro lado, rompe com essa rigidez, propondo desafios que estimulam o pensamento crítico e a criatividade dos estudantes.

A fala do Estudante E6 reflete a essência dos estudos sobre problematização, que defendem um ensino contextualizado, centrado no estudante e orientado para a resolução de problemas. Ao enfatizar a importância do interesse dos alunos e da contextualização do conhecimento, o Estudante aponta para uma prática pedagógica que visa transformar o ensino em uma experiência mais dinâmica, significativa e engajadora, em contraste com métodos tradicionais mais rígidos e previsíveis. Essa

abordagem não apenas facilita a aprendizagem, mas também prepara os estudantes para lidarem com os desafios do mundo real de maneira crítica e criativa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar as contribuições da experimentação problematizadora para mobilização dos níveis de conhecimento químico a partir da elaboração de modelos mentais pelos estudantes utilizando como referência a caracterização do conhecimento químico os níveis de conhecimento propostos por Kermen e Meheut (2009). A abordagem enfatiza a importância da visualização e da manipulação dos conceitos em níveis concretos e abstratos. Essa perspectiva se mostrou particularmente eficaz quando integrada com as atividades experimentais investigativas, visto que, atividades desempenham um papel importante na facilitação da compreensão dos conceitos químicos pelos estudantes, proporcionando um ambiente em que os estudantes ao mesmo tempo puderam observar e interagir com os fenômenos químicos de maneira tangível, o que se configurou como um diferencial para a construção de modelos mentais mais consistentes.

Os resultados evidenciaram que as atividades práticas propostas facilitaram a transição dos alunos entre os diferentes níveis de conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico, simbólico e empírico). Essa transição foi especialmente notada na elaboração de modelos mentais que permitiram uma compreensão mais integrada dos fenômenos observados em laboratório. A representação dos processos químicos, tanto de forma visual quanto simbólica, mostrou-se uma estratégia eficaz para que os estudantes pudessem articular o conhecimento prévio com o conhecimento adquirido, reforçando a ideia de que a experimentação, aliada à problematização, promove uma aprendizagem mais ampla e duradoura.

Quando os estudantes participam de atividades experimentais investigativas, com um roteiro aberto, eles têm a oportunidade de testar e modificar seus modelos mentais com base em observações reais. A problematização serve como uma ponte entre a teoria e a prática, desafiando os estudantes a aplicar seus modelos mentais para resolver problemas reais e complexos.

Dessa forma, pôde-se observar que construção de modelos mentais, como forma de representação e organização dos fenômenos químicos, demonstrou ser uma ferramenta importante não apenas para a compreensão dos processos químicos, mas também para a aplicação prática do conhecimento em situações experimentais.

Com isso, a integração desses elementos pode promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como análise, síntese e avaliação. Os estudantes não apenas possibilitam aprenderem os conceitos químicos, mas também desenvolverem habilidades para pensar criticamente e resolver problemas de forma criativa. Ao trabalhar com estes aspectos de maneira integrada, os estudantes podem ser capazes de formar um conhecimento mais coeso e profundo da Química, que é menos fragmentado e mais aplicável em diferentes contextos.

Por fim, pode-se concluir que a abordagem investigativa e problematizadora no ensino de Química pode ser uma estratégia didática relevante para o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como a crítica e a criatividade, permitindo que os estudantes não apenas compreendam os conceitos teóricos, mas também os apliquem de forma prática e contextualizada. Os dados coletados mostram que as atividades experimentais, quando integradas ao cotidiano dos alunos e vinculadas a problematizações reais, promovem uma maior motivação e envolvimento dos estudantes com o conteúdo. A pesquisa sugere, ainda, que futuros estudos explorem novas metodologias e abordagens que integrem atividades experimentais com a construção de modelos mentais, visando aprimorar o processo de ensino e aprendizagem no contexto do ensino de Química.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, M. R. *et al.* The nature and state of general chemistry laboratory courses offered by colleges and universities in de United States. **Journal of Chemical Education**; tradução nossa, v. 74, n. 5, p. 591-594, 1997. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Nature-and-State-of-General-Chemistry-Courses-Abraham-Craolice/34d486481ffe8919122f637a892a3e88c0d9f5ba>. Acesso em 04 ago. 2024.
- ABREU, T. B.; FERNANDES, J. P.; MARTINS, I. Uma análise qualitativa e quantitativa da produção científica sobre CTS (ciência, tecnologia e sociedade) em periódicos da área de ensino de ciências no Brasil. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37953/28981>. Acesso em 04 ago. 2024.
- ARAÚJO N.; WALDMIR N. **Formas de uso da noção de representação estrutural no Ensino Superior de Química**. 2009. 228 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-02092009-143535/pt-br.php>. Acesso em 04 ago. 2024.
- BERBEL, N. A. N. Metodologia da problematização: uma alternativa metodológica apropriada para o ensino superior. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 09–19, 1995. DOI: 10.5433/1679-0383.1995v16n3p09. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/9458>. Acesso em: 21 jan. 2024.
- BENITE, A. M. C.; BENITE C. R. M. O laboratório didático no ensino de química: uma experiência no ensino público brasileiro. **Revista Iberoamericana de Educación**. n.º 48/2, pp. 1-2, 2009.
- BORGES, A. T. Um Estudo de Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 207–266, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/62>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- CAVALCANTE, B. P. *et al.* O desastre de Mariana como abordagem investigativa e CTSa para o ensino de Química. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v.9, n.2, maio/ago, 2019.
- COSTA, M. P. **O desastre de Brumadinho e abordagem CTSa: uma proposta de ensino cooperativo para cálculos estequiométricos**. 2022. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2022. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/25766?show=full>. Acesso em 05. ago. 2024.
- DARIUS, R. P. P.; LOPES, B. J. S. O Uso da Metodologia da Problematização para o Desenvolvimento de Projeto Integrador no Curso de Pedagogia. **Revista Ibero-**

Americana de Estudos em Educação, v. 12, n. 2, p. 983-1004, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/9809>. Acesso em 05 ago. 2024.

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC. p.125-150. 2005. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/87874/mod_resource/content/2/Problemas_p_robmatizacao.pdf. Acesso em 05 ago. 2024.

ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. Protocol analysis: verbal reports as data. **MIT Press**. 1993. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1993-97655-000>. Acesso: 27 fev. 2024.

FERREIRA, M. **História da Química e Problematização no Ensino de Reações Químicas**. UFPR, 24 jul. 2008. Curitiba, PR. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0240-1.pdf> Acesso: 19 jan. 2024.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**. v. 32, nº2, p. 101-102, 2010. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2011/quimica/artigos/ens_exp_quim_art.pdf. Acesso em 05 ago. 2024.

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**; tradução Joice Elias Costa. 3ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2009. p.24. Disponível em: https://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/necio_turra/PPGG%20-%20PESQUISA%20QUALI%20PARA%20GEOGRAFIA/flick%20-%20introducao%20a%20pesq%20quali.pdf. Acesso em 05 ago. 2024.

FRANCISCO JR., WILMO E.; *et al.* Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**. n. 30, p. 34-36, nov. 2008. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.

FREIRE, P. **Educação como Prática da Liberdade**. Exemplar nº 1405. Rio de Janeiro, ed. Paz e Terra, p. 150. 1967. Disponível em: http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/otp/livros/educacao_pratica_liberdade.pdf. Acesso em 05 ago. 2024.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova na Escola**, n.30, mai. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/vLwff6qNpbNP9Y8DHbpwzzC/?lang=pt%3e>. Acesso em: 18 jan. 2024.

GALIAZZI, M. C. *et al.* A Experimentação na Aula de Química: uma aposta na abordagem histórico-cultural para a aprendizagem do discurso químico. In: GALIAZZI, M. C. *et al.* **Construção Curricular em Rede na Educação em**

Ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula. 1ed. Ijuí: Unijuí, 2007, v. 1, p. 375-390. Disponível em:

http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/outubro2011/quimica_artigos/dissert_fabio_goncalves.pdf. Acesso em 05 ago. 2024.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H.; A formação inicial em Química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Química Nova**, v.33, n.8, p.1809-1814, 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/NLZTMDmmxFZkdCp6cnZcntr/>. Acesso em 05 ago. 2024.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n.º 10, pp. 43-49, 1999. Disponível em:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em 05 ago. 2024.

HODSON, D. Experiments in science teaching. **Educational Philosophy & Theory**, 20, pp. 53-66, 1988. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-5812.1988.tb00144.x>. Acesso em 05 ago. 2024.

HONORATO, M. A.; MION, R. A. **A Importância da Problematização na Construção e na Aquisição do Conhecimento Científico pelo Sujeito.**

Florianópolis, 08 nov. 2009. Disponível em: http://150.162.8.240/somente-leitura/PNAP_2011_1/Modulo_1/Metodologia_Estudo_Pesq_Adm/Material_didatico/Textos_apoio/IMPORTANCIA_D. Acesso: 19 jan. 2024.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models.** Cambridge, MA: Harvard University Press. 513p. 1983.

JOHNSTONE, ALEX H. Macro and microchemistry; tradução nossa. **School Science Review**, v. 64, p. 377–379, 1982.

JOHNSTONE, ALEX H. The Development of Chemistry Teaching; tradução nossa. **The Forum**, v. 70, n.º9, 1993.

JUSTI, R. S. Modelos e Modelagem no Ensino de Química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, WILDSON LUIZ PEREIRA DOS; MALDANER, OTÁVIO ALUÍSIO. (org.). **Ensino de Química em Foco.** Ijuí: Unijuí, 2011. p. 209-230.

KERMEN, I; MÉHEUT, M. Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning; tradução nossa. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 10, p. 24-34, 2009. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/236360583_Different_models_used_to_interpret_chemical_changes_Analysis_of_a_curriculum_and_its_impact_on_French_students'_reasoning. Acesso em 05 ago. 2024.

KUHN, T. S.; **A estrutura das revoluções científicas**, 9ª ed., Perspectiva: São Paulo, 2007. Disponível em: <https://ppec.ufms.br/files/2020/10/A-estrutura-das-revolu%C3%A7%C3%B5es-cient%C3%ADficas-Kuhn.pdf>. Acesso em 05 ago. 2024.

LEITE, V. C. **Educação Problematicadora de Paulo Freire na Perspectiva de Licenciandos em Química**. Tese Doutorado 256 p - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química Goiânia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/a20add86-644d-4749-9a05-0169db2a4c87>. Acesso em 05 ago. 2024.

MACHADO, A. H.; CASTILHO, D. L.; SILVEIRA, K.; As aulas de Química como espaço de investigação e reflexão. **Química Nova na Escola**, Nº. 9, maio, 1999. Disponível em: <https://cabecadepapel.com/sites/colecaoaiq2011/QNEsc09/relatos.pdf>. Acesso em 05 ago. 2024.

MESSEDER NETO, H. S.; SILVA, C. S.; O ENSINO DE QUÍMICA COMO UNIDADE DIALÉTICA ENTRE OS NÍVEIS MACROSCÓPICOS E SUBMICROSCÓPICOS: para além do triângulo de Johnstone. **Revista Exitus**, Santarém/PA, Vol. 11, p. 01 - 25, e020201, 2021. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9520844>. Acesso em 05 ago. 2024.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigação no Ensino de Ciências**, v.1 n.3, p.193-232, 1996. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/634>. Acesso em 05 ago. 2024.

NORMAN, D. A. Mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (orgs.). **Mental models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Vozes. Petrópolis – RJ. 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/19192704/Como_fazer_pesquisa_qualitativa_Maria_Oliveira. Acesso em 05 ago. 2024.

PEREIRA, B. B. Experimentação no ensino de Ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. **Cadernos da FUCAMP**. 9. 2010. Disponível em: <https://quiprocura.net/w/wp-content/uploads/2016/03/experimentacao-no-ensino.pdf>. Acesso em 05 ago. 2024.

PIVA, G. M.; GIBBIN, G. B.; SANTOS, C. M.; KOHORI, R.K. Desenvolvimento de modelos mentais por meio da elaboração e aplicação de modelos físicos alternativos para o ensino de atomística. **Revista Ciências & Ideias** ISSN: 2176-1477. 10. 210. 10.22407/2019.v10i2.1116. 2019.

PIVA, G. M.; GIBIN, G. B.; SANTOS, C. M.; KOHORI, R. K. O uso do smartphone no desenvolvimento de modelos mentais dos alunos no Ensino de Química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v. 12, p. 1-24, 2021. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/2786>. Acesso em 05 ago. 2024.

ROMÃO, L. P. C. *et al.* **Química Analítica II**. CESAD. São Cristovão: Universidade Federal de Sergipe. 2008. Disponível em:

https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/18394716022012Quimica_Analitica_II_Aula_1.pdf. Acesso em 05 ago. 2024.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, WILDSON LUIZ PEREIRA DOS; MALDANER, OTÁVIO ALUÍSIO: (Org.). **Ensino de Química em foco**. Ijuí (RS): Unijuí, 2010. p. 231-261.

SKOOG, D. A; WEST, D. M; HOLLER, F. J; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo. 2006.

VASCONCELOS, N. M. S. **Fundamentos de Química Analítica Quantitativa**. 2ª Edição. Fortaleza: EdUECE. p.16. 2019. Disponível em: [file:///C:/Users/wesle/Downloads/Livro%20Fundamentos%20da%20Quimica%20Analitica%20Quantitativa%20%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/wesle/Downloads/Livro%20Fundamentos%20da%20Quimica%20Analitica%20Quantitativa%20%20(2).pdf). Acesso em 05 ago. 2024.

VOGEL, A.I. **Análise Química Quantitativa**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 5ª Ed., Rio de Janeiro. 1992.

APÊNDICE A – DETERMINAÇÃO DO ÁCIDO ACÉTICO NO VINAGRE

Objetivo:

- Verificar, através de uma titulação ácido-base e dos cálculos necessários para esta análise, se o vinagre da *marca Minhotto*, utilizado para este experimento, possuía uma concentração em porcentagem (g/100mL) de aproximadamente 4% de ácido acético, que compete à coerência deste valor apresentado no rótulo do produto.

Materiais e reagentes:

- Vinagre da marca *Minhotto*;
- Água destilada;
- Fenolftaleína (indicador)
- Bureta de 30mL;
- *Erlenmeyers* de 50mL;
- Balão volumétrico de 50mL;
- Hidróxido de sódio (NaOH – 0,1 mol/L);
- Pipeta graduada;
- Proveta;
- Béqueres de 100mL.

Etapas a serem seguidas:

- **ETAPA 1:** Cálculo do número de mols do ácido em 5mL de solução diluída (5mL de vinagre em um balão volumétrico de 50mL preenchido com água destilada);
- **ETAPA 2:** Cálculo da massa de ácido acético em 5mL da solução diluída preparada na etapa anterior;
- **ETAPA 3:** Cálculo da massa de ácido acético presente nos 50mL da solução diluída já preparada;
- **ETAPA 4:** Cálculo da concentração de ácido acético em porcentagem (g/100mL).

APÊNDICE B – DETERMINAÇÃO DO ÁCIDO LÁTICO NO LEITE E ACIDEZ *DORNIC* (°D)

Objetivos:

- Verificar, através de uma titulação ácido-base e dos cálculos necessários para esta análise, se o leite integral de caixa da marca Betânia, utilizado para este experimento, possuía uma concentração em porcentagem (g/100mL) de aproximadamente 0,15% de ácido láctico, que compete a conferência deste valor no rótulo do produto;
- Analisar, se, fazendo o devido cálculo, de acordo com a literatura que afirma que a cada 0,1mL de base (NaOH) gastos para atingir o ponto de equivalência nesta titulação é equivalente a 1°D, sendo assim, o leite próprio para consumo possuir até 18°D, o leite integral utilizado neste experimento por fim estaria próprio ou não para o consumo.

Materiais e reagentes:

- Leite integral UHT da marca Betânia;
- Água destilada;
- Fenolftaleína (indicador)
- Bureta de 30mL;
- *Erlenmeyers* de 50mL;
- Hidróxido de sódio (NaOH – 0,1 mol/L);
- Pipeta graduada;
- Proveta;
- Béqueres de 100mL.

Etapas a serem seguidas:

- **ETAPA 1:** Cálculo do número de mols do ácido láctico na amostra (10mL de leite);
- **ETAPA 2:** Cálculo da massa do ácido láctico presente na amostra;
- **ETAPA 3:** Cálculo da concentração do ácido láctico em g/mL;
- **ETAPA 4:** Cálculo da concentração do ácido láctico em mg/L;
- **ETAPA 5:** Cálculo do grau de acidez *Dornic* (°D) na amostra final após titulada.