



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

CAROLINE DA SILVA ALVES MACIEL

**DIÁLOGO ENTRE OS DIFERENTES NÍVEIS DE CONHECIMENTO QUÍMICO NA
ORIENTAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA
FAVORECIMENTO DA COMPREENSÃO DAS LEIS PONDERAIS**

CARUARU

2024

CAROLINE DA SILVA ALVES MACIEL

**DIÁLOGO ENTRE OS DIFERENTES NÍVEIS DE CONHECIMENTO QUÍMICO NA
ORIENTAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA
FAVORECIMENTO DA COMPREENSÃO DAS LEIS PONDERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em
Química.

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

Maciel , Caroline da Silva Alves.

DIÁLOGO ENTRE OS DIFERENTES NÍVEIS DE CONHECIMENTO
QUÍMICO NA ORIENTAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES
DIDÁTICAS PARA FAVORECIMENTO DA COMPREENSÃO DAS LEIS
PONDERAIS / Caroline da Silva Alves Maciel . - Caruaru, 2024.

50p : il.

Orientador(a): José Ayron Lira dos Anjos

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

Inclui referências, apêndices.

1. Leis Ponderais . 2. Sequência Didática . 3. Níveis de conhecimento
Químico . I. Anjos , José Ayron Lira dos. (Orientação). II. Título.

540 CDD (22.ed.)

CAROLINE DA SILVA ALVES MACIEL

**DIÁLOGO ENTRE OS DIFERENTES NÍVEIS DE CONHECIMENTO QUÍMICO NA
ORIENTAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA
FAVORECIMENTO DA COMPREENSÃO DAS LEIS PONDERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura em
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em
Química.

Aprovado em: 11/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Luana Oliveira dos Santos (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Ana Paula de Souza de Freitas (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho ao Prof. Dr. José Ayrton Lira dos Anjos, pelo incentivo e dedicação, por ser um exemplo de educador e profissional que nos inspira e motiva a sermos sempre melhores.

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão a Deus por sempre ser um conforto quando tudo parecia não estar dando certo e por nunca ter escondido de mim o Vosso rosto, à sua grandiosíssima mãe que sempre intercedeu para que esse dia chegasse.

Aos meus pais, João e Claudécir, minha eterna gratidão, que sempre se esforçaram para que eu estivesse confortável para estudar, que em meio a simplicidade nunca nos faltou o principal, amor e afeto, me ensinaram valores tão grandiosos que escola alguma pode ensinar, que se mudaram do seu recanto para me acompanhar e esperaram todos os dias para eu avisar que cheguei em casa bem e segura. Aqui aproveito para agradecer a minha família que sempre esteve presente e comemorou comigo cada pequena vitória.

Ao meu marido, Jaildo Freitas, que esteve presente e me ajudou a suportar quando a carga estava pesada demais, a ti eu agradeço por todas as vezes que falava que era necessário estudar mais e dedicar tempo a isto, por ser uma boa companhia e estar nessa caminhada junto comigo, por me ensinar a ser resiliente e ver que tudo é aprendizado para vida.

Aos meus grandes amigos, Eduarda Assis e Wesley Lima, vocês engrandeceram meus dias, trouxeram conforto e me inspiraram a continuar, vocês são incríveis, em dias difíceis éramos o apoio que o outro precisava, em outros dias éramos a luz que brilhava no caminho um do outro, e por vezes vocês eram a minha, quando estava complicado demais vocês me ajudaram e acalmaram meu coração, estivemos presentes e juntos esses longos cinco anos, desejo nunca esquecer vocês, que nossa amizade fique marcada para sempre.

Aos meus companheiros de jornada Paula Franciely, Elenilton Heleno, Kleyton Trajano, Ailton José, Edivan Cunha, Paloma Coelho, Thais Santos, Vanessa Marília, sou grata por todos os risos compartilhados durante esse tempo, por todas as vezes que estivemos juntos, serão memórias jamais esquecidas, guardarei cada um em meu coração, desejo que todos sejam excelentes profissionais.

Ao meu professor orientador, José Ayron, que foi e sempre será um grande exemplo de simpatia e humildade, nos ensinou que somos capazes e sempre incentivou para isto, obrigada por ser esse profissional e por dedicar seu tempo a nos ajudar, obrigado pelo apoio durante o processo de escrita e pela paciência em cada correção, serei eternamente grata por todas as palavras de apoio que o senhor direcionava.

RESUMO

A Química é uma disciplina em que sua teoria e prática devem estar necessariamente interligadas. Essa premissa também é especificamente válida, para o conteúdo de leis ponderais, sendo em seu aprendizado necessário a apreensão de elementos teóricos e práticos. Em consequência à desatenção dessa peculiaridade, durante o processo de ensino, observa-se por vezes dificuldades na aprendizagem desse conteúdo em decorrência da dificuldade dos estudantes em interpretar as ações, associadas aos procedimentos lógico matemáticos, realizadas na sistematização dos dados com vistas a quantificação dos fenômenos. De tal maneira a presente pesquisa buscou compreender a implicação de relacionar os níveis de conhecimento químico, na perspectiva de Méheut e Kermen, na compreensão de procedimentos de quantificação e explicações de fenômenos associados a leis ponderais. A pesquisa tem um viés qualitativo e exploratório que buscou analisar uma sequência didática organizada de acordo com os níveis de conhecimento químico proposto por Méheut e Kermen, a saber: Microscópico, Simbólico, Macroscópico e Empírico. Metodologicamente, foi analisado o discurso dos estudantes e sua compreensão do conteúdo, com base nos Níveis de Conhecimento Químico. Como resultados observou-se que a partir dos momentos da sequência os estudantes conseguiam transitar de um nível de conhecimento para outro, destacando representações, cálculos e relações atômica-moleculares, evidenciando dessa forma a presença dos níveis de conhecimento não apenas no momento elaborado especificamente a sua emergência, mas também na promoção de um diálogo entre eles para a interpretação da linguagem química e da compreensão das leis ponderais.

Palavras chaves: Leis Ponderais; Sequência Didática; Níveis de Conhecimento Químico.

ABSTRACT

Chemistry is a discipline in which theory and practice must necessarily be interconnected. This premise is also specifically valid for the content of ponderal laws, and its learning requires the apprehension of theoretical and practical elements. As a result of the lack of attention to this peculiarity, during the teaching process, difficulties in learning this content are sometimes observed due to the difficulty of students in interpreting the actions, associated with the logical-mathematical procedures, carried out in the systematization of data with a view to quantifying phenomena. In this way, the present research sought to understand the implication of relating the levels of chemical knowledge, from the perspective of Méheut and Kermen, in the understanding of quantification procedures and explanations of phenomena associated with ponderal laws. The research has a qualitative and exploratory bias that sought to analyze a didactic sequence organized according to the levels of chemical knowledge proposed by Méheut and Kermen, namely: Microscopic, Symbolic, Macroscopic and Empirical. Methodologically, the students' discourse and their understanding of the content were analyzed based on the Levels of Chemical Knowledge. As a result, it was observed that from the moments of the sequence, the students were able to move from one level of knowledge to another, highlighting representations, calculations and atomic-molecular relations, thus evidencing the presence of the levels of knowledge not only at the moment specifically designed for their emergence, but also in promoting a dialogue between them for the interpretation of chemical language and the understanding of weight laws.

Keywords: Ponderal Laws; Following teaching; Levels of Chemical Knowledge.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC - Base nacional comum curricular

SD – Sequência didática

TLS - *Teacher Learning Sequences* (Sequência de ensino-aprendizagem)

TDIC - Tecnologias digitais de informação e comunicação

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Triângulo de Johnstone (2000).....	16
Figura 2 –	Tetraedro de Méheut e Kermen (2009).....	18
Quadro 1 –	Descrição da Sequência Didática (2024).....	26
Quadro 2 –	Roteiro da Entrevista (2024).....	29
Figura 3 –	Ponderação acerca da massa de um conjunto de bolinhas de rolimã (2024).....	30
Figura 4 –	Representação pictográfica dos estudantes no primeiro momento da SD (2024).....	31
Figura 5 –	Ponderações do Grupo 2 para prever a massa de um conjunto maior de bolinhas de rolimã na atividade do primeiro momento da SD (2024).....	32
Figura 6 –	Resposta do Grupo 4 aos questionamentos propostos voltado a interpretar o significado dos coeficientes estequiométricos (2024).....	35
Figura 7 –	Tela da atividade do <i>PhEt</i> Colorado sobre reagente, produto e resto (2024).....	37
Figura 8 –	Esquema elaborado pelos estudantes para explicação da reação de queima (2024).....	41
Figura 9 –	Anotações produzidas por estudante para explicação do experimento (2024).....	42
Figura 10 –	Desenho elaborado por estudante para representação do experimento em atividade do terceiro momento da SD (2024).....	43
Figura 11 –	Resposta aos questionamentos voltados a sistematizar observações e buscar explicações a reação vivenciada no experimento (2024).....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Níveis de Conhecimento	16
3.2	Ensino das Leis Ponderais.....	19
3.3	Sequência Didática.....	20
3.4	Experimentação.....	21
3.4.1	<i>Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC)</i>	22
4	METODOLOGIA.....	24
4.1	Classificação da Pesquisa.....	24
4.2	Participantes e Campo de Pesquisa.....	24
4.3	Organização da Sequência Didática (SD).....	25
4.4	Coleta de Dados.....	28
4.5	Análise de Dados.....	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1	Compreensão e uso de modelos atômico-moleculares de composição da matéria e seu papel na compreensão e explicação dos cálculos químicos.....	30
5.2	Uso e compreensão da linguagem química e seu papel na interpretação e comunicação dos cálculos químicos.....	36
5.3	Compreensão e descrição dos fenômenos químicos e seu papel na contextualização dos cálculos químicos.....	40
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47
	APÊNDICE A – ROTEIRO DAS PERGUNTAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento de química tal qual hoje é formulado foi construído ao longo dos séculos, desde seus primórdios na alquimia até a química moderna. Nesse sentido, muitas teorias foram criadas e refutadas no decorrer da história. Segundo Cunha Filho (1984) a alquimia era conhecida como uma miscelânea de misticismo e saberes empíricos. Já os conhecimentos acerca da constituição da matéria, fundamentados ainda em percepções filosóficas, evoluíram com o advento da química moderna alcançando o entendimento sobre elementos químicos.

Com o desenvolvimento de novos conhecimentos, foi possível atribuir sentidos e significados ao que foi pensado antes. Desse modo, os modelos atômicos em sua evolução exemplificam como a ciência é constituída em alguns momentos por uma progressão de entendimentos e modelos elaborados, que são a cada nova descoberta repensados e em alguns casos completamente reconstruídos para acomodar as novas observações experimentais.

Exemplos desses modelos foram o propostos por Dalton, que se fundamentou em postulados que buscavam explicar comportamentos experimentais observados por outros cientistas, tal qual Lavoisier e Proust que contribuíram para a descrição empírica do comportamento químico, hoje denominado de “Leis Ponderais”.

A temática adotada na presente pesquisa considera o fato de que as relações conceituais, empíricas e históricas que constituem o conteúdo das Leis ponderais não possuem uma visibilidade dentro do conteúdo referente ao ensino médio. Este conteúdo é previsto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e tem grande importância no desenvolvimento de conceitos e modelos relevantes no conhecimento químico.

Pois demanda tanto a mobilização do raciocínio lógico-matemático na descrição do comportamento que regula a relação entre as quantidades envolvidas em uma transformação química quanto na interpretação química do próprio conceito de reação suscitado pela reflexão desse comportamento. Desse modo, encontra-se disposto na competência específica 1, da área de ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio, que retrata o estudo de fenômenos naturais e os processos tecnológicos analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia (Brasil, 2018).

O problema se dá pelo fato de que muitos desses estudantes não possuem uma base na articulação do raciocínio lógico-matemático das interpretações do “porquê” do comportamento químico observado e mesmo nos postulados propostos em função desse comportamento voltados à explicação da natureza da matéria e a sua transformação. Tal coluna leva muitas vezes a uma aprendizagem mecânica e conseqüentemente a dificuldades em compreender desde o comportamento empírico, ao próprio conceito de reação química.

A lei da conservação da massa e das proporções múltiplas abordadas em uma perspectiva que considera o nível atômico-molecular da matéria, segundo Kermen e Méheut (2009) ligada a quatro níveis de conhecimento, a saber: macroscópico, submicroscópico, simbólico e empírico. Sendo esta proposição um aprimoramento dos níveis formulados originalmente por Johnstone (1993) que estabeleceu o conhecimento químico compartmentado em dimensões microscópica, representacional e macroscópica.

A adição do nível empírico na proposta de Méheut e Kermen (2009) favorece a distribuição do conteúdo de Química em uma sequência de ações intercaladas e interligadas a ser desenvolvida pelo aprendiz, voltadas à aprendizagem de conteúdos de química. Tal estruturação é denominada sequência didática (Méheut, 2005). Essa sequência pode ser organizada de diferentes formas, mas sempre privilegia instigar práticas construtivas integradas, com avaliação e *feedback* próprio a cada etapa e com o fomento a mobilização do conhecimento já construído em etapas anteriores.

O entendimento de que o ato de conhecer é progressivo e colaborativo, orienta que as ações iniciais em uma sequência didática, tenha como ponto de partida conhecer as dificuldades e limitações dos estudantes. Além disso, pode ser definida a exploração das diferentes perspectivas referentes ao conteúdo por grupos, para que o trabalho possa ser realizado de forma dialógica, possibilitando experiências com materiais didáticos previstos para cada momento da sequência. Dessa forma, ao fim da sequência didática possa ser avaliado e analisado as possíveis contribuições dos níveis de conhecimento proposto por Méheut e Kermen (2009) que envolvem o nível empírico, simbólico, submicroscópico e fenomenológico.

A partir dessa perspectiva, neste trabalho, foram analisados os saberes

referentes às leis ponderais, as transformações químicas, envolvendo a compreensão e mobilização de conhecimentos químicos e raciocínio lógico-matemáticos que os estudantes do ensino médio precisam mobilizar para compreender mais profundamente e de forma abrangente esse conteúdo de química.

Desse modo os níveis de conhecimento irão dialogar entre eles e dessa forma foi avaliado como ocorre a relação entre a prática e teoria, além de determinar as habilidades dos estudantes entre interpretar e comunicar a linguagem química a qual vai ser construída no decorrer da sequência didática, por fim os estudantes irão analisar a relação entre os níveis de conhecimento vistos nos momentos com o nível empírico, para que assim verifique-se que de fato possa emergir os níveis de conhecimento visto anteriormente.

Dessa forma a presente pesquisa levanta a questão problema: como ações pedagógicas de articulação dos níveis de conhecimento propostos por Méheut podem auxiliar na superação de dificuldades envolvendo o raciocínio lógico matemático utilizado na quantificação de fenômenos químicos do segundo ano do ensino médio?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

- Analisar como uma sequência didática orientada pelo diálogo entre os níveis de conhecimento submicroscópico, simbólico, macroscópico e empírico podem favorecer a compreensão do conteúdo de Leis Ponderais.

2.2 Objetivos Específicos:

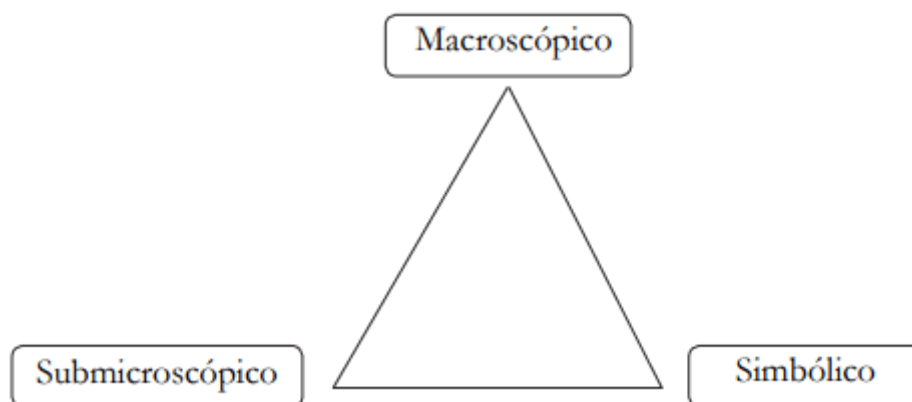
- Identificar as potenciais contribuições à dimensão empírica da abordagem utilizando os modelos submicroscópicos da composição da matéria.
- Relacionar o nível empírico expresso a partir dos cálculos químicos com dimensão simbólica ligada às habilidades de interpretar e comunicar utilizando linguagem química.
- Analisar a relação entre a dimensão empírica relacionada aos cálculos químicos com a dimensão macroscópica (fenomenológica) que se refere às propriedades e transformações da matéria.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Níveis de conhecimento

Para Johnstone (1993), os saberes fundamentais da Química se baseavam em três, sendo eles o macroscópico que refere-se ao fenômeno natural, o mundo microscópico que se atenta ao universo de átomos e moléculas, o simbólico, a qual utiliza de símbolos para representar a linguagem científica, como mostra a Figura 1 que destaca os três níveis de conhecimento apresentado por Johnstone (1993).

Figura 1 – Triângulo de Johnstone



Fonte: Johnstone, 1993.

Segundo Johnstone (2000) para que a Química seja compreendida é necessário que o estudante passe por esses três níveis de conhecimento, o submicroscópico está relacionado com o modo, comportamento o qual as substâncias são interpretadas de forma que não pode ser vista a olho nu, já o macroscópico está relacionada aquilo que podemos ver e tocar, e ainda o nível representacional, na qual indica símbolos, fórmulas e equações, ele menciona ainda que não há uma maior que a outra e sim ambas se complementam.

Os níveis de conhecimento químico foram originalmente propostos por Johnstone (2010) que os organiza na forma de um triângulo, pois em seu entendimento apesar de distintos os diferentes aspectos do conhecimento químico dialogam entre si, ou seja, se completam. O triângulo de Johnstone (2010) é desse modo formado por três níveis de conhecimento que compõe os vértices desse

triângulo, e constituem nível microscópico (teórico-conceitual); macroscópico (fenomenológico) e o simbólico (representacional).

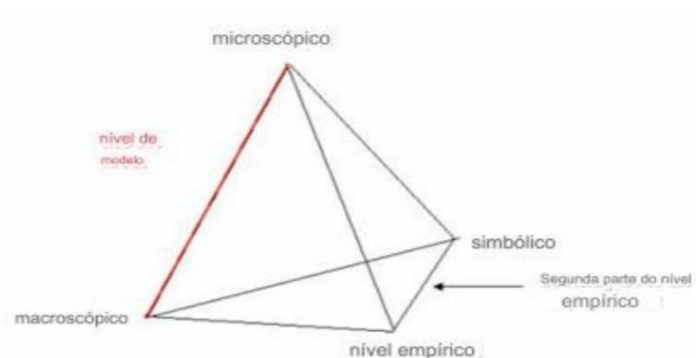
A ilustração desse triângulo possibilita a compreensão do professor para racionalizar o conhecimento de química para os estudantes e viabiliza remover alguns obstáculos à aprendizagem, além de incentivar a capacidade do aluno de interpretar os dados com um outro olhar, dessa forma, Johnstone (2010) ainda complementa esse pensamento vinculando a dificuldade do estudante de compreender a demanda de informações que são dispostas com a facilitação do triângulo como medida prévia para o ensino.

A partir da proposta do triângulo de Johnstone (2010), ações pedagógicas e outras formulações para o modelo são elaboradas. Com intuito de favorecer uma descrição mais assertiva de como o conhecimento químico é construído e de alternativas de como seu ensino pode ser favorecido. Mortimer, por exemplo, traz suas contribuições a partir da reformulação do triângulo de Johnstone buscando destacar suas inter-relações como menciona Lima *et al.* (2019).

Segundo Mortimer (2000 *apud* Martins Júnior, 2012), existe uma interação entre os três níveis de conhecimento ao se estudar uma ciência exata, ainda sobre sua classificação, ele nomeia de forma um pouco diferente como Representacional/Linguagem, Teórico/Modelo e Prático/Fenomenológico, o autor utiliza essa nomenclatura para o estudante consiga desenvolver um bom entendimento entre a teoria e a prática acerca de conteúdos introdutórios da Química.

A presente pesquisa está consolidada na visão de Méheut e Kermen (2009), que também propuseram uma reformulação dos níveis de conhecimento de Johnstone (2000). Propondo não mais um triângulo, mas sim um tetraedro, acrescentando aos níveis já existentes um outro nível, sendo este, chamado de nível empírico. O tetraedro é uma adequação do triângulo que segundo Méheut e Kermen (2009) possibilitam aos professores observar a rapidez e frequência com que os estudantes passam de um nível de conhecimento para outro, a partir das suas percepções e com a contribuição de uma sequência bem desenhada, levando em consideração as compreensões e dificuldades dos estudantes, dessa forma o tetraedro apresentado pelas autoras destaca essa possibilidade da transição entre os níveis de conhecimentos químicos.

Figura 2 - Tetraedro de Méheut e Kermen adaptado do modelo de Johnstone



Fonte: Méheut e Kermen (2009, p.28)

Méheut e Kermen (2009), retratam em sua pesquisa a análise do currículo de uma escola francesa, a qual trabalha diferentes modelos usados para interpretar transformações químicas, dessa forma as contribuições que ela destaca no trabalho são essenciais para evidenciar os resultados da presente pesquisa, elas denotam a importância da interpretação ou representação do fenômeno químico, pois só é possível descrever algo com base no que vemos, também fomentam em seu trabalho a importância da simbologia, de como uma reação química pode ser representada e interpretada, trás características que estão além dos elementos que as compõem, pode ser analisado dentro de uma reação química, suas características matemáticas como razão e proporção, sendo estas também características estequiométricas, além das transformações que ocorrem durante uma reação.

A partir do tetraedro também é possível observar que cada nível de conhecimento possibilita o uso de diversos recursos didáticos para sua demonstração e contribuição para a aprendizagem do aluno, o uso de animação, de observar e descrever, além de interpretar o que está sendo observado, dessa forma Santos e Silva (2013) também retratam os níveis de conhecimento como descritivo e funcional (macroscópico), representacional (simbólico) e explicativo (microscópico), ainda mencionam como é importante para o processo de entendimento de determinado conteúdo.

3.2 Ensino das Leis Ponderais

As leis ponderais existem a muito mais tempo do que podemos imaginar, antes da química moderna se estruturar, existia a alquimia, que envolvia magia e conhecimentos químicos, naquela época havia um conhecimento ainda vago, ainda se mantinha a teoria do flogístico e do calórico, muitos estudos eram voltados para a identificação dos gases como menciona Aragão (2008).

A teoria do flogístico deu início ao princípio de que toda queima de combustíveis e metais continham um material em comum que escapava durante a combustão e a calcinação, esse material ficou conhecido como flogístico.

A química moderna teve início com Lavoisier e outros cientistas que contribuíram para o avanço da química, Lavoisier formulou a teoria da conservação da massa, que diz que “a soma dos pesos das substâncias que reagem é igual à soma dos pesos das substâncias que têm origem nessa mesma reação” (Aragão, 2008), em outras palavras significa dizer que na natureza nada se cria e nada se perde, tudo se transforma.

Outro notável cientista era Proust, que formulou suas leis empiricamente, baseado nas suas experiências que se resumem em três leis estequiométricas, facilmente explicam as relações de massas em reações químicas. Proust ainda diz que “diferentes amostras de uma substância contêm proporções idênticas dos elementos que a constituem” (Aragão, 2008).

O ensino de química em destaque para as leis ponderais, mostra como é importante o ensino das leis ponderais voltado para o ensino médio e denota que associar a teoria com a prática pode contribuir para aumentar a probabilidade de gerar aprendizado para aluno, também afirma que trabalhar o fenômeno ajuda o aluno a aliar os conhecimentos prévios com novos conhecimentos (Martins Júnior, 2012).

Ainda em concordância com o que traz Martins Júnior (2012), afirma-se que as leis ponderais é um conteúdo introdutório trabalhado na Química, porém não possui uma contextualização porque os professores sentem dificuldades em aplicar o conteúdo com práticas do cotidiano, complementa falando que a dificuldade se estende ao explicar a relação teórico-prático.

3.3 Sequência Didática

Segundo Méheut e Psillos (2004) uma das características que exemplificam uma TLS (*Teacher Learning Sequences*) é sem dúvidas o processo de aprendizagem evolutivo que possui como objetivo a perspectiva científica e a perspectiva do aluno. Outra questão pertinente que eles mencionam em seus estudos é o discurso concentrado nas situações de ensino-aprendizagem, problemas e atividades incluindo essas premissas com a análise do conteúdo e concepções dos estudantes.

Ainda sobre as sequências de ensino-aprendizagem Méheut e Psillos (2004) destacam que uma TLS deve ter atividades bem planejadas e empiricamente desenvolvidas para estimular o raciocínio do estudante.

O ensino proposto por uma sequência didática baseado na perspectiva de (Méheut, 2005) tem como base a TLS que significa, que traduzido significa sequências de ensino-aprendizagem, sua abordagem visa um losango didático, no qual, quatro componentes são observados: professor, estudantes, mundo material e o conhecimento a ser desenvolvido, este último por sua vez foi o estudo das leis ponderais da química, enfatizando o uso da conservação da massa e proporções múltiplas, conteúdos que são trabalhados no ensino médio e antecedem outros conteúdos como estequiometria.

O eixo vertical do losango didático se caracteriza como a dimensão epistêmica, que se refere ao mundo material e o conhecimento, dessa forma segundo Méheut (2005) e Méheut e Psillos (2004) esse eixo possibilita encontrar processos de elaboração e validação dos conhecimentos científicos. Ao longo do eixo horizontal apresenta-se a dimensão pedagógica que relaciona as interações entre estudantes e professores.

Nas extremidades desses eixos, deixa-se notório que existem dois tipos de interação, a primeira é a relação estudante e docente e a segunda é a interação estudante - mundo material, esta por sua vez destaca a interligação dos estudantes com o conhecimento científico.

A partir das observações apresentadas pela autora existem dois pontos a serem discutidos: a avaliação comparativa ou a validação interna, a primeira refere-se a um procedimento seguido de pré e pós testes, para que assim possa

comparar como se deu o processo de ensino-aprendizagem. Já a segunda, refere-se a avaliar os estudantes não só pelos procedimentos de pré e pós testes, mas sim pelo “caminho da aprendizagem” ao longo da sequência de ensino-aprendizagem (Méheut, 2005).

Segundo Martins Júnior (2012) é possível observar que tanto na área de ciências da natureza como em outras disciplinas é típico ver a memorização de fórmulas, de leis e até conceitos para realização de provas e acabou, tornando assim uma aprendizagem mecanizada. A escolha de trabalhar os níveis de conhecimento em momentos dentro de uma sequência didática vai propiciar para os estudantes novas experiências de ensino-aprendizagem que por fim vem a colaborar com a formação dos estudantes.

3.4 Experimentação

A experimentação é uma das bases fundamentais para construção do conhecimento dentro das salas de aula, principalmente atrelada ao ensino de química, deixando marca nos estudantes de forma que eles nunca vão esquecer ou pelo menos contribuir para a aprendizagem deles (Galiazzi; Gonçalves 2004), os autores ainda destacam que nem sempre a maneira como o professor apresenta o conteúdo pode interessar ao estudante, em geral o propósito é buscar uma forma de derrubar essa maneira simplista de visão, propondo enriquecer a experiências dos estudantes com atividades experimentais que contribuam para seu desenvolvimento e motivação.

As atividades que buscam um apoio na experimentação estão propensas a gerar uma aprendizagem além do que está no conteúdo programado, considerando a ciência de natureza experimental como diz Oliveira (2010), os fenômenos são explicados a partir de modelos teóricos na qual resultam em uma efetiva aprendizagem.

Em referência ao que Galiazzi e Gonçalves (2004) trazem em seus estudos é necessário destacar a experimentação como ferramenta de explicação de teorias, destacam também que a construção do conhecimento científico corrobora para a construção e enriquecimento dos conhecimentos gerais.

Segundo Martins Júnior (2012), é de suma importância que a teorização e a

experimentação caminhem juntos para os estudos referentes a conceitos tidos como introdutórios na Química como é o caso das leis ponderais, ele afirma que independente de qual possa ser apresentado primeiro, ambos são importantes para a compreensão do conteúdo, isso se confirma dentro da sala de aula, na qual o professor leva exemplos e demonstrações e os estudantes conseguem compreender de forma mais coesa e assim melhorar seu desempenho dentro da sala de aula.

3.4.1 Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC)

A abordagem de novas metodologias dentro da sala de aula pode favorecer a aprendizagem como destaca Valente (2015) de acordo com ele, é de fundamental importância pensar as tecnologias digitais como recurso a ser explorados pedagogicamente, ele ainda enfatiza o uso de animações, simulações e outras ferramentas digitais para que os estudantes possam complementar sua atividade, levando em conta que as atividades precisam ser planejadas e desenvolvidas pelo professor para que haja um melhor desenvolvimento das atividades em sala de aula.

As tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) vem ganhando espaço dentro das salas de aula como menciona Valente (2015) elementos digitais possibilitam novas abordagens e são capazes de substituir atividades que seriam desenvolvidas com papel e caneta, são utilizadas como instrumentos educacionais que contribuem para o incentivo de metodologias ativas, a qual se refere a práticas pedagógicas que fogem do ensino tradicional.

As simulações computacionais estão ganhando espaço no meio das tecnologias digitais, entre elas pode-se destacar o *Phet* Colorado que contribui amplamente para os professores das ciências exatas trabalharem com simulação dentro das salas de aula. Desse modo, o uso de simulações nas aulas de química são recursos que facilitam a conceituação e também ajudam os estudantes a pensar e representar fenômenos, além de conseguir utilizar essa ferramenta para visualizar fenômenos em níveis submicroscópicos (Brasileiro; Matias, 2019).

Em concordância com o que foi apresentado pelos autores Brasileiro e Matias (2019) a mediação do professor ao propor um recurso tecnológico para uma

sequência didática deve ser objetiva e clara em seu uso, eles mencionam como *Phet* – Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder pode ser trabalhado não só nas aulas de Química mas também em Biologia, Física e Matemática, as simulações presentes neste portal auxiliam os estudantes que muitas vezes não possuem acesso ao laboratório da sua escola, ou professores que não possuem meios de usar um laboratório.

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa se caracteriza como qualitativa (Flick, 2009) tendo em vista o foco na exploração e análise da concepção dos estudantes em relação às diferentes dimensões do conteúdo de leis ponderais a partir das situações vivenciadas. Sobre as perspectivas da pesquisa qualitativa Flick (2009) aborda que a pesquisa qualitativa se difere da quantitativa principalmente levando em conta as reflexões que os pesquisadores buscam ter em relação ao processo de conhecimento.

A mesma também possui caráter exploratório, segundo (Oliveira, 2011) possibilita ampliar o conhecimento acerca dos fatos, favorecendo também o surgimento de novas hipóteses para a pesquisa.

Gil (1999), traz a concepção de que a pesquisa exploratória tem o objetivo de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, dessa forma busca a formulação de hipóteses e problemas que servirão para estudos posteriores.

4.2 Participantes e Campo de Pesquisa

A pesquisa foi realizada no município de Caruaru-PE, em uma Escola pública de Referência em Ensino Médio. Os participantes da presente pesquisa foram os estudantes do segundo ano do ensino médio, que possuem uma faixa etária de 15 a 16 anos. Com cerca de 40 estudantes por turma foi necessária a participação de todos, porém a fins de pesquisa foi feito um recorte com apenas dois participantes de cada grupo, dos 4 grupos que foram formados, foram identificados como grupo 1, 2, 3 e 4, assim o grupo 1 formado por duas pessoas foram identificados como estudante A e B, assim por diante.

Os estudantes foram separados em grupos para que assim possa haver uma maior organização para cada etapa da sequência didática e dessa forma apresentar cada nível de conhecimento que contará com uma diversidade de abordagens metodológicas apropriadas a uma finalidade específica.

4.3 Organização da Sequência Didática (SD)

O objetivo da SD foi promover situações de aprendizagem específicas à emergência dos diferentes níveis de conhecimento descritos por Méheut e Kermen (2009), a saber: níveis empírico, simbólico, submicroscópica e macroscópica, em desafios relacionados a descrever, representar, quantificar fenômenos e discutir suas causas.

Assim a partir dos grupos formados, a atividade foi desenvolvida pelo grupo no tempo de duas aulas de 50 minutos cada, dessa forma o primeiro e segundo momento ocorrem no tempo de uma aula, e os dois outros momentos ocorrem na segunda aula, as aulas geminadas possibilitaram o desenvolvimento de uma atividade em apenas um dia, dessa forma todos os grupos conseguem participar e descrever suas observações pertinentes tanto de forma escrita como falada. Para isso foram disponibilizados materiais contendo as propostas das atividades para serem trabalhadas.

O primeiro momento foi direcionado para a abordagem do nível submicroscópico orientado pela utilização de bolinhas de rolimã de diferentes massas como representação física dos átomos, levando em consideração as características atômico-moleculares. Manipulando-as os estudantes deveriam fazer a pesagem, a partir de diferentes arranjos e combinações seguindo regras de combinação que simulam as leis de combinação química. A cada arranjo os estudantes foram convidados a refletir sobre a relação daqueles resultados ao comportamento da matéria a partir de uma perspectiva apoiada no modelo atômico de Dalton.

No segundo momento o nível de conhecimento abordado para identificação foi o simbólico, o qual, foi trabalhado a partir do *Phet* Colorado, instrumento digital que auxilia o ensino de química de forma a relacionar os conhecimentos químicos de forma didática e integrativa, os estudantes também foram auxiliados quando necessário, dessa forma a partir do roteiro descritivo eles exploraram o material digital a fim de simular as reações químicas e observar como elas ocorrem e como

podem ser representadas, que é exatamente essa finalidade que esse segundo momento possibilita.

Por fim, no terceiro momento, abordamos o nível macroscópico através de experimentos demonstrativos envolvendo as leis ponderais. Especificamente foi utilizado a queima da palha de aço e solicitado aos estudantes a descrição do comportamento e a partir deste o levantamento de hipóteses e possíveis justificativas para as mudanças observadas.

Dessa forma os estudantes foram levados a pensar e descrever o fenômeno que eles observaram antes com a pesagem, durante com a queima e posteriormente o que aconteceu com o peso da amostra já queimada e assim refletir a partir dos pressupostos das leis ponderais, especificamente a conservação da massa de Lavoisier e a proporções definidas de Proust.

Por fim, os estudantes foram convidados a desenvolver o desafio elaborado para estimular a mobilização do nível empírico. Nesta etapa foi utilizado um material que eles possam trabalhar todos os pontos que foram vistos nos momentos anteriores, na representação, explicação e contextualização de problemas envolvendo cálculos básicos de química relacionado às leis ponderais. A sistematização das etapas está apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Descrição da Sequência Didática

Sequência Didática	
Tema: Níveis de Conhecimento Químico	
Conteúdo: Leis Ponderais	
Primeiro momento da sequência - Bolinhas de Rolimã	
Objetivo Geral: Compreender o nível microscópico	
Objetivo Específico: Identificar a relação entre as bolinhas de rolimã e os átomos de forma explicativa.	
Materiais Utilizados:	
• Bolinhas de rolimã	

• Balança digital
Situação Didática: • Pesar as bolinhas na balança digital. • Verificar o peso das bolinhas e manter anotado para as questões posteriores. • Agrupar bolinhas grandes e pequenas a fim de formar um arranjo. • Registrar a proporcionalidade que se pede nas questões. • Levantar o questionamento acerca do que foi observado na pesagem das bolinhas.
Segundo momento da sequência - Phet Colorado Objetivo Geral: Compreender o nível simbólico Objetivo Específico: Analisar a representação de uma reação química identificando os elementos que a compõem.
Materiais Utilizados: • Tablet / Celular
Situação Didática: • Realizar a atividade proposta no seguinte link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/reactants-products-and-leftovers • Desenvolver a atividade do <i>Phet</i> Colorado observando os produtos e reagentes de uma equação química genérica. • Desenhar o que foi observado utilizando uma outra forma de representação.
Terceiro momento da sequência - Atividade Experimental Objetivo Geral: Compreender o nível macroscópico Objetivo Específico: Descrever o fenômeno e explicar como ele ocorre.
Materiais utilizados: • Palha de aço • Palha de aço queimada

• Vidro de relógio • Balança digital
Situação Didática: • Pesar ambas as palhas de aço e verificar a diferença em suas massas, sendo que ambas inicialmente possuíam a mesma massa. • Anotar o valor e descrever o porquê a massa aumenta de valor. • Desenvolver os questionamentos propostos destacados no Apêndice A.
Quarto momento da sequência - Resolução de Questões Objetivo Geral: Compreender o nível empírico Objetivo Específico: Destacar a relação entre o nível empírico e os outros níveis de conhecimento químico.
Materiais utilizados: • Papel • Caneta
Situação didática • Solucionar questões acerca de conhecimento básico das Leis Ponderais e assim explicar o que se pede.

Fonte: Autoria própria, 2024.

4.4 Coleta de Dados

Para cada momento da sequência as anotações contendo as observações, ponderações e estratégias mobilizadas na tentativa de solução dos desafios foram recolhidos para posterior análise.

Adicionalmente realizou-se o registro da vivência de cada momento por equipamento de áudio gravação, na captação de informações referentes a comportamentos, questionamentos e ponderações verbalizados de forma oral, para que toda análise feita pelos estudantes seja utilizada para a coleta dos dados e desse modo contribua para os resultados finais desta pesquisa.

Além disso, após a sequência, os estudantes de cada grupo responderam quatro questões que levam a compreensão de cada atividade estudada por eles, essas questões refletem o entendimento de que os níveis de conhecimento estão interligados. A entrevista foi realizada após os quatro momentos da sequência através de áudio-gravação.

Quadro 2: Roteiro utilizado durante a realização da entrevista.

Aspectos abordados
1 - Para o primeiro momento da sequência, vocês conseguiram perceber alguma relação entre as bolinhas com os átomos?
2 - No segundo momento da sequência, vocês conseguiram relacionar a reação genérica com alguma outra relação?
3 - Com o terceiro momento da sequência, vocês conseguiram perceber a relação da queima da palha de aço com uma reação química?
4 - Para quarto momento da sequência, vocês conseguiram fazer a relação entre a reação estudada com alguns conceitos matemáticos?

Fonte: Autoria própria, 2024.

4.5 Análise de Dados

As produções dos alunos em cada etapa da SD, bem como suas falas e as respostas aos questionamentos na entrevista, foram analisadas posteriormente, à luz do corpus teórico desta pesquisa. Nesse sentido, observou-se a emergência, o propósito e o diálogo entre os níveis de conhecimento propostos por Méheut e Kermen, a saber: macroscópico, submicroscópico, simbólico e empírico, nas explicações, proposições e reflexões dos participantes ao longo de cada fase da SD.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades desenvolvidas pelos estudantes foram elaboradas com o intuito de permiti-los explorar os diferentes níveis de conhecimento químico, como foi proposto pelos objetivos do trabalho. É objeto de observação que níveis de conhecimento proporcionam aos estudantes conseguirem melhor mobilizar, compreender e associar os conceitos correlatos.

Em um primeiro momento, os estudantes exploram a ideia de conservação da massa a partir da pesagem das bolinhas de rolimã; no segundo eles mobilizaram as representações químicas por meio de uma atividade apresentada no simulador *Phet* Colorado; no terceiro momento os participantes foram evocados a refletir acerca do fenômeno a partir da realização de um experimento envolvendo a queima da palha de aço; e por fim os participantes foram desafiados a solucionar exercícios de química mobilizando seus saberes referentes ao nível empírico do conhecimento, ao mesmo tempo em que dialogam e buscam interpretar suas ações em articulação com os demais níveis de conhecimentos. Os resultados apresentados a seguir são norteados pelos objetivos específicos da presente pesquisa.

5.1 Compreensão e uso de modelos atômico-moleculares de composição da matéria e seu papel na compreensão e explicação dos cálculos químicos

Durante o primeiro momento os estudantes do Grupo 1, foram convidados a explorar o raciocínio indutivo que fundamentam os pressupostos que apoiam a compreensão do fenômeno da conservação da massa e de forma mais abrangente o modelo atômico de Dalton. Após pesar algumas bolinhas, eles deduziram o peso das outras que compunham um agrupamento de bolinhas de um mesmo tamanho, sem a necessidade de usar a balança, usando apenas álgebra simples. Na figura 3 é possível observar a balança analítica utilizada para pesar as bolinhas de rolimã também apresentada na figura.

Figura 3 – Ponderação acerca da massa de um conjunto de bolinhas de rolimã

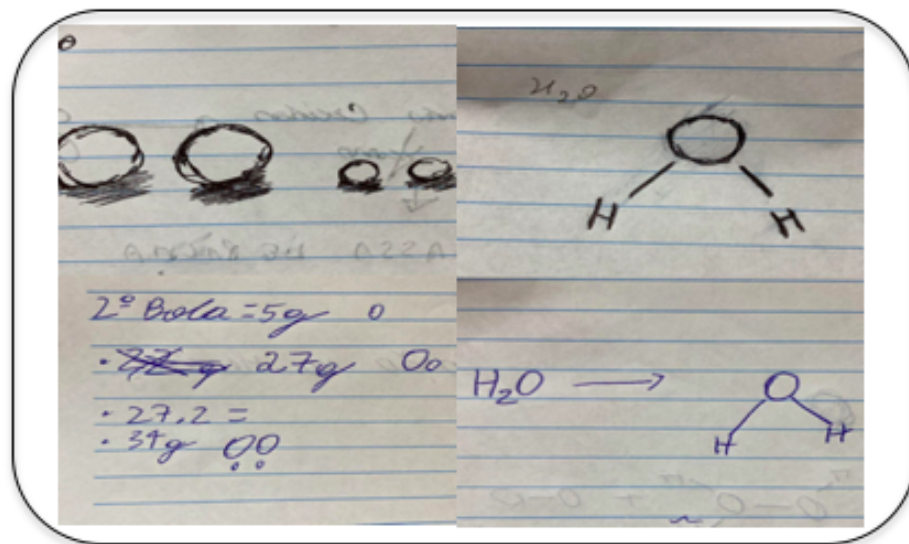


Fonte: Imagens do Google, 2024.

O mesmo raciocínio, pautado na compreensão da operação lógica-matemática, se aplicou ao questionar o peso de um conjunto de bolinhas de tamanhos diferentes e extrapolar o peso esperado para conjuntos idênticos em uma quantidade muito maior do que seria possível realizar simplesmente pesando-os. Em seguida foi avaliado como o rearranjo das esferas que compunham os agrupamentos não alteravam a massa total. Para finalizar o primeiro momento foi questionado a forma de como eles representam cada conjunto, a partir do exemplo trabalhado, na qual pesaram duas bolinhas grandes e duas bolinhas pequenas de rolimã, os estudantes propuseram a representação do que eles observaram.

Uma vez questionado sobre a representação de uma bola grande e duas pequenas, observou-se que os estudantes não associaram imediatamente o exemplo a representação da molécula de água. Posteriormente foi sugerido a comparação dessa representação com a da molécula de água (H_2O) essa inquietação os estudantes associaram a representação de forma coerente incluindo elementos da geometria da molécula (Figura 4).

Figura 4 – Representação pictográfica dos estudantes no primeiro momento da SD



Fonte: Estudantes A e B - Grupo 1, 2024

O Grupo 2 também utilizou o raciocínio lógico-matemático para prever a massa dos conjuntos propostos. Adicionalmente, após estímulo, mostrando a algumas moléculas, associaram o agrupamento a representação de uma molécula de água.

Essa associação ambos os grupo conseguiram relacionar o comando do que foi pedido na atividade que caracterizava o cálculo químico para designar a quantidade de bolinhas sem precisar pesá-las uma a uma, essa resposta mesmo intuitiva destaca que eles compreendem o razão matemática de um cálculo simples de multiplicação que também poderia ter sido representado por uma regra de três e ao pedir para representar as bolinhas eles utilizaram de desenhos para dar significado ao que eles tinham feito anteriormente, desse modo podemos propor o que Méheut e Kermen (2009) afirmam em relação aos estudantes conseguirem passar muito rapidamente de um nível para outro. Na figura 5 temos a representação matemática do conjunto de bolinhas que foram pesadas.

Figura 5 – Ponderações do Grupo 2 para prever a massa de um conjunto maior de bolinhas de rolimã na atividade do primeiro momento da SD

Handwritten calculations and a diagram illustrating the process of predicting mass using multiplication and addition:

$$\begin{array}{r}
 1) \rightarrow 17 \\
 \times 10 \\
 \hline
 00 \\
 + 17 \\
 \hline
 170g
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 2) \rightarrow 17 \\
 \times 100 \\
 \hline
 00 \\
 + 00 \\
 \hline
 1700g
 \end{array}$$

$$3) 2 \times 15 = 10 + 17 = 27g$$

$$\begin{array}{r}
 4) \rightarrow 27 \\
 + 27 \\
 \hline
 54g
 \end{array}$$

5) H_2O

Fonte: Estudante C - Grupo 2, 2024

Posteriormente a ação foi realizado um momento de reflexão com participantes buscando entendimento deles acerca dos níveis de conhecimento

mobilizados. Foi questionado aos grupos se eles conseguiam observar se existia alguma relação entre as bolinhas e os átomos como está disposto no Quadro 2. Sobre isso os estudantes responderam individualmente:

Sim, porque é como se estivesse acontecendo a reação. Por exemplo, a da água, que é a junção dos átomos de hidrogênio com o de oxigênio [...] Aí acontece essa reação química e o produto final acontece que soma as massas dele (Estudante A - Grupo 1, 2024).

O Estudante A, afirma em sua fala que existe uma relação entre o raciocínio mobilizado na pesagem do agrupamento das bolinhas de rolimã com o comportamento da molécula de água e sua reação de formação em relação a conservação da massa. Isso é indicativo de uma reflexão a partir do modelo atômico de Dalton com o procedimento de pesagem realizado com as bolinhas de massa constante.

Desse modo, sugere que é possível inferir a mobilização do nível microscópico do conteúdo, com um propósito explicativo, articulado com o nível representacional, com a função de simbolizar a molécula de água e auxiliar a visualização de que a molécula de água é formada por dois átomos de hidrogênio com um átomo de oxigênio. Essa transição entre os níveis de conhecimento e os propósitos explicativo e representacional, possibilita perceber como os estudantes mesmo sem conhecerem os quatro níveis propostos por Méheut e Kermen (2009) evocam seus elementos e destacam tanto os propósitos, quanto às relações estabelecidas pelas autoras na forma do tetraedro.

O Estudante E, participante do grupo 3, expressa essa associação de forma mais detalhada em sua fala: “Sim, porque as bolinhas são usadas para representar a quantidade de átomos que tem em cada molécula” (Estudante E, Grupo 3, 2024).

O mesmo descreveu as bolinhas como sendo representações de átomos, que por sua vez constituem as moléculas, em sua explicação é possível perceber de que forma o nível representacional auxilia a visualização e em consequência uma maior compreensão do modelo, a nível microscópico.

Sua implicação ao fenômeno de conservação de massa, mostra que os estudantes utilizam da simbologia para apresentar suas respostas, essa simbologia foi considerada importante nas pesquisas de Méheut e Kermen

(2009), devido a facilitar a compreensão de uma reação química, e dessa forma também facilita a sua interpretação. A ideia de representar emerge também na reflexão do estudante G, quando afirma: “A gente representou as bolinhas menores mais vezes, enquanto as bolinhas maiores a gente representou menos vezes, porque elas representavam os átomos de hidrogênio, oxigênio e por aí vai “ (Estudante G - Grupo 4, 2024).

Em sua fala ele descreve o uso das bolinhas na representação dos próprios átomos que compõem as moléculas. Destaca ser possível representar o hidrogênio, oxigênio e outros elementos. É possível observar que quando o estudante se refere às bolinhas menores ser representadas mais vezes, sugere a percepção da relação entre massas na composição da molécula de água.

De forma geral, é perceptível que os estudantes não encontram dificuldades em mobilizar o raciocínio lógico-matemático, para executar as ações demandadas, a saber: de pesagem, previsão de massa esperada, etc. Porém demonstram ainda dificuldades em designar significados a ação, a relacionar o procedimento de manutenção e proporcionalidade do peso com a conservação da massa decorrente da composição fixa de uma certa molécula e da massa específica de um dado elemento.

De acordo com o conteúdo de Leis ponderais não ser tão evidenciado como destaca Martins Júnior (2012) dentro das salas de aula é possível que a turma não tenha sido apresentada a temática de forma adequada, destacando não só a parte química, mas também o raciocínio lógico-matemático.

Os estudantes durante o quarto momento da sequência foram levados a discutir sobre o raciocínio lógico-matemático da reação química de decomposição de peróxido de hidrogênio, levando em conta que toda reação é composta por uma proporção entre seus átomos e é necessário verificar se a reação está balanceada antes de trabalhar com ela, os estudantes precisavam observar a reação proposta e identificar a proporção dos coeficientes estequiométricos.

Dessa forma é possível observar o nível empírico e sua relevância na sequência, apesar de Johnstone (2010) falar sobre como se organiza o triângulo e como os níveis de conhecimento dialogam entre si, em apenas um momento da sequência já é visto a forma microscópica e empírica, podendo ainda levar ao

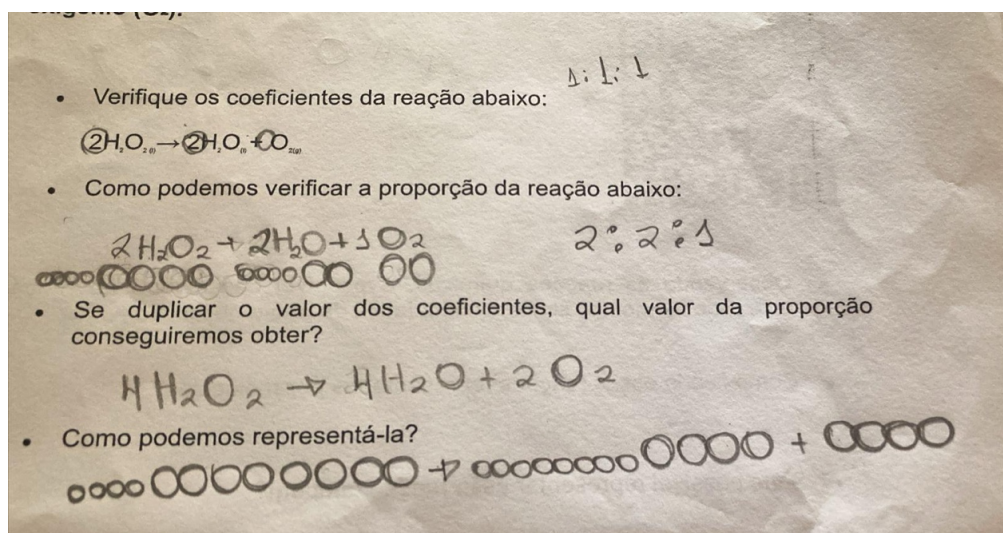
nível simbólico. Sobre isso, o Estudante E também menciona algo sobre os coeficientes: “Sim, por conta que os coeficientes são utilizados para somar as moléculas ou seja vai adicionar os valores na frente da molécula o coeficiente que é pra balancear a equação” (Estudante E - Grupo 3, 2024).

O Estudante E conseguiu descrever o uso dos coeficientes e também destacou as proporções na presente atividade da pesquisa, para encontrar a proporção da reação os estudantes precisam antes de tudo observar os coeficientes e balancear a reação para assim destacar a proporção correta.

Já o Estudante G foi um pouco mais além, pois ao responder a atividade proposta evidencia o entendimento do que foi pedido e observando sua resposta é notório perceber que além da representação atômica-molecular das substâncias o estudante também utilizou as habilidades matemáticas acerca do conteúdo de proporção.

O Estudante G resolveu as questões que foram pedidas a partir da decomposição do peróxido de hidrogênio, dentre as perguntas, se destacam a identificação da proporção da reação, e de como seria se seu valor fosse duplicado, além de pedir uma outra forma de representar aquela reação química. Destaca-se que os demais grupos não responderam a esses questionamentos, mesmo entendendo e respondendo a pergunta final da áudio-gravação em relação ao entendimento matemático da reação. A figura 6 destaca algumas perguntas acerca da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio.

Figura 6 - Resposta do Grupo 4 aos questionamentos propostos voltado a interpretar o significado dos coeficientes estequiométricos



Fonte: Estudante G - Grupo 4, 2024

Por fim, o Grupo 4 também respondeu às perguntas que ocorreram após a sequência, o questionamento direcionava o estudante a pensar acerca da relação entre a reação e o conhecimento matemático, para isto ele respondeu: “Sim sim, a gente consegue perceber que consegue aumentar ou duplicar, assim consegue aumentar a quantidade de átomo, ou seja, aumenta a quantidade de moléculas e assim aumentar o efeito da reação química” (Estudante G - Grupo 4, 2024).

O Estudante G conseguiu identificar a relação entre o aumento dos coeficientes com o aumento da quantidade de átomos, em outras palavras, ele conseguiu perceber que o coeficiente está relacionado com a quantidade de moléculas presente naquela reação. O estudante ainda destaca em sua fala que pode “aumentar a quantidade de átomo” se a reação for duplicada, isso enfatiza mais uma vez como os estudantes conseguem dialogar entre os níveis de conhecimento químico naturalmente, a partir do propósito da ação (quantificar, explicar, representar) demandada pela atividade ou o professor.

A dimensão do nível empírico apresentada pelas duas autoras Méheut e Kermen (2009) são a base para compreender como os estudantes conseguem chegar no resultado final de uma interpretação, noções básicas de um raciocínio lógico-matemático podem fazer com que os estudantes acertem ou errem determinada questão ou exercício propostos nas aulas de Química.

Contudo verificamos a ausência da emergência do nível macroscópico nas atividades desenvolvidas até então. É importante refletir sobre o papel do nível macroscópico em estabelecer a relação entre a realidade (fenômeno tangível) e os constructos explicativos e representacionais (conceitos e modelos). A articulação desses níveis é imprescindível a se perceber a proporcionalidade das relações mássicas materializadas nas leis ponderais em situações reais (considerações acerca da massa esperada de um produto em uma transformação química).

5.2 Uso e compreensão da linguagem química e seu papel na interpretação e comunicação dos cálculos químicos

No decorrer do segundo momento da sequência foi proposto que os estudantes acessarem o simulador de Ciências e Matemática *Phet* Colorado. Especificamente uma simulação que possibilita explorar situações decorrentes da analogia de produzir sanduíches de queijo com a lei de combinação que rege a reação de formação de uma substância (Figura 7). Mobilizando noções que auxiliam a compreensão das representações químicas necessárias para interpretação de uma equação química.

Figura 7 – Tela da atividade do PhEt Colorado sobre reagente, produto e resto



Fonte: *Phet interactive Simulations*

Na ação eles conseguiram já de imediato associar os pães e queijo a átomos de determinado elemento químico. Sendo assim, os participantes foram instigados a escrever suas observações para diferentes situações no simulador. E apesar dos participantes relacionarem, desde o princípio, o contexto da simulação no *Phet* à representação química, eles apresentaram dificuldades em representar diferentes tipos de reações químicas.

Ao fim da experiência no uso do simulador *Phet*, foi questionado aos estudantes, as possíveis relações com a representação ou reação química. Dentre as respostas é possível observar que eles utilizaram exemplos do terceiro momento da sequência, conseguiram compreender que as fatias de pães representavam os átomos e assim formavam uma molécula associada ao

sanduíche de queijo, eles conseguiram compreender após os quatro momentos que existiam relação entre uma etapa e outra, dessa forma ao serem questionados no final com as perguntas dispostas no Quadro 2, exemplificam a segunda etapa com o entendimento do terceiro momento. Sobre isso o Estudante A afirmou que:

Ah, sim. Por exemplo, a gente pode pegar o próprio experimento da palha de aço, que é justamente uma junção dos elementos químicos, das substâncias químicas. Aí acontece a reação e tem um produto final. E é basicamente isso, como o pão junta um pão como se fosse qualquer tipo de elemento químico, o queijo outro. Acontece a reação e a reação, por exemplo, poderia ser esquentar esse pão e eu tenho o produto final com o pão com queijo (Estudante A - Grupo 1, 2024).

Como observado o estudante A relaciona a situação experienciada no simulador ao experimento realizado com a palha de aço. Na reflexão o estudante relaciona a ideia de junção, ou adição de elementos para obtenção dos produtos, o que remete a uma reação do tipo de adição.

Méheut e Kermen (2009) indicam a importância de se “ler” a equação química. Ponderando que para que o estudante preveja o que ocorrerá na reação é necessário observar as espécies presentes no primeiro lado da equação, sua natureza e quantidade. As autoras ainda destacam a importância de considerar a relação entre as espécies presentes na equação química, referente a proporção em mols e expressas pelos coeficientes estequiométricos, para assim interpretar e ponderar, dentre outros aspectos, acerca da completude da reação química (se há excesso, qual reagente limita a reação, etc).

Os estudantes muitas vezes não são estimulados a interpretar operações realizadas, tal qual, balancear uma equação química, ou calcular a quantidade de uma espécie envolvida em uma reação química. Dessa forma o aprendizado se configura em meramente mecânico e limita o uso desse conhecimento em problemas e ações mais abrangentes.

O uso da analogia na reflexão do sentido dos coeficientes estequiométricos e a mobilização dessa compreensão na previsão do comportamento da reação é explicitado na fala de outro participante: “Sim, porque na atividade as fatias de pão foram usadas para representar os átomos, podemos dizer assim, aí cada fatia era correspondente a um átomo, isso fez com que facilitasse mais o entendimento” (Estudante E - Grupo 3, 2024).

O Estudante E também relaciona as fatias de pães e queijos com os átomos diferentes, relata como essa compreensão facilita o entendimento de como as moléculas são formadas, em concordância com o que afirma Méheut e Kermen (2009) que uma equação química está diretamente relacionada com o que pensamos que ocorre no nível Microscópico, dessa forma ao estudante fazer essa relação é possível compreender que ele consegue interpretar a reação com o mundo microscópico formado por átomos que agrupados podem formar moléculas e assim participarem de uma reação.

Contudo, os participantes não conseguiram agregar em uma representação pictográfica (através de desenhos) elementos suficientes para descrever a compreensão de como uma reação ocorre. A análise representacional do nível simbólico não se concretizou como esperado nesse momento da sequência, eles conseguiram sim visualizar a reação que estava representada como uma equação genérica de pão e queijo como uma reação química que é composta por átomos e assim compõem uma simbologia da reação, porém a limitação foi observada ao questionar os estudantes acerca de uma representação diferente da qual eles estavam observando e não houve respostas satisfatórias para este momento. Tal limitação está descrita na fala do Estudante G, quando pontua:

Sim, com certeza, como por exemplo a reação do carbono que gera por exemplo o carbono quando tem oxigênio, ele consegue liberar fogo, por exemplo no espaço isso não acontece porque no espaço não tem oxigênio, já na terra você consegue liberar fogo (Estudante G - Grupo 4, 2024).

O Estudante G em sua resposta consegue descrever uma reação de combustão, ele traz como exemplo a reação de “carbono” gerando fogo na presença de oxigênio para representar como uma reação de adição pode ser mostrada. É possível notar que ele consegue explicar com suas palavras como poderia ser caracterizada uma reação química, mas não conseguiu desenvolver uma nova representação para o que foi pedido, a explicação que o aluno se refere condiz com a formação do dióxido de carbono também conhecido como gás carbônico (CO_2), ele poderia para satisfazer o que a pergunta questiona ter representado a fatia de queijo como o átomo de carbono e as duas fatias de pão como sendo os dois átomos de oxigênio, ou então ter utilizado as bolinhas

para representar a reação que foi observada.

Tendo em vista a relação entre os níveis de conhecimento simbólico em direção ao empírico é possível notar que durante o quarto momento da sequência os estudantes conseguiram fazer a relação do que foi pedido desenvolvendo conhecimento acerca do nível simbólico, quando dessa forma o estudante A menciona: “Sim, toda reação química tem uma proporção em mols e o coeficiente, e que se qualquer elemento mudar, logicamente todos os outros terão que mudar pra continuar sendo aquele elemento” (Estudante A - Grupo 1, 2024).

O Estudante A explicou em sua resposta que toda reação química tem uma proporção em mols e se o coeficiente estequiométrico mudar alterações deverão ser feitas, para sua explicação o que disse é de fato algo que ocorre pois se não observarmos a proporção da reação pode haver uma confusão ao tentar fazer um cálculo.

Observar a reação é importante porque ela indica os reagentes e produtos, além de indicar a quantidade de átomos, e assim também indica a proporção em mols daquele átomo ou molécula. Para ressaltar a análise, foi questionado se eles conseguiam observar a relação entre a lógica matemática e a reação química.

5.3 Compreensão e descrição dos fenômenos químicos e seu papel na contextualização dos cálculos químicos

Durante o terceiro momento os estudantes observaram a queima da palha de aço, nessa etapa a experimentação está presente, os estudantes verificaram que ao ocorrer a queima da palha de aço houve um aumento na massa do ferro e eles foram questionados acerca da reação química que ocorre neste experimento, pois nesse terceiro momento foi trabalhado o nível macroscópico e os estudantes precisam reconhecer através da visualização do fenômeno a descrição e explicação química do que está ocorrendo.

Os estudantes foram questionados sobre a relação da queima da palha de aço com uma visão microscópica, eles deveriam explicar com suas palavras o que ocorreu para além do que nossos olhos conseguem visualizar. Em suas

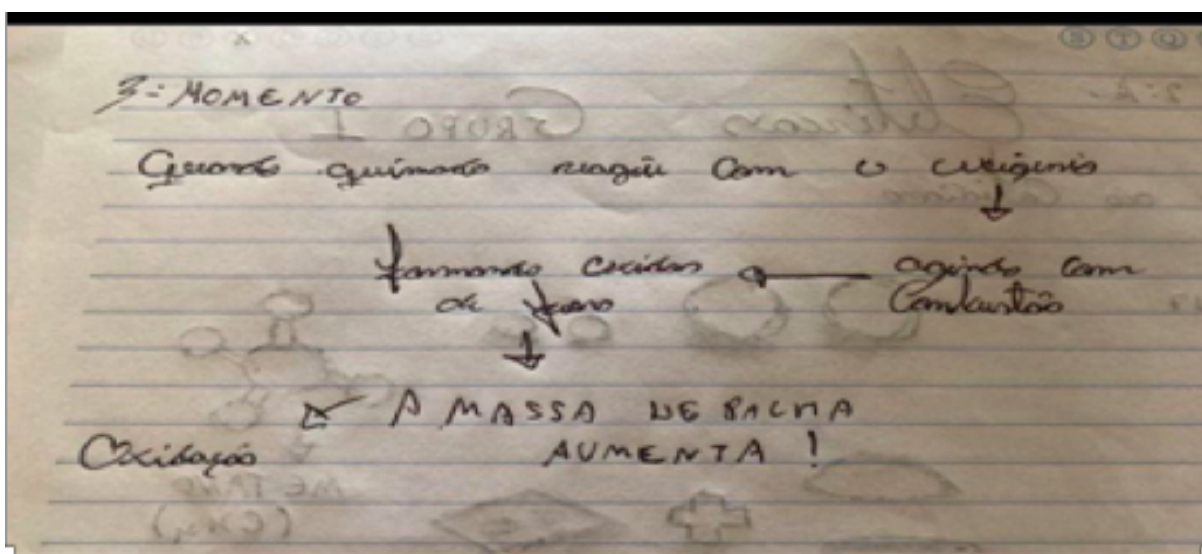
explicações eles deveriam descrever como ocorre a reação e o porquê da palha de aço aumentou seu peso.

Neste momento da sequência eles observaram como as leis ponderais ocorrem na prática, como Aragão (2008) trata em seu livro ao explicar a conservação de massas trabalhada por Lavoisier, esse experimento possibilita a interação dos grupos a pensarem além do que está sendo visto, eles buscaram respostas para explicar esse fenômeno.

Ainda sobre a experimentação Galiuzzi e Gonçalves (2004) exploram aspectos que facilitem os estudos e que sirva como ferramenta para a explicação de teorias, desse modo, as leis ponderais foram trabalhadas a fim de favorecer a compreensão dos estudantes, identificar e analisar uma reação química pode contribuir futuramente para que em conteúdos mais trabalhosos como estequiometria eles possam assimilar os conceitos aprendidos e não errarem coisas simples como uma proporção entre os átomos, ou um balanceamento para definir os coeficientes estequiométricos.

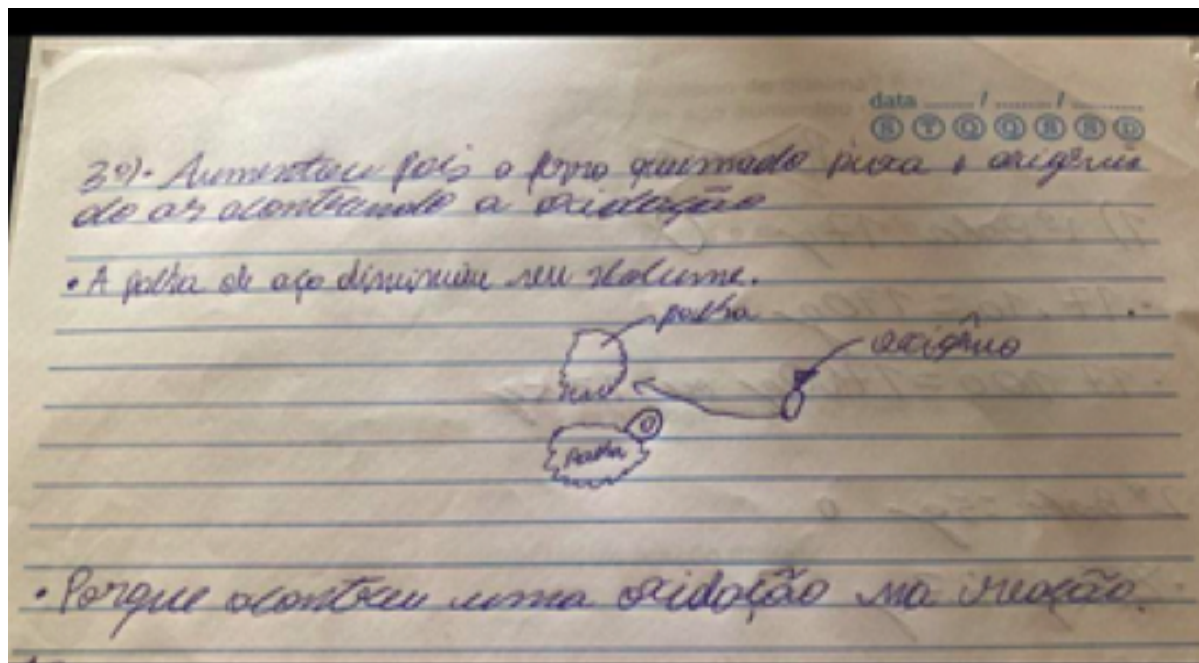
Em concordância com o que foi apresentado, o terceiro momento da sequência apresenta perguntas do porquê a massa aumentou e em seguida pede-se uma representação do que ocorreu. Os estudantes do Grupo 1 desenvolveram a explicação que está abaixo apresentada na figura 8 e 9.

Figura 8 – Esquema elaborado pelos estudantes para explicação da reação de queima



Fonte: Estudante A – Grupo 1, 2024

Figura 9 – Anotações produzidas por estudante para explicação do experimento



Fonte: Estudante B - Grupo 1, 2024

Os Estudantes do Grupo 1 representaram o que acontece com a palha de aço e descrevem com palavras o passo a passo de como ocorreu o processo, também conseguiram representar por meio do desenho como a palha de aço aumenta seu peso, devido ao oxigênio presente na reação. Em suas respostas os estudantes enfatizam a questão do aumento da palha de aço devido ao oxigênio presente na reação.

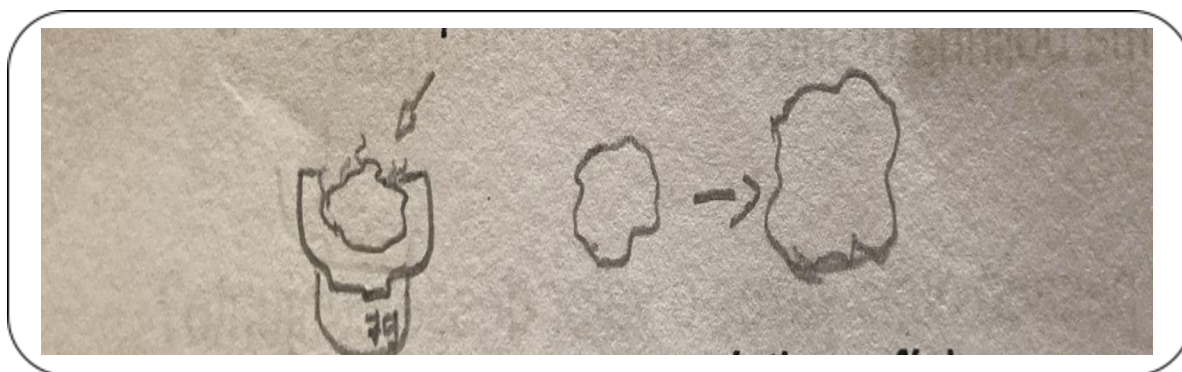
Em concordância ao afirmado por Méheut e Kermen (2009), os estudantes conseguiram descrever o que foi observado no nível macroscópico e conseguiram representar com detalhes o que eles obtiveram, levando ao nível macroscópico, passando também pelo microscópico pois como destaca o Estudante A em sua resposta, podemos perceber a explicação do que ocorre além do que os olhos podem enxergar.

Quando aconteceu a queima da palha de aço, o ferro que está contido nele acaba puxando o oxigênio que está no ar, acontecendo assim a oxidação e como o oxigênio também é uma substância química e ele faz parte da reação, a massa dessa substância vai aumentar (Estudante A - Grupo 1, 2024).

O Estudante A do Grupo 1 explicou em sua resposta o processo de oxidação do ferro, mesmo utilizando termos como “puxando o oxigênio que está no ar”, conseguiu desenvolver sua resposta baseado na observação, porém não deixou específico que a reação formaria um óxido, contudo é possível notar que eles conseguiram representar o que foi observado através da sua explicação.

O Estudante E do Grupo 3 representou a queima e destacou através do desenho o aumento na massa da palha de aço, e explicou como o processo ocorreu, como é possível observar na sua resposta final, esse grupo também conseguiu transitar entre os níveis macroscópico e simbólico como é possível observar na Figura 8. Já na Figura 10 representa o desenho da queima da alha de aço.

Figura 10 - Desenho elaborado por estudante para representação do experimento em atividade do terceiro momento da SD



Fonte: Estudante E - Grupo 3, 2024

Ainda após a sequência, o Grupo 3 respondeu às perguntas da entrevista (Quadro 2) que direcionam a reflexão após os quatro momentos da sequência.

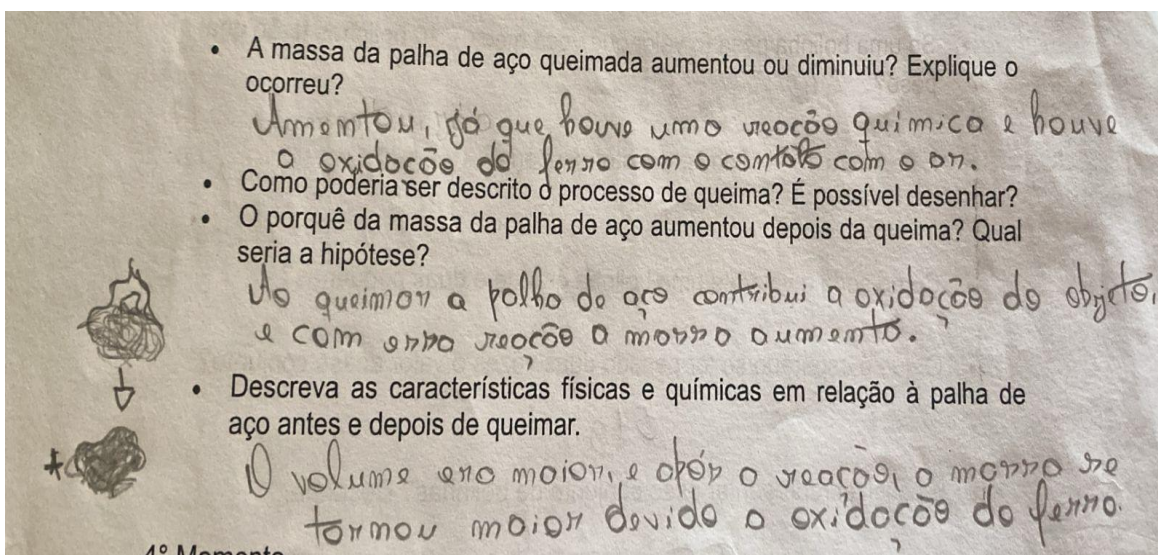
Sim, porque quando a palha de aço entrou em combustão, ela fez contato com o oxigênio, isso fez com que ela virasse um óxido e com que ela pesasse mais do que a palha de aço que não foi queimada (Estudante E - Grupo 3, 2024).

O Estudante E trouxe em sua resposta algo que o Estudante A explicou que a palha de aço passou a pesar mais após sua queima, os estudantes mostraram mais interessados no experimento, eles conseguiram sem nenhuma ajuda descrever e levantar as hipóteses necessárias, isso também consegue ficar claro nos desenhos que eles fizeram, que mostra a representação do fenômeno observado.

A partir dos questionamentos orientadores, o Estudante G refletiu acerca

do experimento, tanto avaliando e descrevendo observáveis físicos quanto representando-o e explicando-o. Na Figura 11, os estudantes discutem as perguntas apresentadas durante a sequência.

Figura 11 - Resposta aos questionamentos voltados a sistematizar observações e buscar explicações a reação vivenciada no experimento



Fonte: Estudante G - Grupo 4, 2024

Nesse momento o estudante G demonstrou com seu desenho o entendimento acerca do que havia sido pedido e complementou sua resposta com a transcrição da gravação em áudio, destacado abaixo.

Sim, sim é porque a gente tá vendo a reação acontecendo ali, mas não sabe o que tá acontecendo por trás, o ferro que é a palha de aço entra em oxidação por conta do carbono, do processo de oxidação (Estudante G - Grupo 4, 2024).

Com o que foi observado os estudantes além de descreverem todo processo também enfatizaram a decorrência de entender o processo da reação química acontecer, sobre isso destaca-se também o Estudante E em sua fala durante o quarto momento da sequência, ele menciona como uma reação pode ocorrer e como os seus coeficientes são importantes para assim compreender a lógica matemática que está presente nessa relação: “Sim, por conta que os coeficientes são utilizados para somar as moléculas ou seja vai adicionar os valores na frente da molécula o coeficiente que é pra balancear a equação”

(Estudante E - Grupo 3, 2024).

O Estudante E também conseguiu descrever o uso dos coeficientes e também destacou as proporções na presente atividade da pesquisa, para encontrar a proporção da reação os estudantes precisam antes de tudo observar os coeficientes e balancear a reação para assim destacar a proporção correta. Apesar dos estudantes não desenharem ou representarem a reação da oxidação do ferro na queima da palha de aço é possível observar que eles conseguem transpor esse conhecimento para a análise empírica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os resultados apresentados em alguns momentos da sequência foi possível verificar o surgimento de mais de um nível. Desse modo, constatamos que a emergência dos diferentes níveis de conhecimento químico emergiram não apenas na atividade elaborada com a finalidade específica a sua evocação, mas surgem naturalmente quando seu propósito é requerido na atividade. Assim, o nível microscópico na forma de conceitos aparece na tentativa de explicar, o simbólico em visualizar, e empírico em quantificar e o macroscópico em descrever o fenômeno. Também foi possível verificar que o nível empírico esteve ligado mais naturalmente aos níveis simbólico e microscópico, do que ao nível macroscópico. Contudo, quando se parte desse último, se observa a emergência dos demais níveis na tentativa de significar e representar o fenômeno e que a vivência do nível macroscópico agrega elementos cognitivos à problematização o que confere mais robustez aos significados e mais detalhes à representação.

Adicionalmente foi observado que os estudantes possuem dificuldades em relacionar a linguagem Química com o raciocínio lógico-matemático, contudo a sequência de ensino-aprendizagem favoreceu articular os dois saberes.

Por fim, como perspectiva a pesquisa pode ser replicada no ensino superior para analisar como os estudantes de licenciatura evocam e relacionam os diferentes níveis de conhecimento químico proposto por Méheut e Kermen. Além disso, seria possível analisar a implicação dessa análise frente a diferentes conteúdos.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, Maria J. **História da Química**. Editora Interciência: 1ª. Edição SP. 2008. Acesso em:

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf . Acesso em: 22/11/2023

BRASILEIRO, Lilian Borges; MATIAS, Joice Chaves. Simulações computacionais no Ensino de Química: estudando as microondas. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 217-228, 2019. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/153> . Acesso em: 18/09/2024

FILHO, Miguel Cunha. A evolução da química: de Boyle a Lavoisier. **Revista Química Nova**, v. 7, n. 02, 1984. Disponível em: https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1634 . Acesso em: 29/11/2023

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa** / Uwe Flick; tradução Joice Elias Costa. – 3. ed. – Porto Alegre : Artmed, 2009. 450 p. ; 25 cm.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química nova**, v. 27, p. 326-331, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/vLwff6qNpbNP9Y8DHbpwzzC/?format=html&lang=pt> . Acesso em: 06/12/2023

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

JOHNSTONE, Alex H. You can't get there from here. **Journal of chemical education**, v. 87, n. 1, p. 22-29, 2010. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed800026d> . Acesso em: 25/10/2023

JOHNSTONE, A.H. The Development of Chemistry Teaching, **The Forum**, v. 70, n 9, 1993.

JOHNSTONE, Alex H. Chemical education research: Where from here. **University Chemistry**, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

KERMEN, Isabelle; MÉHEUT, Martine. Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 10, n. 1, p. 24-34, 2009. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2009/rp/b901457h> . Acesso

em: 01/10/2023

MARTINS JÚNIOR, Francisco Ranulfo Freitas. **A teoria aliada à experimentação na abordagem das leis ponderais da matéria para a promoção de aprendizagem significativa no ensino médio**. 2012.

Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/2573> . Acesso em: 01/11/2023

MÉHEUT, Martine. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: **Research and the quality of science education**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2005. p. 195-207.

Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/1-4020-3673-6#page=196> . Acesso em: 01/10/2023

MÉHEUT, Martine; PSILLOS, Dimitris. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004.

Disponível em:

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=meheut+e+psillos+2004&btnG= . Acesso em: 22/08/2024

MORAN, José. **Ensino Híbrido**: personalização e tecnologia na Educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.

Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6170770> . Acesso em: 13/02/2024

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração / Maxwell Ferreira de Oliveira. -- Catalão: UFG, 2011.

SANTOS, Livia Cristina; DA SILVA, Márcia Gorette Lima. O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 3205-3210, 22013. Disponível em:

<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308303> . Acesso em: 29/11/2023

VALENTE, José Armando. **Ensino Híbrido**: personalização e tecnologia na Educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE PERGUNTAS

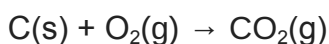
1º Momento

- Se uma bolinha pesa (o valor que você mediu), 10 bolinhas terão qual peso?
- E se forem 100 bolinhas, quanto resultaria?
- Como seria o valor de uma bolinha grande e duas pequenas?
- O que é esperado se for pesado duas vezes o valor desse conjunto?
- É possível representar esse conjunto de bolinhas? Desenhe.

2º Momento

- Observando as reações químicas, é possível descrever uma reação utilizando elementos simples como fatias de pão e queijo, como?
- Como ficaria essas reações representadas por moléculas?
- Seria possível representar essa reação também?

A formação de gás Carbônico: Carbono + Oxigênio → Gás Carbônico



3º Momento

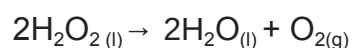
- A massa da palha de aço queimada aumentou ou diminuiu? Explique o ocorreu?
- Como poderia ser descrito o processo de queima? É possível desenhar?

- O porquê da massa da palha de aço aumentou depois da queima? Qual seria a hipótese?
- Descreva as características físicas e químicas em relação à palha de aço antes e depois de queimar.

4º Momento

Decomposição do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para formar água (H_2O) e oxigênio (O_2).

- Verifique os coeficientes da reação abaixo:



- Como podemos verificar a proporção da reação abaixo:
- Se duplicar o valor dos coeficientes, qual valor da proporção conseguiremos obter?
- Como podemos representá-la?