

Ressignificando conceitos químicos de estequiometria através de representações de estruturas moleculares

Carlos Eduardo Pereira Aguiar¹, Roberto Barbosa de Castilho²

¹Doutor em Ensino de Ciências (Modalidade Química) pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades de Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP).

Professor da Secretaria de Estado da Educação e Desporto do Amazonas (SEDUC-AM)

²Doutor em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Professor Titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

427

Incorporating Chinese Cultural Elements into Chemistry Education: A Pedagogical Approach for the Flame Test Experiment

ABSTRACT

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Aprendizagem significativa;
Ensino de Química;
Estequiometria; Modelagem;
Sequência didática.

Key words:

Meaningful learning;
Chemistry teaching;
Stoichiometry; Modeling;
Didactic sequence.

E-mail: pereiraaguiarc@gmail.com



This article presents considerations and results of a research carried out with students from a public institution of higher education in Manaus-Amazonas, addressing the topic of stoichiometry, of the General Chemistry I discipline, for undergraduates of Engineering, based on the principles of the practice of building models to achieve a meaningful learning of chemical concepts. In order to achieve the research objectives, the methodological approach was contemplated with the application of theoretical and practical didactic sequence with a focus on the representation of molecular structures, under the qualitative teaching bias, taking into account the previous knowledge that students brought from high school to the classroom. The collected data pointed to difficulties in the conceptual understanding for the study of stoichiometry, possibly treated in high school in a non-problematic and decontextualized way, culminating in an unsatisfactory learning and, developing obstacles to the understanding and systematization of knowledge, as well as, in the performing stoichiometric calculations. The results obtained after the intervention, however, demonstrated the relevance of the use of practical modeling activities in the apprehension of essential concepts in the teaching-learning process of Chemistry. The students, when evoking previous knowledge about the structuring of substances, expanded their logical-mathematical reasoning in solving problems.

INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem da Química na sociedade contemporânea, vem sendo demarcado por mudanças educacionais que, regidas pelos avanços tecnológicos, sociais e ambientais, requerem da prática docente uma atenção especial quanto ao que deve e precisa ser

ensinado, bem como o que o estudante precisa e deve aprender para, criticamente, fazer uma releitura do mundo real e exercer de modo pleno a sua cidadania.

É justamente essa necessária compreensão da realidade que vem desafiando educadores e pesquisadores na busca por metodologias que os auxiliem no ensino e facilitem a aprendizagem dos estudantes, particularmente quando envolve temas químicos considerados de difícil apreensão, seja por estudantes ou por professores. Um desses temas é o relacionado ao estudo da Estequiometria, pois exige dos discentes uma mobilização cognitiva que lhes capacite a manipular mentalmente com estruturas submicroscópicas que, geralmente, estão fora do seu campo de abstração.

Alguns trabalhos na literatura pertinentes ao estudo da estequiometria (MIGLIATO-FILHO, 2005; COSTA; SOUZA, 2013; SANTOS; SILVA, 2013, 2014) são unâimes ao sinalizar que a compreensão dos conceitos envolvidos no estudo deste tema é fundamental e relevante para os demais conteúdos da Química e, destacam ainda a necessidade da busca por estratégias metodológicas inovadoras que facilitem tanto o ensino quanto à aprendizagem conceitual deste componente curricular.

Diante desse contexto, novas práticas educativas para o ensino da estequiometria passaram a ser objeto de estudo de pesquisadores da área do Ciências/Química, como Tristão; De Freitas; Justi (2008); Dressler; Robaína (2012); Aguiar; Castilho (2018) e outros, com o intuito de encontrar estratégias de ensino que, possivelmente, pudesse contribuir na diminuição das dificuldades de aprendizagem deste tema tão importante, pois permeia o desenvolvimento do conteúdo químico.

Logo, depreende-se que o passo inicial para qualquer tentativa de implementar uma estratégia de ensino, torna-se de fundamental importância discutir a relevância da Química no cotidiano do sujeito em formação como forma de despertar seu interesse e sua motivação em compreender os fenômenos envolvidos nas transformações da matéria e suas explicações científicas.

Cabe ressaltar que as estratégias são articulações pedagógicas que consistem em facilitar o aprendizado do estudante, cabendo a este a construção e a apropriação de um conhecimento, seja ele científico, tecnológico, social ou ambiental, mas que independentemente de sua natureza possa se constituir em uma aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HASENIAN, 1978; MOREIRA, 2011). Tais preceitos encontram-se prescritos nas Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-OCNEM.

De acordo com essas orientações,

[...] o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, onde se incluem as disciplinas Ciências e Química, precisa ser permeado por novas formas de abordagens, nas quais o protagonismo do processo de ensino-aprendizagem caiba aos estudantes e ao professor o de cumprir o papel de mediador do conhecimento apresentado e, principalmente, aprendido, ou seja, o educando deve ser retirado de sua situação de mero espectador e passe a ser ativo e responsável por sua aprendizagem (BRASIL, 2006, p. 88).



Fica claro no documento referência que se trata de um processo de ensino-aprendizagem, logo, entende-se que a corresponsabilidade do estudante por sua aprendizagem precisa ser bem definida visando a descaracterização da educação bancária e não-emancipadora (FREIRE, 2001).

Nesse sentido expectar por uma aprendizagem significativa de conceitos em Química pressupõe a consideração de saberes prévios, os subsunções, que os discentes carregam consigo e, cuja função é ancorar novas informações, dar significado ao aprendido, bem como ressignificar, no caso de uma construção não satisfatória. Diante disso, as estratégias de ensino aplicadas precisam favorecer um diálogo entre o conhecimento preexistente e os novos conceitos das propostas pedagógicas (AUSUBEL; NOVAK; HASENIAN, 1978).

A significação ou ressignificação de conceitos visando uma aprendizagem significativa são processos essenciais à construção do conhecimento, especialmente os relacionados aos constructos químicos, onde a transição entre os níveis macroscópicos, simbólico e submicroscópicos (DE JONG; TABER, 2007), que são aspectos representacionais da matéria, suas propriedades e os fenômenos envolvidos em suas transformações, fundamentam todo o seu arcabouço de leis, teorias e modelos explicativos.



Sendo assim, oferecer aos estudantes materiais que, além de atrativos sejam potencialmente significativos, pode favorecer a motivação em aprender (predisposição do discente, segundo Ausubel) e despertar o interesse por novas informações que complementem seus conhecimentos e substituam os que por ventura tenham se tornado incipientes para sua aprendizagem (AGUIAR, 2017). Neste trabalho, que é um recorte de uma pesquisa maior (AGUIAR, 2017), são apresentadas algumas discussões acerca de resultados coletados por ocasião de o Estágio Docêncio do pesquisador enquanto pós-graduando do curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), durante a abordagem do tema Estequiometria na disciplina Química Geral I, ministrada a 80 (oitenta) graduandos do primeiro período do curso de Engenharia, ou seja, recém-egressos da Educação Básica.

Foi fundamental para o estudo o seguinte questionamento: *Como minimizar as dificuldades de aprendizagem de estudantes na graduação superior envolvendo conceitos químicos e cálculos tão essenciais para a aprendizagem da estequiometria?*

A partir do questionamento, tanto o objeto quanto o ambiente de estudo foram considerados na definição do percurso metodológico e, dessa forma, o direcionamento da pesquisa se deu no sentido de estabelecer uma estreita conexão entre a teoria e a prática pedagógica – refutando a dicotomia teórico-prática no ensino – como forma de desenvolver a capacidade de abstração do público alvo e consequentemente possibilitar a diminuição de suas dificuldades de aprendizagem relacionadas ao conteúdo em estudo.

Autores como Giordan (1999); Cardoso e Colinvaux (2000); Migliato-Filho (2005); Pontes et al. (2008); Guimarães (2009); Santos e Silva (2014); Aguiar e Castilho (2019), subsidiaram nosso estudo por suas vertentes de pesquisa se alinharem à da aprendizagem significativa ou, por de alguma forma, defenderem teorias e práticas que ajudassem em nossa busca por metodologias

alternativas e diferenciadas que auxiliassem na diminuição das dificuldades de aprendizagem de conceitos (quantificação da matéria) e cálculos estequiométricos.

Partindo do que pressupõe, anteriormente, a literatura, o trabalho foi norteado por uma sequência didática que trouxessem a significação ou a ressignificação dos conceitos fundamentais da estequiometria, priorizando a aplicação de proposições mais gerais e integradoras do saber químico, buscando apresentar as novas ideias (informações) de modo progressivo, não-fragmentadas, enriquecendo-as com detalhes e dando ênfase às suas especificidades acerca de cada situação-problema em estudo, sendo esta então a forma mais adequada de integrar os conteúdos que assim servissem como organizadores prévios para a exploração dos conhecimentos já apreendidos pelos graduandos durante o ensino médio, considerando que estes não chegaram ao ensino superior desprovidos de algum aprendizado químico (MOREIRA; MASINI, 2006).



430

Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa de natureza exploratória, com a utilização de questionários, sequências didáticas e práticas de representações de estruturas moleculares (simulação da modelagem), visando verificar a compreensão (mobilização cognitiva) dos estudantes acerca das leis e conceitos subjacentes ao estudo da estequiometria, suas possíveis dificuldades de aprendizagem e, sobretudo, reconhecer as contribuições que as práticas aplicadas trariam para uma possível melhoria da aprendizagem dos conteúdos curriculares propostos para o ensino de Química.

O Ensino de Química nos Documentos Curriculares Oficiais do Brasil e na Literatura.

A literatura pertinente sobre o ensino de Química – ainda nos dias atuais – destaca o processo de memorização (aprendizagem mecânica) como uma estratégia de ensino muito utilizada em sala de aula, sinalizando o quanto o modelo conteudista ainda contribui para com o formato meritocrático da educação brasileira. Prioriza-se a memorização dos conteúdos escolares em detrimento da compreensão do conhecimento e sua aplicação na resolução de problemas pelo educando, ou seja, dá-se menos relevância à apropriação conceitual dos fenômenos da realidade (BRAATHEN, 2012).

O conhecimento químico segundo os documentos referenciais curriculares brasileiros (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996; Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (1998); Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (2000); Parâmetros Curriculares Nacionais Mais (PCN+) (2002); Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) (2006), é uma estrutura de saber que se alicerça em três eixos: o das “transformações químicas” (simbólico), o dos “materiais e suas propriedades” (macroscópico) e o dos “modelos explicativos ou constituição” (submicroscópico), conforme os propósitos do ensino e da aprendizagem das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT).

A transição e a relação entre esses três eixos são consideradas cruciais e, muitas vezes, desafiadoras para a aprendizagem dos estudantes (JOHNSTONE, 1982; DE JONG; TABER, 2007). Essa transição é esquematizada abaixo, conforme a Figura 1.

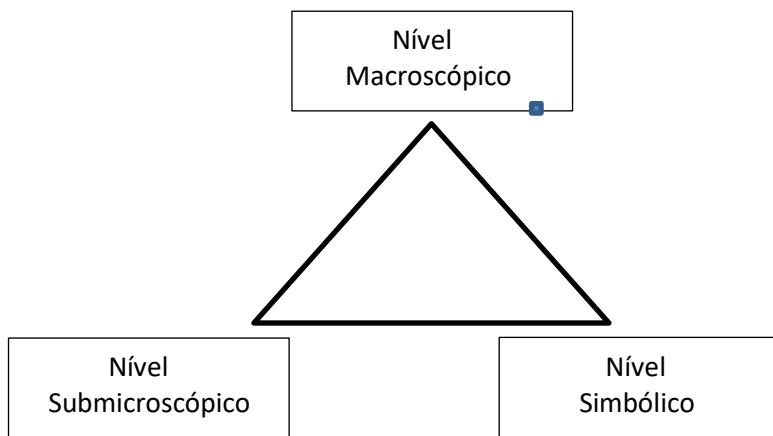


Figura 1 –Triângulo dos significados em Química (DE JONG; TABER, 2007, p. 631).

431

A estrutura da Figura 1 evidencia a articulação do estudo da Química e o enfoque que deve ser dado aos três níveis de integração como um percurso para o desenvolvimento da capacidade de abstração do estudante por ocasião da necessária compreensão dos conceitos envolvidos no estudo da matéria, suas transformações e na interpretação global dos fenômenos químicos em níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico.

A revisão bibliográfica sinalizou a relação de dependência da interpretação do nível submicroscópico com a profundidade como é abordado o macroscópico, ou seja, deve compreender as relações entre os eixos do conhecimento químico, estabelecer articulações dinâmicas entre teoria e prática, lançando mão das perspectivas de contextualização de conhecimentos em atividades diversificadas, cujo enfoque é a construção coletiva de significados aos conceitos (AKAHOSHI, 2012; JOHNSTONE, 1982; DE JONG E TABER, 2007).

Os PCNEM, por sua vez, enfatizam a transição para o nível submicroscópico, onde se deve considerar que:

Os fatos macroscópicos já estudados podem ser o ponto de partida para a construção de modelos microscópicos (...). Um primeiro entendimento da transformação química, bem como, de suas relações de massa baseia-se na compreensão a nível macroscópico. A seguir, o entendimento desses fatos deve ser feito dentro de visão microscópica, de rearranjo de átomos e relações entre quantidades de matéria (BRASIL, 2000, p.34-37).

As OCNEM, sobre a transição ao nível simbólico, destaca que esta – transição – exige do discente a habilidade de interpretação dos símbolos por se constituírem em uma linguagem particular da Química e reforça sua importância e atenção nas transições entre os dois outros níveis do conhecimento químico. Prossegue, afirmando que a compreensão dos significados químicos em termos submicroscópicos só se torna possível quando o estudante se torna apto em traduzir essa linguagem específica (BRASIL, 2006, p.114).

De acordo com as OCNEM (2006), essas transições pelos três eixos do conhecimento químico, face às dificuldades manifestadas pelos estudantes em compreender conteúdos relacionados a fenômenos cujo entendimento depende do nível submicroscópico, podem ser viabilizadas com a utilização de modelos explicativos. Refletindo sobre essa e outras dificuldades

de aprendizagem do tema, mas vislumbrando na técnica de modelagem de estruturas moleculares uma possibilidade de facilitação do aprendizado, o estudo sobre estequiometria foi desenvolvido no trabalho de pesquisa, buscando investigar se a implementação da estratégia pensada corroborava a necessidade de “reconhecer, utilizar, interpretar e propor representações para situações-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos”, com o desenvolvimento da competência investigativa e da compreensão em Química (BRASIL, 2002, p.91).

À luz do referencial teórico da modelagem, consonante com as sinalizações constantes dos documentos curriculares oficiais, a pesquisa lançou mão dessa estratégia, embasando-se em resultados de estudos pré-existentes, com o intuito de reafirmar sua eficiência no auxílio da construção, interpretação e compreensão dos conceitos necessários à compreensão do conteúdo estequiometria em atividades contextualizadas (JUSTI, 2010).

Deste modo, o arcabouço teórico deste trabalho não poderia ser desenvolvido sem se dar atenção às orientações contidas nos documentos oficiais e na literatura sobre o ensino de Química no ensino médio, bem como no ensino superior, pois foi com base nas informações extraídas destes documentos que a justificativa e relevância da pesquisa foram embasadas.

O aprendizado significativo para o tema Estequiometria

A ementa da disciplina Química Geral I, que compõe a matriz curricular dos cursos de graduação, neste caso, da Engenharia, contempla o estudo da estequiometria e a sua escolha para a pesquisa não foi ao acaso, pois além do evidenciado no instrumento de coleta das expectativas, o tema é tido por professores e estudantes, em particular, do ensino médio, como um conteúdo de difícil assimilação, face à complexidade dos conceitos químicos (quantidade de matéria e sua unidade o mol; constante de Avogadro; leis ponderais; reagente limitante e em excesso) que servem de requisitos essenciais para sua compreensão.

Desse modo, na elaboração do plano de ensino da disciplina, fundamentado na Aprendizagem Significativa (AS), levou-se em consideração sua potencialidade em dar novos significados conceituais aos conhecimentos, possivelmente adquiridos pelos discentes por ocasião do ensino médio, mas que também culminassem em um aprendizado relevante do tema proposto, agora no ensino superior. Para que fosse possível atingir os objetivos e alcançar os resultados esperados, foi elaborada uma sequência didática com foco em atividades experimentais, sob o viés construtivista, na qual a resolução de problemas seria uma tarefa desenvolvida em grupos, com a finalidade de construir um conhecimento pautado em interações entre os sujeitos e o objeto de estudo (COLL; SOLÉ, 2010).

Modelagem como técnica de representação de estruturas no ensino de Química

De acordo com Pozo e Crespo (2009), ao se ensinar Química como integrante da área de Ciências da Natureza, tem-se como objetivo que o discente comprehenda, interprete e seja capaz de analisar o mundo que o cerca, bem como suas propriedades e as transformações que nele ocorrem, recorrendo, com um pouco de imaginação e pensamento, a modelos que se referem a estruturas que, segundo a ciência, constituem a matéria.



A estratégia de ensino que lança mão da técnica da modelagem de estruturas químicas, em sala de aula, vem se constituindo em uma ferramenta profícua no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos fundamentais da Química, inclusive, com resultados positivos que demonstram sua eficiência na superação de possíveis dificuldades de aprendizagem que podem advir da falta de sua aplicabilidade na apresentação de temas relacionados aos conteúdos escolares.

A partir desse processo histórico, cabe aqui salientar que, nos dias atuais, muitos trabalhos vêm trazendo discussões acerca da modelagem no ensino, pois como o entendimento sobre o significado de modelos e sua serventia contemplam várias definições, a sua utilização em sala de aula requer uma atenção quanto aos objetivos a serem alcançados com relação à abordagem temática, a partir da qual se quer desenvolver no estudante a compreensão necessária para entender o conhecimento conceitual do conteúdo curricular a ser estudado (JUSTI, 2006; FERREIRA; JUSTI, 2008; JUSTI; GILBERT, 2001).

Os documentos curriculares oficiais da educação básica, como o PCNEM e as OCNEM sinalizam o uso de modelos explicativos como uma potencial estratégia para o estudo da Química e, consequente, diminuição das dificuldades da aprendizagem que esta disciplina promove aos discentes. Contudo, os estudantes, no estudo da Química, precisam desenvolver competências e habilidades que os ajudem a utilizar os modelos. Mas, que modelos explicativos são esses? Como podem ser conceituados?

A aproximação de um modelo construído pelos discentes, com o intuito de compreender um fenômeno químico, para com um modelo aceito pela comunidade científica, dentro do cotidiano da sala de aula é realizada pelo que se conhece como *o modelo curricular*, que é uma estratégia utilizada na mediação entre o que foi construído e o que é aceito (JUSTI; GILBERT, 2001, 2002).

Apesar da inviabilidade de se ensinar a construção de modelos na sala de aula (SANTOS; SILVA, 2013), os modelos fazem parte do cotidiano do ensino de Química, mesmo que, em muitas das vezes, o docente da disciplina não se dê conta de suas presenças sob a forma de modelos curriculares, presentes nos livros, e como modelos didáticos no uso de materiais concretos para representação dos conceitos.

Nesse trabalho foi adotada a definição de Gilbert e Boulter (1995) citada por Ferreira e Justi (2008, p.32):

Um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado.

Essa definição assume que o modelo não corresponde à realidade, apenas a representa. Os modelos podem desempenhar muitas funções, como: simplificar a representação de objetos, visualizar materiais abstratos, fundamentar interpretações, auxiliar o processo de explicação, facilitar a comunicação e fundamentar previsões (JUSTI; GILBERT, 2001).

A partir de uma análise da literatura pertinente ao tema, e ainda que o ensino da modelagem seja de certa forma inviável, a utilização dessa prática no processo de ensino-aprendizagem de



Química não pode se dar de maneira aleatória, pois na construção de um modelo, o estudante deve promover uma interação entre seus modelos mentais e os modelos didáticos, e que estes sejam adequados para a compreensão e interpretação da realidade (COSTA; ZORZI, 2008).

Os tópicos da Química, segundo os documentos curriculares oficiais, podem ser abordados por três perspectivas diferentes que se relacionam mutuamente: macroscópica, submicroscópica e simbólica e, os modelos desenvolvidos no ensino de Química devem tratar desses três níveis do conhecimento químico e das relações estabelecidas entre eles.

Com base na literatura pertinente ao tema modelos e modelagem, a investigação foi fundamentada na concepção de Justi (2010) sobre a representação de fenômenos no contexto científico, os quais podem ou não serem visualizados. Ainda, segundo a autora, a dimensão que se pode dar ao uso de um modelo na sala de aula, vai além dos modelos curriculares e de ensino, pois estes, os modelos, podem não só representar processos como a destilação de uma mistura homogênea, mas também ideias como a constituição dos átomos ou a estrutura de uma substância (JUSTI, 2010).

Desse modo, contemplamos o trabalho com atividades de estruturação de entidades químicas, que se embasavam nos objetivos dos modelos no ensino de Química como, simplificar entidades complexas de forma a facilitar o pensar sobre elas; favorecer a comunicação de ideias; facilitar a visualização de entidades abstratas; fundamentar a proposição e a interpretação de fenômenos da realidade; e que fosse um mediador entre a realidade modelada e teorias envolvidas em seu estudo (JUSTI, 2010).



APORTE TEÓRICO/METODOLÓGICO

A abordagem metodológica é a investigativa com enfoque qualitativo, ancorada em situações temáticas como, por exemplo, a fotossíntese, poluição atmosférica e síntese de substâncias, visando à participação ativa dos estudantes como forma de motivação e desafio na busca por respostas adequadas para a solução dos problemas propostos na sequência didática, com a liberdade para elaborar e testar hipóteses como tentativa de soluções e, poderem, ainda propor caminhos para chegar ao resultado.

A investigação neste estudo, de acordo com Pádua (2004, p. 36), teve como característica principal “instituir significado aos fenômenos e processos sociais”. Há que se destacar ainda que, segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 16), neste tipo de abordagem, a não-neutralidade do pesquisador deve ser reconhecida e valoriza-se uma coleta de dados, fundamentada numa análise interpretativa.

O diferencial metodológico para o desenvolvimento do percurso foi trazer para as ações do estudo do tema uma concepção construtivista na qual, segundo Coll e Solé (2010), o indivíduo aprende quando é capaz de elaborar uma representação pessoal sobre um objeto da realidade ou conteúdo que pretende aprender, desde que haja uma aproximação a tal objeto ou conteúdo com o fim de apreendê-lo; não se trata de uma aproximação vazia, a partir do nada, mas sim, a partir de experiências, interesses e conhecimentos prévios que, *a priori*, possam ancorar as novas informações.

O público-alvo da pesquisa foram 80 (oitenta) estudantes do curso de graduação em Engenharia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que se encontravam regularmente matriculados(as) no 1º período e que cursavam a disciplina Química Geral I.

O ponto de partida para o estabelecimento do plano de ensino e a definição das atividades experimentais da sequência didática ocorreu a partir das dificuldades de aprendizagem exteriorizadas pelos educandos em análises teóricas e resolução de atividades relacionadas com a estrutura da matéria e suas transformações, grandezas físicas e unidades de medidas (os organizadores prévios) (MOREIRA; MASINI, 2006). Os organizadores prévios, neste caso, serviram para preencher a lacuna entre os conhecimentos prévios de que dispunham os aprendizes e os novos conhecimentos que seriam necessários ao aprendizado significativo dos novos desafios a serem enfrentados no estudo da estequiometria.



A sequência didática, em relação às atividades experimentais, teve como objetivo oportunizar a construção do conhecimento obedecendo a uma sequência de assuntos que foram estrategicamente planejados para cumprir etapas para a apreensão dos conteúdos e seus conceitos, promovendo uma vinculação de ideias. As atividades foram ordenadas de modo a garantir paulatinamente a compreensão de cada conteúdo e, para tanto, partiu-se dos mais simples para os mais complexos. Com isso, haveria a possibilidade de um novo conceito se ancorar em outro preexistente (subsunçor), e assim favorecer, *a priori*, uma das condições para a assimilação, caracterizada como a aprendizagem significativa subordinada.

De acordo com a organização do plano de ensino, as atividades da sequência didática foram organizadas da seguinte forma:

a) Atividades com o objetivo de serem trabalhados temas como os algarismos significativos, regras de arredondamento, grandezas físicas e suas unidades e as transformações de unidade. Esta etapa foi composta por duas aulas práticas, nas quais os estudantes realizaram medições de massa, volume e, a partir dos registros, partiram para os cálculos relacionados aos temas propostos.

b) Momento teórico (conceitual) e prático (resolução de problemas e representações) com abordagem de temas como as transformações da matéria, fórmulas químicas, reações químicas (tipos), equação química, métodos de balanceamento, leis ponderais (Lavoisier e Proust) e cálculos químicos.

c) Representação de estruturas moleculares: a prática, nesse caso, ocorreu com a utilização de material alternativo de baixo custo como tampas coloridas de garrafas de polieteflalato de etila (PET) e o etileno acetato de vinila (E.V.A.). As tampas foram usadas na representação de átomos dos elementos químicos que viriam a constituir as estruturas moleculares; já o E.V.A. foi recortado para simbolizar ligações químicas e símbolos gráficos de constituição de uma equação (+) e (\rightarrow). Como exemplo citamos a aplicação prática da síntese da glicose a partir do processo da fotossíntese $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$, onde as tampas representando o carbono (pretas), o hidrogênio (azuis), o oxigênio (vermelhas); as ligações e os símbolos gráficos pelo E.V.A (preto ou branco), foram definidas pelos acadêmicos.

Uma vez apresentados os materiais e definidas as cores para cada um dos elementos químicos, os graduandos seguiram o roteiro de cada atividade. Começando pela pesagem de cada uma das tampas, utilizaram-nas para definir uma massa molar (simbólica) para a glicose, ou seja, não corresponderia ao valor real da massa molar da substância constante da literatura, mas seria compatível com as atividades planejadas de cálculos estequiométricos que seriam realizados na mesma atividade pedagógica. O termo simbólica destacado anteriormente, foi empregado com o intuito de esclarecer que a massa encontrada para a espécie química glicose, na etapa de pesagem, apesar de não corresponder à massa real, seria suficiente, por exemplo, para aplicar a lei de conservação das massas, considerando a conservação da matéria, no estudo das reações químicas.

Seguindo o percurso da atividade, após a verificação da massa de cada tampa, os discentes definiram a massa molar da glicose, levando em conta a quantidade de unidades atômicas necessária à sua síntese, a partir das substâncias dióxido de carbono (CO_2) e da água (H_2O) no processo da fotossíntese $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$.



Posteriormente, os graduandos, após uma discussão em grupo, realizaram a representação da reação química proposta, através da sua equação química (inicialmente, não balanceada), utilizando os materiais disponibilizados (tampas de garrafas PET e E.V.A.). Antecedendo o final do estudo, foram propostas situações-problema, para as quais, individualmente, cada estudante deveria realizar uma leitura de contexto da situação e efetuar a resolução dos problemas que envolviam cálculos estequiométricos, relativos à fotossíntese, poluição atmosférica e síntese de substâncias e, para isso, precisariam utilizar e aplicar os conhecimentos conceituais sobre quantidade de matéria, o mol, número de Avogadro, reagente limitante e reagente em excesso, porém, sem o auxílio do material usado nas representações das estruturas moleculares.

Na sequência, os discentes foram reorganizados em grupos para discutir e apresentar as soluções que encontraram para os problemas propostos, ainda sem o recurso da representação de estruturas, com a finalidade de verificar como utilizariam o conhecimento e os recursos da matemática para interpretar e resolver os problemas de estequiometria.

Para concluir a sequência didática planejada e com o objetivo de verificar que aprendizagens conceituais os graduandos obtiveram ao longo do estudo, estes foram orientados a resolver uma atividade contextualizada, à qual denominamos de “O Desafio Estequiométrico”, sendo-lhes dada autorização para utilizar, caso necessário, o material como auxílio na definição dos reagentes limitante e em excesso, bem como para a constatação de suas quantidades de matéria.

A atividade proposta trouxe o seguinte contexto: Na região norte do país, a população local tem como hábito alimentar o consumo da farinha branca, produzida a partir da macaxeira (a mandioca ou aipim) e, cujo preparo é cercado por cuidados como a fermentação da massa da macaxeira, para a eliminação gás cianídrico proveniente do ácido cianídrico presente nesse vegetal, por exemplo. Considerando a possibilidade da síntese do ácido cianídrico (HCN), a partir da reação entre o carbono (C), o gás hidrogênio (H_2) e o gás nitrogênio (N_2), realize as ações elencadas abaixo, relativas à reação química que se segue: $2\text{C}(\text{s, grafite}) + \text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCN}(\text{g})$.

- Defina as cores das tampas de PET que representarão cada um dos átomos das substâncias reagentes.

- b) Realize a representação das estruturas moleculares (planas) desses reagentes.
- c) Represente a equação balanceada da síntese, usando estruturas moleculares, construídas com as tampas de garrafa PET.
- d) [...] do exposto no enunciado acima, ao reagirmos 6,0 mols de carbono grafite, com 4,0 mols de gás hidrogênio e 4,0 mols do gás nitrogênio, quanto obteremos de ácido cianídrico? Qual o reagente limitante da reação? Quantos mols restam do(s) reagente(s) em excesso?

Para a resolução do desafio, os discentes definiram a identificação do carbono pelas tampas de cor verde, o gás hidrogênio pelas azuis, o gás nitrogênio pelas vermelhas e o ácido cianídrico pela justaposição das tampas azul, verde e vermelha.



O percurso metodológico em todas as etapas de desenvolvimento foi marcado por pontos de atenção relevantes para o estudo, como por exemplo, as dificuldades dos estudantes em compreender as relações estequiométricas das reações químicas e, consequentemente, os cálculos matemáticos decorrentes dessas relações. Por sua vez, foi interessante perceber a superação de algumas dessas dificuldades, a partir do momento em que parte dos estudantes utilizou conhecimentos anteriores, como os das ligações químicas na estruturação das substâncias, ampliando seus raciocínios lógico-matemáticos dos fenômenos químicos.

DISCUSSÃO

Dentre os resultados dessa investigação, destacamos que conceitos como quantidade de matéria e sua unidade, o mol, equação química, balanceamento, coeficientes estequiométricos, reagente limitante e em excesso, continuam sendo as principais causas de dificuldades do ensino e aprendizagem da estequiometria, conforme sinalizados por outras pesquisas que abordaram esse mesmo tema.

Neste estudo, verificou-se quão complexa é para os estudantes a transposição do nível macroscópico (das propriedades da matéria e transformações perceptíveis) para o nível submicroscópico (espécies elementares e seus comportamentos), sinalizando que, talvez, essa dificuldade pode ser produto da falta de compreensão dos conceitos, segundo a perspectiva da aprendizagem significativa (JOHNSTONE, 1982; LAUGIER; DUMON, 2004; ROGADO, 2005, GOMES; MACEDO, 2007).

Diante disso, tornou-se claro no estudo que a compreensão de um conceito científico não pode ser limitada à sua definição, mas sim, deve-se dar relevância a leitura e reconhecimento do contexto a partir do qual foi concebido e, ainda, suas conexões e interações com outros conceitos.

As dificuldades em explicar as relações estequiométricas acerca da quantidade de matéria, o significado da unidade mol, a conservação da matéria, em interpretar uma equação química e transitar pelos três níveis do conhecimento químico, apresentadas pelos estudantes, na etapa inicial, ao realizarem as atividades da sequência didática, sugerem que a aprendizagem conceitual acerca do conhecimento químico sobre a matéria e suas transformações, ao longo do ensino médio,

não foi plenamente efetivada e, com isso, houve também um comprometimento na aprendizagem de alguns conceitos químicos, fundamentais para o estudo da estequiometria.

Ainda neste momento inicial da pesquisa, em relação aos cálculos, 48 (quarenta e oito) estudantes conseguiram realizar as atividades envolvendo as relações de proporções, porém deste universo, somente 20 (vinte) estudantes conseguiram explicar conceitualmente as relações estequiométricas da representação das equações químicas com a quantidade de matéria das substâncias em uma reação e, sobretudo, enunciar as leis ponderais.

Dentre os erros conceituais e percepções dos estudantes identificados no início do estudo, ou seja, no levantamento dos conhecimentos prévios, destacamos os considerados essenciais para o ensino e aprendizagem da estequiometria, conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Concepções conceituais prévias incorretas

Conceito	Manifestações dos estudantes
Quantidade de matéria	68 (sesenta e oito) afirmavam que durante a combustão a lei de conservação das massas não poderia ser aplicada mesmo ela ocorrendo em um sistema fechado.
Unidade de quantidade de matéria (mol)	72 (setenta e dois) relacionavam a unidade mol com a grandeza massa de uma substância.
Equação química	60 (sesenta) não identificavam a equação química como uma representação simbólica das moléculas e nem consideravam suas proporções a nível submicroscópico.
Coeficiente estequiométrico	44 (quarenta e quatro) não estabeleciam uma relação correta dos coeficientes com quantidade de matéria.
Reagente limitante	60 (sesenta) não compreendiam que o reagente limitante determinava o momento em que uma reação cessava, enquanto que o em excesso era o que sobrava de uma reação.

Fonte: Autores (2023).

Posteriormente, após a mediação do pesquisador, houve a mudança relevante no resultado das representações, isto, talvez, devido às mudanças no comportamento dos discentes, que passaram a discutir e participar mais das construções moleculares e, cujo sucesso pode ser atribuído à aprendizagem significativa dos conceitos subjacentes da atividade experimental de representação de moléculas, pois já dispunham de um conhecimento prévio decorrente dos equívocos do primeiro momento.

Uma situação inusitada mereceu a atenção dos pesquisadores durante as discussões entre os participantes de um dos grupos, que fazia a representação estrutural da glicose, a partir do seguinte comentário proferido por um dos estudantes: “Na construção da molécula de glicose, a hidroxila tem que ficar numa posição que diminua a tensão da estrutura molecular e permita a sua estabilidade”. Comentários dessa natureza trouxeram para o estudo a confirmação de que os estudantes não chegaram ao ensino superior desprovidos de conhecimentos. Face ao conhecimento manifestado, uma roda de discussões pôde ser estabelecida, contribuindo potencialmente e sendo extremamente importante para a resolução da atividade, já que procuravam obter sucesso no processo. É preciso salientar que o comentário em questão se tornou possível porque os discentes puderam manifestar seus conhecimentos e habilidades, oportunizados pelo trabalho colaborativo e engajamento na atividade de estruturação das espécies químicas propostas para o estudo.

Essa evidência corroborou os objetivos de promover uma aprendizagem significativa, pois com as manifestações dos discentes, foi possível perceber que a sequência didática cumpria para com as condições necessárias que, segundo Ausubel, Novak e Hasenian (1978), só é possível quando se leva em conta o conhecimento que o discente traz consigo (subsunçor), aliado ao material potencialmente significativo (representação das estruturas) e a predisposição do estudante em aprender (motivação e interesse).

Cabe ainda destacar que conceitos como o de reagente limitante e reagente em excesso, a partir da representação de estruturas moleculares, como no caso do “Desafio Estequiométrico”, trouxeram novos significados conceituais para os graduandos, pois até então, suas concepções inferiam que, o reagente limitante, por exemplo, estaria relacionado com a substância que apresentava a menor quantidade de matéria, enquanto que o em excesso a maior quantidade.



Ainda sobre a execução da atividade de representação das estruturas moleculares, algumas outras falas dos estudantes em nosso instrumento de coleta de dados, merecem aqui ser registradas, para que sirvam como reflexão à prática docente desenvolvida nas instituições escolares, sejam elas públicas ou privadas e, independentemente, dos níveis de escolaridade que oferecem à sociedade. No Quadro 2, os estudantes são identificados por numerais de 01 a 40.

Quadro 2 - Manifestações dos estudantes

Falas evidenciadas
17 - “A modelagem permitiu uma abordagem mais intuitiva [Sic] na resolução do problema. A certeza de que a resposta estava certa foi maior, pelo meu ponto de vista”.
13 - “Quando a gente resolve usando esse método não tem como errar o resultado. Foi mole demais!”.
36 - “A representação das estruturas permite uma melhor visualização do problema”.
29 - “Visualizando facilita para entender como ocorre, mais ou menos, no interior das substâncias e nas transformações”.
07 - “Se, lá no ensino médio o professor ensinasse desse jeito eu não chegaria aqui com tanta dificuldade em estequiometria. Aprendi aqui em pouco tempo o que não aprendi lá”.
09 - “Não sei o porquê de complicarem tanto no ensino médio, se dá para aprender tão fácil com modelos [Sic]”.
20 - “Eu nunca pensei que aprenderia Química usando embrorrachado e tampa de garrafa descartável”.
39 - “Principalmente após acertar as proporções entre as entradas e a saída, achar o reagente limitante e o em excesso foi imediato”.

Fonte: Autores (2023).

As falas dos estudantes confirmaram a importância das atividades de representação das estruturas moleculares dentro da sequência didática, como um instrumento de promoção da motivação e interesse no processo de ensino-aprendizagem da estequiometria. Não se pode deixar de dizer que foram momentos de reflexão, pois alguns se reportaram às suas épocas do ensino médio, afirmando que o processo teria promovido uma melhor aprendizagem do tema.

Constatações semelhantes com relação a dificuldades de aprendizagem da estequiometria foram encontradas na literatura referenciada neste artigo, porém a maioria das pesquisas foi desenvolvida com estudantes dos níveis fundamental e médio, onde as dificuldades relativas ao tema são consideradas normais, já que experimentam um momento de contato inicial com o conteúdo, diferentemente deste estudo que ocorreu com sujeitos do nível universitário e, para os quais, era de se esperar que não mais possuíssem tais dificuldades, o que dá maior relevância para os resultados elencados nesta discussão. Cabe ressaltar também que a estratégia aplicada em nosso

estudo, ainda que tenha utilizado um material alternativo ou de baixo custo propiciou aos discentes as condições necessárias para uma aprendizagem significativa.

A atividade final, o “Desafio Estequiométrico”, fora realizada com o intuito de coletar dados que sinalizassem uma evolução no processo de aprendizagem de conceitos e possíveis mudanças nas percepções dos estudantes com relação à matéria e suas transformações. Os dados a que nos referimos, trouxeram os seguintes resultados conforme exibidos no Quadro 3:

Quadro 3 - Concepções conceituais pós sequência didática

Conceito	Manifestações dos estudantes
Quantidade de matéria	52 (cinquenta e dois) passaram a afirmar e a aplicar corretamente a lei de conservação das massas com relação a um sistema fechado.
Unidade de quantidade de matéria (mol)	40 (quarenta) ainda continuavam relacionando a unidade mol com a grandeza massa de uma substância. Houve uma redução.
Equação química	60 (sesenta) passaram a identificar a equação química como uma representação simbólica das moléculas e a considerarem suas proporções a nível submicroscópico.
Coeficiente estequiométrico	56 (cinquenta e seis) passaram a estabelecer uma relação correta dos coeficientes com quantidade de matéria.
Reagente limitante	60 (sesenta) passaram a conceber o reagente limitante como responsável por determinar o final da reação e, além disso, compreenderam que a menor ou maior quantidade de matéria não devia ser um critério adequado para definir o reagente limitante ou em excesso.

Fonte: Autores (2023).

Os dados coletados foram compilados para dar maior visibilidade aos quantitativos obtidos e facilitar a comparação das possíveis aprendizagens conceituais, bem como, demonstrar que o processo, apesar de apresentar uma melhoria da aprendizagem, sinaliza para o aprofundamento do estudo quanto à aplicação da estratégia de ensino. Cabe destacar que na identificação do Quadro 1 o termo “incorrectas”, se relaciona com a compreensão conceitual que ainda requer uma atenção quanto à sua apreensão, ou seja, não constitui em uma ressignificação equivocada, mas sim na permanência da dificuldade inicial de interpretação dos conceitos.

A comparação dos dados finais com os iniciais trouxe para a discussão a evidência da ocorrência de uma possível aprendizagem significativa dos conceitos e mudanças dos estudantes em relação à interpretação dos fenômenos químicos a nível submicroscópico. Cabe dar relevância à proposta do trabalho em grupo, onde os estudantes participaram ativamente das discussões para alcançar os objetivos das construções das estruturas moleculares da atividade de representação, evidenciando que o planejamento dessa estratégia para o estudo contribuiu significativamente para com o processo de ensino-aprendizagem da estequiometria e para execução e desenvolvimento dos cálculos matemáticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho que, conforme já salientado ao longo de seu desenvolvimento, caracterizou-se como uma pesquisa qualitativa, teve como objetivo aplicar a estratégia de representação de estruturas moleculares com a finalidade de verificar suas possíveis potencialidades para promover



uma aprendizagem significativa do tema estequiometria, assim como provocar uma empatia para com o estudo da disciplina Química Geral I nos estudantes de graduação da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), por ocasião de o Estágio Docência do curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir sobre a importância de se verificar que conhecimentos prévios os discentes trazem para a sala de aula, e, a partir daí, realizar um planejamento de ensino que possibilite ao aprendiz estabelecer uma conexão entre o que já sabe e o novo conhecimento. No início do curso, a maioria dos graduandos apresentou dificuldades de aprendizagem de conceitos, mas à medida que conhecimentos anteriores iam sendo evocados para a resolução de novos desafios propostos, ficava evidente a presença dos preceitos elencados na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), o que reforçou a relevância das atividades da sequência didática no alcance da aprendizagem.

Importante ressaltar que as discussões entre os discentes durante as atividades, na sala de aula, foram primordiais para que passassem a elaborar explicações mais fundamentadas sobre os conceitos essenciais em estequiometria e fenômenos envolvidos nos problemas propostos. Esse comportamento foi presenciado também em conceitos que não eram objetos deste estudo como, por exemplo, o de ligações químicas, geometria e estabilidade das moléculas.

Cabe destacar ainda que a realização de atividades práticas na sala de aula colabora substancialmente para com o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos curriculares e, é possível sua realização em qualquer espaço formal do ambiente escolar, seja este de nível fundamental, médio ou superior, público ou privado. Discursos quanto à falta de laboratórios e/ou materiais para o desenvolvimento da experimentação são anacrônicos na educação contemporânea conforme demonstrado neste trabalho, porém ressaltamos que o uso de materiais alternativos de baixo custo presentes no cotidiano dos discentes, favorece o processo de ensino-aprendizagem.

Depreende-se desta pesquisa que há muito ainda a se explorar sobre a Aprendizagem Significativa (AS), e que este pode ter sido o ponto de partida para estudos mais aprofundados que possam, inclusive, se estender para a utilização de outras estratégias que se embasem nesta teoria de aprendizagem.

De maneira análoga, a representação de estruturas moleculares, com um viés na modelagem, foi muito relevante para a compreensão conceitual de fenômenos químicos e, ainda que não explorasse a construção de modelos, trouxe para o estudo um facilitador para aprendizagem da estequiometria. Além disso, pode-se constatar que as atividades de estruturação das substâncias e reações tiveram uma discreta influência no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático para a maioria dos graduandos, constituindo-se em um importante recurso na realização dos cálculos estequiométricos.

Analisando de modo mais refinado os resultados constantes do quadro “3” e evocando os movimentos durante o processo, verificou-se que à medida que novas atividades eram propostas, e que a maioria dos estudantes lançava mão do recurso de representação de estruturas, o êxito na resolução de problemas apresentava uma evolução. Neste caso, é possível inferir que a maioria dos



estudantes tenha desenvolvido melhor a capacidade de representar os fenômenos e, consequentemente, a capacidade de abstração.

Por fim, é fundamental que o professor explore mais e planeje atividades que simulem reações e demais fenômenos químicos como recurso didático para a promoção de motivação, e que suas aplicações na sala de aula considerem critérios que objetivem o processo formativo dos discentes em consonância com as experiências, expectativas e realidade em que vivem.

Referências

AGUIAR, C. E. P. **Contribuições da contextualização e modelagem sob o enfoque simbólico-matemático no processo de ensino-aprendizagem da estequiometria.** 2017. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

AGUIAR, C. E. P. e De Castilho R. B. A aprendizagem conceitual acerca da condutividade elétrica das substâncias através de habilidades desenvolvidas pela experimentação. **Educação no Século XXI**, v. 1, p. 45-52. Belo Horizonte: Poisson, 2018.

AGUIAR, C. E. P. e De Castilho R. B. Modelagem de estruturas moleculares para uma aprendizagem significativa em estequiometria. In: XIX Encontro Nacional de Ensino de Química-ENEQ, Rio Branco-Acre. **Revista Scientia Naturalis**, v. 1, n. 3, p. 152-166, 2019.

AKAHOSHI, L. H. **Enfoque CTSA em materiais instrucionais produzidos por professores de Ciências/Química.** 2012. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HASENIAN, H. **Educational psychology: A cognitive view.** Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em Educação:** uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal, PT: Porto Editora, 1994.

BRAATHEN, P. C. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. **Revista Eixo**, v.1, n. 1, p. 74-86, 2012.

BRASIL. Lei n. 9394. Estabelece as Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Seção 1, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: MEC/CNE, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-PCNEM. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN + Ensino Complementares aos Parâmetros Médios: Orientações Educacionais Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEMTEC, p. 91, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a Motivação para Estudar Química, **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 401-404, 2000.



COLL, C.; SOLÉ, I. Os professores e a concepção construtivista. In: COLL, C. (Org.). **O construtivismo na sala de aula**. 6. ed. São Paulo: Ática, p. 9-29, 2010.

COSTA, A. A. F.; SOUZA, J. R. T. Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 10, n. 19, p. 106-116, 2013.

COSTA, E. T. H.; ZORZI, M. B. **Uma proposta diferenciada de ensino para o estudo da estequiometria**. Produção Didático-Pedagógico. SEEPR, 2008.

DE JONG, O.; TABER, K. Teaching and learning the many faces of chemistry. In: **Handbook of Research on Science Education**, Dordrecht: Springer, p. 631-652, 2007.

DRESSLER, A. C.; ROBAÍNA, J. V. L. Ensino de estequiometria através de práticas pedagógicas. In: ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA (EDEQ), 32., 2012, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2012. Disponível em: <https://edeq.com.br>. Acesso em: 24 set 2023.



443

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, Rosália S. Modelagem e o “fazer Ciência”. *Química Nova na Escola*, 28, 32-36, 2008.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 39. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2001.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Stretching models too far. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, 22-26, 1995.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 10, p. 43-49, 1999.

GOMES, Rafaela Sampaio; MACEDO, Simone da Hora. Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de Química. *Revista Vértices*, [S. l.], v. 9, n. 1/3, p. 149–160, 2010. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/1809-2667.20070010>. Acesso em: 13 ago 2023.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n.3, p. 198-202, 2009.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Micro-chemistry. *The School Science Review*, v. 64, n. 377, p. 265-273, 1982.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. A Natureza de Modelos na Visão de Professores de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 3., 2001, Atibaia. **Atas...** Atibaia: ABRAPEC, 2001.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. Modelling teacher’s views on the nature of modeling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.

JUSTI, R. S. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

JUSTI, R. S. Modelos e modelagem no ensino de Química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, p. 209-230, 2010.

LAUGIER, A.; DUMON, A. The equation of reaction: a cluster of obstacles which are difficult to overcome. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 5, n. 3, p. 327-342, 2004.

MIGLIATO-FILHO, J. R. F. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio.** 2005. 125 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa:** A teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.** 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. 179 p.

PÁDUA, E. M. M. de. **Metodologia:** Abordagem Teórica e Prática. 10. ed. Campinas: Papirus, 2004. 144 p.

PONTES, A. N.; SERRADO, C. R. G.; FREITAS, C. K. A.; SANTOS, D. C. P.; BATALHA, S. S. A. O Ensino de Química no Ensino Médio: Um Olhar a Respeito da Motivação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (ENEQ), XIV, 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2008.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Tradução Naila Freitas. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROGADO, J. Ensino e aprendizagem da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: a importância da história da ciência para sua compreensão. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, Número Extra VII Congreso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2005.

SANTOS, L. C.; SILVA, M. G. L. O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. **Enseñanza de las Ciências**, Número Extra IX Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciências, Girona, 2013.

SANTOS, L. C.; SILVA, M. G. L. Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 1, p. 133-152, 2014.

TRISTÃO, J. C.; DE FREITAS-SILVA, G.; JUSTI, R. S. Estequiometria: investigações em uma sala de aula prática. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (ENEQ), XIV, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2008.

RESUMO

Este artigo traz considerações e resultados de uma pesquisa realizada com estudantes de uma instituição pública de ensino superior de Manaus-Amazonas, abordando o tema estequiometria, da disciplina Química Geral I, para graduandos de Engenharia, tendo como base os princípios da prática de construção de modelos para alcançar uma aprendizagem significativa de conceitos químicos. Para o alcance dos objetivos da pesquisa o percurso metodológico foi contemplado com a aplicação de sequência didática teórica e prática com enfoque em representação de estruturas moleculares, sob o viés qualitativo de ensino, levando em consideração os conhecimentos prévios que os estudantes traziam do ensino médio para a sala de aula. Os dados coletados apontaram para dificuldades no entendimento conceitual para o estudo da estequiometria, possivelmente, tratado no ensino médio de forma não problematizada e descontextualizada, culminando em uma aprendizagem não satisfatória e, desenvolvendo obstáculos para a compreensão e sistematização dos conhecimentos, bem como, na realização de cálculos estequiométricos. Os resultados obtidos pós-intervenção, porém, demonstraram a relevância do uso de atividades práticas de modelagem na apreensão dos conceitos essenciais no processo de ensino-aprendizagem da Química. Os estudantes ao evocarem conhecimentos anteriores sobre a estruturação de substâncias ampliaram seus raciocínios lógico-matemáticos em resolver problemas.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; Ensino de Química; Estequiometria; Modelagem; Sequência didática.

RESUMEN

Este artículo presenta consideraciones y resultados de una investigación realizada con estudiantes de una institución pública de educación superior en Manaus-Amazonas, abordando el tema de la estequiometría, de la disciplina Química General I, para estudiantes de grado de Ingeniería, a partir de los principios de la práctica de construir modelos para lograr un aprendizaje significativo de conceptos químicos. Para el logro de los objetivos de la investigación se contempló el enfoque metodológico con la aplicación de secuencia didáctica teórica y práctica con enfoque en la representación de estructuras moleculares, bajo el sesgo cualitativo de la enseñanza, teniendo en cuenta los conocimientos previos que traían los estudiantes de secundaria. al salón de clases Los datos recolectados apuntaron dificultades en la comprensión conceptual para el estudio de la estequiometría, posiblemente tratada en la enseñanza media de forma no problemática y descontextualizada, culminando en un aprendizaje insatisfactorio y, desarrollándose obstáculos para la comprensión y sistematización del conocimiento, así como, en la realización de cálculos estequiométricos. Los resultados obtenidos después de la intervención, sin embargo, demostraron la relevancia del uso de actividades de modelado práctico en la aprehensión de conceptos esenciales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química. Los estudiantes, al evocar conocimientos previos sobre la estructuración de sustancias, ampliaron su razonamiento lógico-matemático en la resolución de problemas.

Palabras clave: Aprendizaje significativo; Enseñanza de la química; Estequiometría; Modelización; Secuencia didáctica.

