

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
Faculdade de Educação – FaE  
Centro De Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG  
Especialização em Educação em Ciências

Luiz Fernando de Freitas Junior

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE ALUNOS DO ENSINO  
FUNDAMENTAL II NO BALANCEAMENTO DE EQUAÇÕES QUÍMICAS**

Belo Horizonte

2023

Luiz Fernando de Freitas Junior

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL II  
NO BALANCEAMENTO DE EQUAÇÕES QUÍMICAS**

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Educação em Ciências.

Orientador: David Augusto Lopes

Belo Horizonte

2023

F866a  
TCC

Freitas Junior, Luiz Fernando de, 1989-  
Aprendizagem significativa de alunos do ensino fundamental II no  
balanceamento de equações químicas [manuscrito] / Luiz Fernando de Freitas  
Junior. -- Belo Horizonte, 2023.  
23 f. : enc, il., color.

Monografia -- (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais,  
Faculdade de Educação.

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Educação da  
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título  
de Especialista em Educação em Ciências.

Orientador: David Augusto Lopes.

Bibliografia: f. 21-23.

1. Educação. 2. Ciências (Ensino fundamental) -- Estudo e ensino.  
3. Ciências (Ensino fundamental) -- Estudo e ensino -- Meios auxiliares.  
4. Ciências (Ensino fundamental) -- Métodos experimentais. 5. Química -- Estudo  
e ensino (Ensino fundamental). 6. Reações químicas -- Estudo e ensino.  
7. Ensino fundamental. 8. Aprendizagem experimental.  
I. Título. II. Lopes, David Augusto, 1981-. III. Universidade Federal de Minas  
Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 541.39

**Catálogo da fonte: Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)**

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Faculdade de Educação  
Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG  
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS -GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - CECI

### FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** Aprendizagem significativa de alunos do ensino fundamental II no balanceamento de equações químicas.

**Nome do Aluno:** Luiz Fernando de Freitas Junior.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências - CECI, como requisito para obtenção do grau de Especialista em Educação em Ciências.

Aprovada em 25 de março de 2023, pela banca constituída pelo membros:

Prof. David Augusto Lopes - Orientador / UFMG

Prof. Ygor Bernardes Santos - Leitor Crítico / UFMG

Belo Horizonte, 25 de março de 2023.

Profª. Drª. Nilma Soares da Silva  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação CECI / FAE / UFMG



Documento assinado eletronicamente por Nilma Soares da Silva, Coordenador(a) de curso de pós-graduação, em 18/04/2023, às 17:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2238870** e o código CRC **0FE799E0**.

## **Agradecimentos**

Agradeço:

À minha mãe pelo carinho e apoio.

Aos meus colegas da educação pública que tanto ajudaram na coleta dos dados.

À Luiza, tutora da turma do polo de Confins, agradeço pela dedicação e amparos durante a trajetória do curso.

Ao meu orientador David Lopes pela colaboração e apoio.

À equipe do CECIMIG pela oportunidade de cursar esta especialização de alta qualidade.

A todos aqueles que diretamente contribuíram para que este trabalho se concretizasse, meu muito obrigado.

## Resumo

A disciplina de Química, que formalmente é instituída no Ensino Médio, tem vários tópicos que são iniciados no ensino fundamental – Anos Finais. Logo, nessa etapa muitos desafios de ensino e aprendizagem se apresentam, sendo alguns assuntos mais árduos. Exemplo disso são tópicos envolvendo estequiometria, principalmente devido à necessidade de mobilização do raciocínio lógico-matemático. Fato é que grande parte da literatura que se debruça sobre essa problemática preocupa-se em investigar as dificuldades e desafios para com alunos do ensino médio de forma que tal assunto no ensino fundamental pouco é pesquisado. Essa pesquisa buscou avaliar como as atividades desenvolvidas com uso de modelos manipulativos contribuem para criar bases cognitivas sobre o balanceamento de equações químicas em alunos do nono ano do ensino fundamental – Ano Finais durante uma sequência investigativa em aulas de Ciências. Fez-se uso de uma pesquisa-ação para criar uma sequência investigativa composta de cinco aulas na qual os alunos, fazendo uso de modelos manipulativos construídos com bolinhas de isopor e palitos, tentavam compreender a natureza dos problemas de balanceamento de equações químicas, bem como solucioná-los. Apoiou-se em teorias construtivistas sobre a construção do conhecimento proposto por Piaget e Vygotsky, mas principalmente no conceito de aprendizagem significativa elaborado por Ausubel. Os resultados mostram que os modelos manipulativos favoreceram a compreensão dos estudantes do ensino fundamental sobre como realizar o balanceamento de equações químicas, pois havia uma materialização do fenômeno submicroscópico em questão na forma dos modelos científicos. Concluiu-se que tal sequência didática investigativa ajudou a compor pontes cognitivas entre atividades concretas e ações cognitivas simbólicas quanto ao tema balanceamento de equações químicas.

**Palavras-chave:** Ensino de Ciências. Ensino por investigação. Balanceamento de equações químicas. Ensino Fundamental.

## Abstract

The discipline of Chemistry, which is formally instituted in high school, has several topics that are started in elementary school – Final Years. Therefore, at this stage, many teaching and learning challenges arise, some of which are more arduous. An example of this are topics involving stoichiometry, mainly due to the need to mobilize logical-mathematical reasoning. The fact is that a large part of the literature that deals with this problem is concerned with investigating the difficulties and challenges faced by high school students, so that this subject in elementary school is little researched. This research sought to evaluate how the activities developed using manipulative models contribute to create cognitive bases on balancing chemical equations in students of the ninth year of elementary school – Final Years during an investigative sequence in Science classes. An action research was used to create an investigative sequence composed of five classes in which students, making use of manipulative models constructed with Styrofoam balls and toothpicks, tried to understand the nature of problems of balancing chemical equations, as well as solve them. It was based on constructivist theories about the construction of knowledge proposed by Piaget and Vygotsky, but mainly on the concept of meaningful learning elaborated by Ausubel. The results show that manipulative models favored elementary school students' understanding of how to balance chemical equations, as there was a materialization of the submicroscopic phenomenon in question in the form of scientific models. It was concluded that such an investigative didactic sequence helped to build cognitive bridges between concrete activities and symbolic cognitive actions regarding the balancing of chemical equations.

**Keywords:** Science teaching. Teaching by investigation. Balancing chemical equations. Elementary School.



## LISTA DE FIGURA

- Figura 4-1- Equações químicas não balanceadas escolhidas para serem utilizadas na sequência investigativa ..... 23
- Figura 4-2 - Exemplo de construções de modelos moleculares inadequados, principalmente por não corresponderem ao número correto de ligações químicas entre os elementos químicos ..... 24
- Figura 4-3 - Representação de uma equação química balanceada com uso dos modelos e de tentativas de registro feita pelos alunos para outras equações químicas ..... 26

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3-1 - Ações realizadas durante cada sequência didática investigativa .....	22
Quadro 4-1- Categorização da observação da sequência investigativa.....	27

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAIS TEÓRICOS.....</b>	<b>12</b>
2.1	DIFICULDADES NO ENSINO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	12
2.2	TEORIAS CONSTRUTIVISTAS SOBRE A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO.....	15
2.3	ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO E O USO DE MODELO NO ENSINO DE QUÍMICA .....	17
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As aulas de Química no ensino fundamental são um grande desafio para professores e alunos, sendo que alguns conteúdos se mostram mais difíceis tanto para a didática docente quanto para a compreensão discente (GULACAR et al., 2013, COSTA; SOUZA, 2013, COSTA; ZORZI, 2007). Exemplo disso é o balanceamento de equações químicas – um dos grandes desafios no ensino e aprendizagem de Química na educação básica –, tema abordado pela primeira vez no nono ano do período escolar.

Saber realizar corretamente o balanceamento de equações químicas é basilar para adentrar campos da Química como a cinética química, a termoquímica e a estequiometria. Todavia, para alunos do nono ano do ensino fundamental estes assuntos ainda não se apoiam em nenhuma base que facilite a aprendizagem significativa dessa ciência (BRITO, 2001). Por aprendizagem significativa, conceito proposto e desenvolvido pelo psicólogo norte-americano David Paul Ausubel, entende-se como um “novo conteúdo [...] incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e [que] adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio” (PELIZZARI et al., 2002, p.38). Desse modo, não havendo conhecimentos prévios sobre o que é e como executar o balanceamento de equações químicas, a aprendizagem significativa dos alunos no ensino fundamental deve partir de atividades que lancem os pilares para construção dos mesmos.

A aprendizagem do balanceamento de equações químicas através de atividades investigativas é uma boa estratégia de ensino-aprendizagem ao contribuir para que os estudantes lidem melhor com novos conteúdos criando, assim, pilares para a construção de um conhecimento que demanda maiores abstrações (SILVA; SOUZA; CARVALHO FILHO, 2017). Ausubel chamou esses pilares de subsunçores, ou seja, os conhecimentos prévios que fundamentam a construção de novas aprendizagens de forma não mecânica. Além disso, iniciar a construção desses subsunçores partindo de atividades concretas – ou organizadores prévios, como apontado por Ausubel – rumo às ações cognitivas abstratas pode ser um bom caminho

metodológico na aprendizagem significativa, sendo isso parte da investigação dessa pesquisa.

Dessa forma, pesquisas propondo dinâmicas para orientar uma melhor aprendizagem dos conteúdos de Químicas no ensino fundamental são necessárias uma vez que este tópico ainda é pouco abordado pela literatura acadêmica cujo foco recai majoritariamente no ensino médio. O objetivo desta pesquisa foi explorar como uma sequência didática investigativa utilizando materiais manipulativos pode mediar o ensino-aprendizagem do balanceamento de equações químicas em aulas de Ciências no nono ano do ensino fundamental.

## **2 REFERENCIAIS TEÓRICOS**

### **2.1 Dificuldades no ensino de Química na educação básica**

A Química é uma ciência de enorme relevância social, razão pela qual se faz necessário seu ensino-aprendizagem na educação básica desde o Ensino Fundamental – Anos Finais (ou fundamental II). Este fato está agora consolidado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que prevê o estudo de assuntos de Química a partir do sexto ano do ensino fundamental (BRASIL, 2018).

Entretanto, a depender de qual assunto se esteja a abordar com alunos do ensino fundamental II, o ensino-aprendizagem de Química nem sempre se torna tarefa fácil para professores e alunos. Por se tratar de um primeiro contato com os conteúdos de Química, muitos estudantes se sentem desorientados com os temas discutidos nessa ciência (VERONEZ; PIAZZA, 2007). Isso, pelo menos em parte, se deve ao fato de não haver nos estudantes do ensino fundamental conhecimentos anteriores especificamente relacionados a certos ramos da Química aos quais os novos assuntos possam se conectar e, desse modo, construir sentidos (BRITO, 2001).

Sendo a Química um conteúdo introduzido no ensino fundamental II dentro da disciplina de Ciências é compreensível que os alunos praticamente não disponham de bases suficientes para ancorar os novos conhecimentos ligados àquela área, fato este que, segundo Gulacar et al. (2013) engendra dúvidas, angústias e até mesmo rejeições por aquela ciência. Assim, é momento para se criar bases sobre assuntos de Química, e a forma como isto é feito pode ser um diferencial no estabelecimento de uma aprendizagem mais eficaz. Nessa seara, Brito (2001) igualmente aponta outros entraves para o ensino-aprendizagem nas aulas de Química:

A retórica das aulas expositivas, das conclusões apressadas, sem a participação do aluno no processo de aprendizagem, é uma das principais causas responsáveis pela monotonia e pelo pouco aproveitamento das aulas de química. (BRITO, 2001, p.14)

A estequiometria está entre os campos da Química que mais despertam dúvidas e dificuldades nos estudantes (SANTOS; DA SILVA, 2013). Um dos passos fundamentais na realização de cálculos estequiométricos é balancear as equações químicas, equacionando corretamente o número de átomos nos reagentes e nos produtos. Entretanto, isto nem sempre se constitui numa habilidade adquirida pelos alunos, e sim, o que é observado é a aprendizagem mecânica de como realizar o balanceamento de equações químicas (COTES; COTUÁ, 2014).

Quanto à aprendizagem significativa do balanceamento de equações químicas alguns obstáculos se apresentam. Inicialmente, os estudantes do nono ano precisam estar familiarizados com o mínimo da linguagem da Química, com seus símbolos, seus códigos, suas formas de registro etc. (COTES; COTUÁ, 2014, COSTA; MARTINEZ; LONGHI, 2013, SANTOS; DA SILVA, 2013). Também é necessário compreender que tal conteúdo demanda muitas abstrações para captar como e o porquê tais balanceamentos se fazem necessários (VASCONCELOS; ARROIO, 2013). Da parte dos professores os desafios são tanto compreenderem as lacunas cognitivas de seus alunos referente a tal conteúdo quanto serem capazes de realizar as necessárias transposições didáticas para promover a aprendizagem significativa dos discentes (COSTA; SOUZA, 2013).

Diversos autores (CORREIA; CAMARGO; FURLANI, 2021, COTES; COTUÁ, 2014, MARTINEZ; LONGHI, 2013, COSTA; SOUZA; 2013) relataram em suas pesquisas que a estequiometria é um dos temas que mais geram dificuldades de aprendizagem de Química. Entre os motivos para tais dificuldades de aprendizagem estão as exigências de raciocínio lógico-matemático e a demanda de abstração para que se compreenda o porquê se faz necessário balancear os números de átomos nos reagentes e nos produtos (COSTA; SOUZA; 2013). Martinez e Longhi (2013) afirmam que muitos estudantes não realizam os cálculos estequiométricos porque não interpretam corretamente os enunciados, apontando problemas de natureza diversa e não apenas meras falhas na capacidade de leitura. Segundo Cotes e Cotuá (2014), mesmo que muitos alunos consigam fazer os cálculos estequiométricos solicitados, muitos não compreendem o que de fato estão realizando - ou seja, os estudantes realizam a tarefa de forma mecânica.

Costa e Souza (2013) realizaram pesquisa com alunos e professores do 2º ano do ensino médio em Belém-PA para saber o que eles pensavam sobre o ensino-aprendizagem da estequiometria, incluindo a necessidade de balancear equações químicas. A “dificuldade em matematizar” e a “falta de interesse” foram dois principais obstáculos apontados por professores como justificativa para que não obtivessem êxitos de aprendizagem por seus alunos. A pesquisa desses autores – como a maioria da literatura sobre o assunto – foi realizada com alunos do 2º ano do ensino médio, fase na qual a Química não é mais uma novidade curricular, mas que ainda assim mantém dificuldades quanto à aprendizagem de assuntos fundamentais.

Dessa forma, é preciso levar em consideração as diversas teorias de aprendizagem sobre a construção de conhecimento para traçar estratégias didático-pedagógicas que favoreçam o ensino-aprendizagem de Química – como a estequiometria e o balanceamento de equações químicas – para alunos em todos os níveis de ensino, inclusive aqueles pertencentes ao ensino fundamental II em seus primeiros contatos com tal ramo dessa ciência.

## 2.2 Teorias construtivistas sobre a construção de conhecimento

Entender como os seres humanos constroem conhecimentos é fundamental para proporcionar ações educativas no ambiente escolar. Assim, é possível selecionar melhor as estratégias didáticas, os percursos metodológicos e os instrumentos de apoio para promover as aprendizagens dos estudantes. Entre aqueles que se debruçaram em entender como as pessoas constroem conhecimentos – enfatizando-se o conhecimento escolar –, os trabalhos de Jean Piaget, Levy Vygotsky e David Ausubel são clássicos dentro das chamadas teorias (sócio)construtivistas.

Piaget – que se dedicou ao que chamou de epistemologia genética – argumentava que se constrói conhecimentos na interação entre os sujeitos e o meio externo. Ele defendia que os indivíduos são providos de estruturas mentais chamadas de esquemas (*schema*) que os permitem captar estímulos do ambiente e organizar a construção cognitiva dos conhecimentos. Além do mais, Piaget recorreu a conceitos como assimilação, acomodação, equilíbrio (MOREIRA, 1999, p.96) para explicar como ocorre a construção de tais conhecimentos. Segundo o pesquisador, ao tomar contato com um objeto este é incorporado ao esquema mental do indivíduo que deve acomodá-lo para adaptá-lo aos conhecimentos já existentes. A equilíbrio é o processo que harmoniza sistematicamente a construção de novos conhecimentos entre assimilações e acomodações.

Levy Vygotsky também foi outro importante pesquisador construtivista-interacionista. Ele defendia que a construção do conhecimento se dá em meio aos processos sociais e que a linguagem é o instrumento primordial utilizado pelos indivíduos para mediar as relações da mente com o ambiente. Além disso, é de Vygotsky o conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), definido resumidamente como a distância entre o que o indivíduo é capaz de fazer sem ajuda (o nível de desenvolvimento real) e a aquilo que o indivíduo só realiza com apoio de terceiros (o nível de desenvolvimento potencial) (VYGOTSKY, 1984).



A importância da ZDP no ambiente escolar se dá pelo fato que, ao identificar essa fase nos alunos, os professores podem traçar as estratégias didáticas e os instrumentos necessários para levar os discentes rumo ao nível de desenvolvimento real. Além disso, os trabalhos em grupo – tão comuns nas escolas – são momentos muito oportunos para construção de novos conhecimentos. Sob a perspectiva vygotskiana, o trabalho em grupo facilita atingir o nível de desenvolvimento real.

Com o conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o porquê os alunos se sentem bem nesta atividade [trabalho em grupo]: estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor. Além disso, como mostra o conceito, os alunos têm condições de se desenvolverem potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas. O trabalho em grupo sobe de status no planejamento do trabalho em sala de aula passando de uma atividade optativa do professor para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos. (CARVALHO, 2013, p.04)

Outro pesquisador socioconstrutivista renomado foi o norte-americano David Paul Ausubel cujo trabalho focou-se principalmente em como estudantes alcançam aquilo que ele chamou de “aprendizagem significativa”. Segundo trabalhos desenvolvidos por Ausubel desde os anos 1960, no ambiente escolar uma aprendizagem significativa exige pelo menos duas condições: primeiro que os estudantes tenham disposição para aprender, ou seja, estejam dispostos a se envolverem com a temática de estudo dedicando-se a compreender o conteúdo trabalhado. A segunda condição é que os novos conhecimentos devem se ligar a conhecimentos prévios estabelecidos – os chamados subsunçores (PELIZZARI et al., 2002). De acordo com Moreira (2012), o subsunçor de Ausubel é “um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos”. De forma geral, pode-se depreender que os subsunçores são conhecimentos que já figuram no cognitivo dos alunos e lhes servem de suporte para construção de novas aprendizagens (BRITO, 2001).

Ausubel distingue a aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica,

sendo esta última basicamente aquela na qual os sujeitos não estabelecem conexões com a estrutura cognitiva pré-existente – ou seja, uma aprendizagem adquirida de forma automática e não sistemática, que possivelmente não figurará na mente do sujeito por muito tempo. Para Ausubel, todavia, a aprendizagem mecânica pode prover informações que servem de base para a construção dos primeiros subsunçores das crianças, não sendo, portanto, de todo irrelevante. Conforme Moreira (1999), Ausubel recomenda que os primeiros subsunçores para conhecimentos inteiramente desconhecidos sejam providos por “organizadores prévios”.

O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. [...] Segundo o próprio Ausubel, no entanto, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”. (MOREIRA, 1999, p.155; grifo nosso).

Isto posto, as dificuldades no ensino de Química no ensino fundamental II podem ser mitigadas levando-se em consideração o que se sabe sobre como seres humanos constroem conhecimentos tendo poucos (ou nenhum) referenciais teóricos anteriores, bem como as inúmeras importantes pesquisas que visam a melhorar as metodologias no ensino de Ciências.

### **2.3 Ensino de Ciências por investigação e o uso de modelo no ensino de Química**

O ensino de Ciências por investigação tem sido uma abordagem didática muito adotada nos Estados Unidos e em países europeus como forma de remodelar os currículos e “de desenvolver entre os estudantes um entendimento sobre o que seja a investigação científica” (SASSERON, 2015, p.58). No Brasil, esse modelo de ensino também tem sido adotado – como previsto pela BNCC – como forma de prover um

ensino de Ciências que valorize a autonomia e o protagonismo dos estudantes na proposição e resolução de problemas sobre a natureza (MUNFORD; LIMA, 2007).

O ensino por investigação, segundo Sasseron (2018), é uma metodologia didática que valoriza o “conhecimento de processos” e o “raciocínio científico” dos estudantes:

Para possibilitar aos estudantes o desenvolvimento e o uso de raciocínio científico, o ensino por investigação deve considerar tais conhecimentos por meio das informações e conceitos que os estudantes já tenham trabalhado, dos problemas propostos para a investigação dos modos de interação dos estudantes com o problema e da análise que advém e se sustenta nas interações ocorridas em aula [...]. Ao transitar pelas informações por meio da investigação, construindo novos entendimentos sobre as informações que já possuem, e, por meio de análises críticas e constantes das ações, os estudantes estarão desenvolvendo práticas científicas e epistêmicas em estreita relação com o desenvolvimento do raciocínio científico. (SASSERON, 2018, p.1068-1069; grifos nossos)

No ensino por investigação é relevante que se leve em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes na construção dos novos conhecimentos, como aludido por Ausubel. Igualmente pode-se depreender que as “análises críticas e constantes das ações” (*Ibid.*) constituem manifestações da assimilação, adaptação e equilíbrio propostas por Piaget.

Dessa forma, uma maneira de tratar temas ligados à estequiometria – como o balanceamento de equações químicas – pode ser abordá-los por meio de atividades mais concretas que permitam materializar o conteúdo e construir conexões para as abstrações necessárias. Metodologias como o ensino por investigação figuram como oportunidades que auxiliam para aprendizagens significativas (CARINE et al., 2015).

Outra estratégia valorosa no ensino de Ciências é o uso de modelos científicos, considerados ferramentas notáveis em criar representações do mundo real no cognitivo dos estudantes. No caso da Química, os modelos são fundamentais uma vez que esta ciência essencialmente lida com entidades e fenômenos inacessíveis aos olhos – mesmo com as melhores tecnologias. Assim, os modelos científicos criam conexões entre as manifestações dos fenômenos naturais em nível macroscópico e

as partículas em nível submicroscópicas (SILVA; SOUZA; CARVALHO FILHO, 2017).

O artigo elaborado por Teruya e Marson (2013) focou na revisão de outras publicações que mostraram a importância dos modelos científicos na construção de “representações mentais apropriadas” pelos estudantes, pois facilitaram a visualização de fenômenos e estruturas submicroscópicas como simulações de eventos macroscópicos. Locatelli e Arroio (2017), num trabalho experimental com alunos do ensino médio, verificaram que muitos estudantes têm dificuldades em transitar entre os níveis representacionais macroscópico, submicroscópico e simbólico, e concluíram que “repensar o macro pode auxiliar na proposição de modelos explicativos nos níveis simbólico e submicro mais coerentes”.

Ribeiro et al. (2014), consideram “os modelos [...] uma forma de tornar mais ‘palpáveis’ as teorias, muitas vezes abstratas, e, com isso, facilitar no processo de aprendizagem” de Química. Por isso estes autores realizaram aulas práticas com modelos em bolinhas de isopor para o ensino de ligações químicas e de fotossíntese tendo obtido maiores êxitos na adesão e compreensão dos alunos com a atividade.

Correia, Camargo e Furlani (2021) utilizaram diferentes recursos no ensino de estequiometria e, nas dinâmicas envolvendo o balanceamento de equações químicas, os autores usaram um simulador disponível na plataforma PhET Colorado<sup>1</sup> para facilitar tal atividade e despertar maior interesse da turma pela aula. Já Fernandes e Gregório (2021) optaram por utilizar recursos digitais no ensino do balanceamento de equações químicas. Após investigarem os principais motivos de dificuldades de alunos do ensino médio em Química, construíram um jogo do tipo *quiz* para que os estudantes pudessem “aprender e treinar” sobre estequiometria e assunto correlatos, como o balanceamento das equações químicas. O jogo foi disponibilizado em 2019 no “formato de aplicativo gratuito para plataforma Android”.

Com objetivo de mediar a construção de abstrações quanto ao conteúdo de estequiometria, Santos (2013) propôs modelos para abordar o balanceamento de

---

<sup>1</sup> Disponível em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em 31 jan. 2023.

equações químicas fazendo com que fenômenos microscópicos fossem materializados na forma de modelos científicos macroscópicos. Carvalho (2013), por exemplo, apresenta a importância dos trabalhos de Piaget sobre construção do conhecimento abstrato através do concreto:

O entendimento da necessidade da passagem da ação manipulativa para ação intelectual na construção do conhecimento – aqui incluindo o conhecimento escolar – tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conteúdos e conceitos, isto é, constructos teóricos. Deste modo o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas. Nesses casos a questão ou o problema, precisa incluir um experimento, um jogo ou mesmo um texto. E a passagem da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo precisa ser feita, agora com a ajuda do professor, quando este leva o aluno, através de uma série de pequenas questões a tomar consciência de como resolveu o problema e porque ele deu certo, ou seja, de suas próprias ações. (CARVALHO, 2013, p.02; grifos nossos)

Isso posto, depreende-se que materializar as moléculas e as reações químicas com modelos manipulativos facilita a visualização do problema relacionado a equacionar os números de átomos nos reagentes e nos produtos. Nesse caso, espera-se que a “passagem da ação manipulativa para ação intelectual” (*Ibid.*, p.02) faça com que os alunos lidem melhor com o balanceamento de equações químicas, bem como desenvolvam uma aprendizagem significativa sobre este assunto.

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi de natureza qualitativa utilizando apresentação das ações e descrição de práticas adotadas por determinado grupo a partir da coleta de dados para verificação (GIL, 2010). Optou-se por realizar uma pesquisa-ação pelo fato desta permitir avaliar a teoria e a prática docente no percurso da pesquisa. Como afirmou Engel (2000, p.182) “a pesquisa-ação começou a ser implementada com a intenção de ajudar aos professores na solução de seus problemas em sala de aula, envolvendo-os na pesquisa”. Ainda, segundo este autor:

(...) os conhecimentos científicos são provisórios e dependentes do contexto histórico, os professores, como homens e mulheres da prática educacional, ao invés de serem apenas os consumidores da pesquisa realizada por outros, deveriam transformar suas próprias salas de aula em objetos de pesquisa. Neste contexto, a pesquisa-ação é o instrumento ideal para uma pesquisa relacionada à prática. (ENGEL, 2000, p.183)

Como instrumento na coleta dos dados utilizou-se do caderno de campo para registro das observações. A sequência didática investigativa foi realizada em cinco aulas numa escola pública do município de Betim-MG com quatro turmas de Ciências do nono ano do ensino fundamental – Anos Finais. Cada turma possuía uma média de 34 alunos. A sequência didática investigativa adotada foi realizada com os alunos divididos em grupos de cinco a seis indivíduos por turma. Escolheu-se a 2ª Etapa do ano letivo de 2022 para aplicar a intervenção, momento no qual os conteúdos de Química previstos no Currículo de Referência de Minas Gerais – CRMG 2018 (MINAS GERAIS, 2018) estavam previstos para serem trabalhados. Considerando o CRMG 2018, a habilidade relacionada ao balanceamento de equações químicas foi desenvolvida no contexto de trabalho dos seguintes “Direitos de Aprendizagem”, com foco no último dentre eles:

- (EF09CI02) Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.
- (EF09CI59MG) Reconhecer uma transformação química como uma transformação que envolve o rearranjo de átomos e conservação da massa.
- (EF09CI60MG) Reconhecer que os elementos químicos e o número de átomos se conservam nas transformações químicas, mas que as substâncias mudam.
- (EF09CI61MG) Compreender e interpretar equações químicas balanceadas como representações para transformações químicas mais comuns. (MINAS GERAIS, 2018, p.772 e 774)

Quando o projeto foi aplicado, os alunos já haviam estudado outros temas da Química como estrutura geral da matéria, propriedades gerais e específicas da matéria, modelos atômicos, elementos químicos, Tabela Periódica, ligações químicas, fenômenos físicos e químicos e reações químicas.

As atividades foram realizadas no Laboratório de Ciências da escola. Para realização das atividades, o professor solicitou que cada grupo providenciasse bolinhas de isopor a serem pintadas com cores que representassem diferentes

elementos químicos. Os materiais solicitados foram:

- 1 caixa de palitos de dentes;
- 10 bolinhas (25 mm) azuis para representar átomos de Hidrogênio (H)
- 10 bolinhas (25 mm) vermelhas para representar átomos de Oxigênio (O)
- 10 bolinhas (25 mm) amarelas para representar átomos de Nitrogênio (N)
- 10 bolinhas (25 mm) pretas para representar átomos de Carbono (C)
- 10 bolinhas (25 mm) verdes para representar átomos de Cloro (Cl)
- 10 bolinhas (25 mm) roxas para representar átomos de Enxofre (S)

O professor forneceu retângulos em papel A4 com os escritos “reagentes”, “produtos”, “+” e “→” para ajudar a compor as equações químicas. A intervenção ocorreu na primeira e segunda semanas de julho e constou de cinco aulas. A dinâmica da sequência investigativa seguiu os seguintes passos em cada aula, como relatado no Quadro 3.1.

**Quadro 3-1** - Ações realizadas durante cada sequência didática investigativa

PASSO	AÇÃO
Passo 1	O professor pedia que os grupos formassem com as bolinhas e os palitos as moléculas referentes à equação química a ser trabalhada naquele dia. Os alunos deveriam considerar as ligações químicas possíveis entre os átomos, como já trabalhado em aulas anteriores.
Passo 2	O professor apresentava aos grupos a reação química daquele dia na forma de uma equação química escrita na lousa e pedia aos alunos que organizassem as moléculas montadas em reagentes e produtos.
Passo 3	O professor instigava os alunos a descobrirem a(s) incongruência(s) entre o número de cada átomos nos reagentes e o número desses mesmos átomos nos produtos - ou seja, mostrar que as equações químicas estavam desbalanceadas.
Passo 4	O professor incentivava os grupos a proporem formas de equacionar o número de átomos nos reagentes e nos produtos - ou seja, balancear as equações químicas.
Passo 5	O professor pedia que cada grupo registrasse no caderno o resultado de cada tentativa do balanceamento das equações químicas para verificação do professor e discussão com os colegas.

Fonte: Elaboração do autor

Após a instrução em cada passo acima o professor averiguava as atividades

de cada grupo registrando no caderno de campo as ações e discussões. Quando alunos solicitavam intervenções, o professor só dava direcionamentos que não intervissem na investigação dos próprios discentes.

O caderno de campo serviu como instrumento para a coleta de dados, pois permitiu ao professor registrar suas considerações sobre as dúvidas, estratégias, erros e acertos dos alunos durante as atividades. Houve também o registro fotográfico das atividades. Os dados coletados foram então analisados buscando indicativos de aprendizagem significativa quanto ao balanceamento de equações químicas.

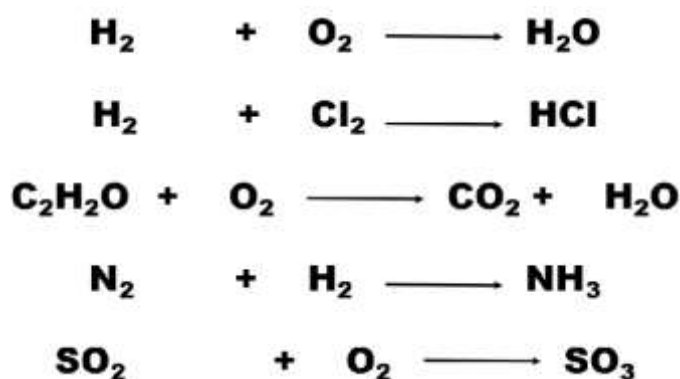
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O intuito deste trabalho foi explorar a potencialidade de uma sequência investigativa utilizando materiais manipulativos para facilitar o ensino-aprendizagem do balanceamento de equações químicas para alunos do nono ano do ensino fundamental II. As equações químicas utilizadas estão mostradas na Figura 4.1.

Na primeira aula sobre o balanceamento de equações químicas o professor escreveu na lousa a reação de formação da água e mostrou aos alunos que os números de átomos de cada elemento químico nos reagentes e nos produtos não eram os mesmos. Seguiu-se então uma discussão para que os alunos tentassem justificar o porquê de tal incongruência, porém, em nenhuma turma o professor obteve uma explicação correta. Isso já era esperado uma vez que, por nunca terem visto sobre esse assunto, os alunos não compreendiam a natureza do problema com o qual estavam lidando, bem como agir para solucioná-lo.

**Figura 4-1-** Equações químicas não balanceadas escolhidas para serem utilizadas na sequência investigativa





Fonte: De autoria própria

Assim, após a problematização inicial o professor solicitou que os grupos formassem todas as moléculas – entenda-se, modelos moleculares – a serem usadas na composição da equação da água. Nessa tarefa foram observados vários erros na construção das moléculas, principalmente quanto ao número correto de ligações químicas que os elementos químicos podiam formar (Figura 4.2); na Figura 4.2 também se observa erro na formação de uma molécula composta exclusivamente por três átomos de hidrogênio. O professor verificava as atividades dos alunos, dizendo quando tinham obtido êxito na tarefa ou informando que havia erros a serem corrigidos.

A reação química de formação da água foi escolhida como a primeira a ser desenvolvida por ser simples, se referir a um produto facilmente reconhecível e por ter um balanceamento relativamente fácil. Apesar dessa primeira atividade ter demandado uma aula inteira, foi um passo importante como momento para que os alunos percebessem a natureza dos problemas que enfrentariam nas aulas subsequentes.

Por fim, o professor fez as devidas correções com aqueles grupos que não formaram as moléculas corretamente, aproveitando o momento para revisar sobre as ligações químicas covalentes e as possibilidades de ligações permitidas para cada elemento químico.

**Figura 4-2** - Exemplo de construções de modelos moleculares inadequados, principalmente por não corresponderem ao número correto de ligações químicas entre os elementos químicos



Fonte: De autoria própria

O próximo passo foi pedir que os grupos usassem os modelos moleculares para organizar sobre as mesas a equação química em questão. Já sabendo da incongruência entre os números de átomos nos reagentes e nos produtos, os alunos tinham por tarefa resolver o problema de equacionar os elementos químicos em ambos os lados da equação. Foi observado que essa tarefa deixou a maioria dos estudantes sem saber que medidas tomar e a quantidade de erros cometidos foi enorme. Mais uma vez isso já era esperado, pois os alunos nunca haviam feito algo similar – ou seja, não tinham subsunçores sobre os quais trabalhar. Por outro lado, como alegava Vygotsky, nas discussões entre os alunos criou-se oportunidade para analisar o problema e propor soluções conjuntas, afinal, estavam todos trabalhando numa ZDP similar (CARVALHO, 2013).

O erro mais comum observado foi a ação de tentar adicionar ou remover átomos (representados pelas bolinhas) dos modelos moleculares, mudando assim a natureza das moléculas (isso que é observado na última imagem da Figura 4.2). Quando o professor informava que essa ação não era permitida muitos alunos mostraram-se frustrados e ainda mais confusos sobre como resolver o problema. Poucos grupos cogitaram construir mais modelos moleculares e adicioná-los à equação química. Não era permitido a comunicação entre os grupos para evitar que aqueles que estavam tentando realizar a tarefa simplesmente reproduzissem o resultado daqueles que conseguiram resolver o balanceamento. Nesse ponto, Carvalho (2013) nos alerta que:

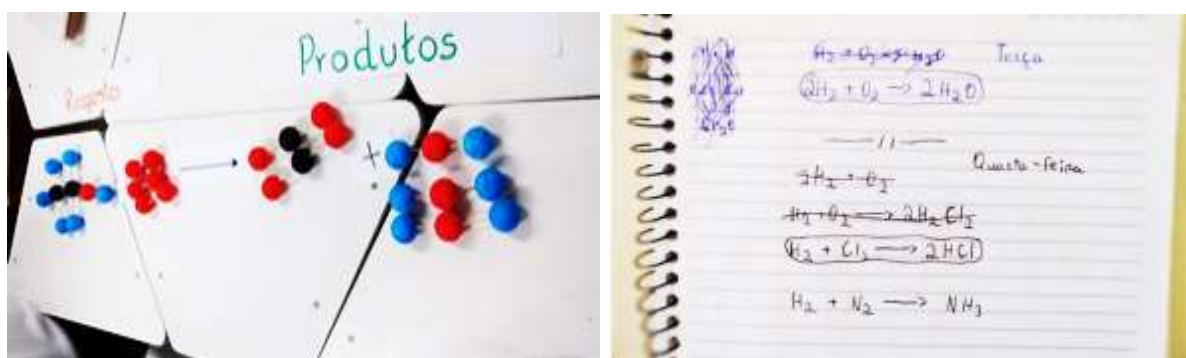
É nesta etapa da aula que o professor precisa, agora ele, tomar consciência *da importância do erro na construção de novos conhecimentos*. Essa também é uma condição piagetiana. É muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele

pensar, refazer a pergunta, deixá-lo errar, refletir sobre seu erro e depois tentar um acerto. O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno ensina mais do que muitas aulas expositivas quando um aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio. (CARVALHO, 2013, p.02; *itálico da autora*)

Realizar corretamente o balanceamento da primeira equação química foi um dos momentos mais difíceis da sequência investigativa. Poucos grupos foram capazes de compreender a natureza do problema para propor e executar uma solução aceitável; faltavam-lhes os subsunçores que subsidiassem a realização da tarefa. Seguindo a dinâmica da aula o professor solicitou que grupos que chegaram ao resultado esperado socializassem com colegas qual o raciocínio seguido por eles.

Por último, o professor pediu que os alunos registrassem o resultado da tarefa com os modelos moleculares no caderno e fizessem novamente o balanceamento da equação química. Novamente muitos estudantes ficaram confusos sobre como registrar o balanceamento das equações químicas, mesmo tendo diante deles a equação química materializada pelo modelo (exemplos disso são mostrados na Figura 4.3). Ou seja, o uso do representativo simbólico ainda é um entrave importante a ser superado no ensino de Química, tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio.

**Figura 4-3** - Representação de uma equação química balanceada com uso dos modelos e de tentativas de registro feita pelos alunos para outras equações químicas



Fonte: De autoria própria

Silva, Sgarbosa e Agostini (2016), ao usarem modelos manipulativos de bolinhas e palitos para trabalhar o balanceamento de equações químicas com alunos do ensino médio, também notaram que “simbologia química” figurava como obstáculo para os alunos. Igualmente, Locatelli e Arroio (2017) também notaram em sua

pesquisa que muitos estudantes não operam bem o nível simbólico das representações na Química, mas que ações em nível macroscópico - modelos, por exemplo - auxiliam nas transições entre os níveis representacionais.

O professor fechou a aula realizando na lousa o balanceamento da equação química da água, revisando as tarefas daquele dia e tirando dúvidas sobre o assunto. Essa dinâmica foi repetida nas quatro aulas seguintes previstas para se trabalhar outras equações químicas. À medida que outras equações químicas foram apresentadas, a forma de lidar com o assunto foi se tornando menos penoso, afinal, como aludido por Piaget, os processos de equilíbrio passaram a acomodar as novas informações para produzir novos conhecimentos. No Quadro 4.1 a seguir sumariza-se os principais desafios e dúvidas registrados no caderno de campo desta pesquisa e discutidos anteriormente.

**Quadro 4-1-** Categorização da observação da sequência investigativa

CATEGORIA	DÚVIDAS E DESAFIOS
Raciocínio	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fazer ligações incorretas na formação das moléculas.</li> <li>● Criação de moléculas anômalas do ponto de vista químico.</li> <li>● Confundem o conceito de átomos com moléculas.</li> <li>● Transpor os modelos de bolinha e palito para equações químicas escritas corretamente.</li> </ul>
Instrucional/ Comportamental	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ignoram e/ou não se atentam diversas vezes as instruções dadas pelo professor.</li> <li>● Conversas demasiadas em alguns grupos.</li> <li>● Busca por respostas em materiais de consultas (“colas”).</li> <li>● Medo em errar na construção dos modelos.</li> <li>● Má vontade em corrigir moléculas erradas e/ou equações mal balanceadas.</li> </ul>
Contextual/Eventual	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alunos que esqueciam parte do material em casa e prejudicaram a dinâmica do grupo.</li> <li>● Formação de isômeros não previstos pelos professores e que não poderiam ser usados nas reações químicas a serem simuladas.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor

Muitos dos desafios citados no Quadro 4.1 já foram observados por docentes que iniciaram os primeiros estudos da Química no ensino fundamental. Os alunos que iniciam seus estudos na Química devem dominar uma nova linguagem que nem sempre é tão intuitiva e isso deve ser levado em conta pelos professores que ensinam sob uma lógica diferente da concepção discente (MARTINEZ; LONGHI, 2013). Nesse momento, a intervenção do professor não só é bem-vinda como necessária, não colocando, portanto, em xeque a natureza de uma atividade investigativa:

Vigotsky [sic] dá muito valor ao *papel do professor* na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sócio-interacionista, mostrando este como um elaborador de questões que vão orientar seus alunos potencializando a construção de novos conhecimentos. Ao discutir a construção do conhecimento e de habilidades dentro das ZDP, isto é, a condução dos alunos da zona de desenvolvimento real para um possível desenvolvimento potencial ele volta sempre ao papel desempenhado pelo adulto – no caso de um ensino escolar do professor – mostrando a necessidade deste auxílio, pois segundo ele, o desenvolvimento consiste em um processo de aprendizagem dos usos das ferramentas intelectuais, através da interação social com outros mais experimentados no uso dessas ferramentas. (CARVALHO, 2013, p.04)

O que se observou ao fim dessa sequência investigativa foi que os trabalhos com modelos manipulativos auxiliaram na construção de uma aprendizagem significativa nos estudantes do nono ano quanto ao balanceamento de equações químicas. Muitos alunos recorreram aos conhecimentos introdutórios das aulas de Química – por exemplo, ligações químicas e Tabela Periódica – no momento de montar os modelos moleculares manipulativos. Já quanto ao balanceamento das equações químicas os grupos se mostravam mais confiantes na resolução de novos problemas e, pelas discussões observadas, o trabalho em equipe foi um diferencial em estruturar os subsunçores necessários para a resoluções dos problemas. Importante é ressaltar que, assim como os erros impulsionavam as discussões e a busca pelas soluções, os acertos funcionaram como reforços positivos que motivavam os estudantes a seguirem na execução das tarefas dadas. As atividades de balanceamento que se seguiram posteriormente à sequência investigativa apontavam alunos menos angustiados sobre como proceder na tarefa, fato este muito observado por docentes nesse tipo de aula.

Apesar disso, percebeu-se que as habilidades com representativo simbólico desses discentes ainda demandam maiores ações. Ao longo das atividades desenvolvidas na sequência investigativa também foi possível atentar para pontos de dúvidas dos alunos e de intervenção por parte do professor, possibilitando em futuras aulas ajustes de ensino para melhor aprendizagem. Segundo Vygotsky (1984) são nesses momentos em que os alunos estão na ZDP, e, portanto, a mediação docente torna-se necessária e de grande valia.

Não se pode minimizar a importância didática dos modelos manipulativos no ensino de Química na educação básica, contudo, alguns fatores devem estar sob vigilância. Os modelos científicos são recursos valiosos para se fazer e ensinar ciência, todavia, mesmo assim os alunos podem cometer equívocos conceituais ao lidar com tais recursos. Um deles é não perceber os modelos científicos como representações da realidade, ou seja, simplificações para facilitar a compreensão dos fenômenos em análise.

Outra falha é julgar erroneamente que em nível submicroscópico poucas moléculas estão envolvidas na reação química pois levam em consideração apenas a representação mostrada pelo modelo manipulativo sem fazer as abstrações necessárias. Por isso Davidowitz, Chittleborough e Murray (2010) *apud* Santos e Da Silva (2013) advertiram para tais equívocos no cognitivo discente:

(...) erros conceituais, como por exemplo, a representação de reações com apenas a quantidade estequiométrica de moléculas de cada reagente quando na realidade há várias moléculas envolvidas no meio reacional. (SANTOS; DA SILVA, 2013)

Outro ponto é notar que os modelos manipulativos de bolinhas e palito simplificam as moléculas e as remetem ao modelo atômico de Dalton, considerado obsoleto no atual estudo atômico. Uma vez que o estudo da evolução dos modelos atômicos já se inicia no nono ano do ensino fundamental, os alunos podem ficar confusos sobre porque utilizar modelos considerados ultrapassados no balanceamento de equações químicas. Tal obstáculo pode ser contornado pelos professores discutindo com os alunos sobre a natureza dos modelos científicos, bem como sua função em representar a realidade. Mais que um entrave, tal discussão pode

ser um diferencial na formulação de uma ideia de Ciência como uma construção humana.

## 5 CONCLUSÃO

Ao longo desse estudo do tipo pesquisa-ação os dados coletados permitiram esboçar um panorama sobre como alunos do ensino fundamental II constroem seus conhecimentos sobre o balanceamento de equações químicas. Essa pesquisa visou a estudar a potencialidade de uma sequência investigativa utilizando materiais manipulativos para facilitar a aprendizagem do balanceamento de equações químicas em alunos do ensino fundamental – Anos Finais. De forma similar, sabendo que tal sequência didática seria o primeiro contato entre os alunos de nono ano com tal conteúdo de Química, esperava-se igualmente que a dinâmica ajudasse a construir bases para futuros estudos nessa área dessa ciência, segundo as ideias propostas por Ausubel.

O que se observa é que os alunos aprendem melhor quando em grupos e em processo de discussão com seus pares, confirmando as ideias de Vygotsky (1984) de “que [as] mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais”. Ainda dentro das propostas vygotskianas o papel do professor como mediador foi fundamental para ajudar os estudantes a migrarem da ZDP para o nível de desenvolvimento real.

Igualmente percebeu-se que, como afirmava Piaget, novos conhecimentos emergiram à medida que os alunos lidavam com os erros ao tentarem construir as moléculas e balancear as equações químicas. Durante os chamados processos que (re)equilíbrio piagetianos os alunos estavam construindo, como proposto por Ausubel, os subsunçores sobre balanceamento das equações químicas trabalhando com os modelos manipulativos.

Certamente que apenas esta sequência investigativa não foi suficiente para criar em todos os estudantes as habilidades necessárias para lidar com o assunto trabalhado. Mas os resultados apontam que tais aulas ajudaram bastante na

construção de um referencial teórico-conceitual que costumeiramente alunos só estudam através de livros e das exposições feitas pelos professores. Espera-se que esta pesquisa contribua principalmente orientando docentes que necessitem lecionar Química básica para alunos que não disponham de conhecimentos prévios sobre o balanceamento de equações químicas.

Fato foi que o ensino de Ciências por investigação associado a recursos como modelos manipulativos contribuíram para a aprendizagem significativa de assuntos da Química, como o balanceamento de equações químicas. Não que tais recursos sejam os únicos capazes de dinamizar as aulas e promover aprendizagem, contudo, podem figurar facilmente no leque de instrumentos didático-pedagógicos dos professores de Ciências do ensino fundamental II para facilitar um tema problemático.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. MEC. Base Nacional Comum Curricular – Ensino Fundamental, v.3, 2018.

BRITO, S.L. Um ambiente multimediado para a construção do conhecimento em Química. **Química Nova na Escola**, n.14, 2001.

CARINE, B. et al. O uso de aspectos históricos das reações químicas como base para a proposição de estratégias didáticas. In: ABRAPEC (Ed.). X ENPEC. Águas de Lindóia, SP: [s.n.], 2015

CARVALHO, A.M.P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CORREIA, A.C.V.; CAMARGO, C.T.; FURLANI, J.M.S. Relato de experiência de uma regência sobre estequiometria desenvolvida no ensino médio utilizando diferentes recursos: aprendizados e dificuldades. **Com a Palavra o Professor**, Vitória da Conquista (BA), v.6, n.15, mai-ago, 2021.

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



COSTA, E. T. H.; ZORZI, M. B. Uma proposta diferenciada de ensino para o estudo da estequiometria. 2007. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2281-8.pdf>. Acesso em: 24 de agosto de 2022.

COTES, S.; COTUÁ, J. Using audience response systems during interactive lectures to promote active learning and conceptual understanding of stoichiometry. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 5, p. 673 – 677, Abril 2014.

DAVIDOWTIZ, B.; CHITTLEBOROUGH, G.; MURRAY, E. (2010). Student-generated submicro diagrams: a useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. **Chemistry Education Research and Practice**. 11, p.154-164.

ENGEL, G.I. Pesquisa-ação. **Educar**, Curitiba, n. 16, p. 181-191. 2000.

FERNANDES, R. S.; GREGÓRIO, J. R. EsteQuiz – um Jogo Didático para o Ensino de Estequiometria. **Revista Virtual Química**., 2021, 13 (3), p.769-776.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GULACAR, O. et al. A novel code system for revealing sources of students' difficulties with stoichiometry. **Chemistry Education Research and Practice**, RSC Publishing, v.14, n.4, p.507–515, julho 2013.

LOCATELLI, S.W.; ARROIO, A. Dificuldades na transição entre os níveis simbólico e submicro - repensar o macro pode auxiliar a compreender reações químicas? X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. Sevilla, 5-8 de septiembre de 2017.

MARTINEZ, M. S.; LONGHI, A. L. D. Identificación y categorización de dificultades de lectocomprensión en enunciados de problemas de lápiz y papel de estequiometría. **Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 159 – 170, Fevereiro 2013.

MINAS GERAIS. Currículo Referência de Minas Gerais. Minas Gerais, 2018. Disponível em: Disponível em: <http://www2.educacao.mg.gov.br/images/documentos/20181012%20-%20Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%Aancia%20de%20Minas%20Gerais%20vFinal.pdf> Acesso em: 03 jan. 2023.

MOREIRA, M.A. O que é afinal aprendizagem significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, **Qurriculum**, La Laguna, Espanha, 2012.

\_\_\_\_\_. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.D.U., 1999.

MUNFORD, D., LIMA, M.E.C. C.;. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? (Belo Horizonte) [online]. 2007, vol.9, n.1, pp.89-111.

RIBEIRO, R.A. et al. Modelos de bolas para estudar estequiometria e os fenômenos respiração e fotossíntese no ensino médio. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 16, n.1 - jan. 2014.

SANTOS, L. C. dos. **Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: uma proposta de ensino apoiada na modelagem**. 2013. 153 p. Dissertação (Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/16103/1/LiviaCS\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/16103/1/LiviaCS_DISSERT.pdf). Acesso em: 29 de set. de 2022.

SANTOS, L.C.; DA SILVA, M.G.L. O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. IX CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. Girona, 9-12 de set. de 2013.

SASSERON, L. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.17 n. especial, p.49-64. 2015.

SILVA, T.S.; SOUZA, J.J.N.; CARVALHO FILHO, J.R. Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.12, n..2, 2017.

SILVA, C.S.; SGARBOSA, E.C.; AGOSTINI, G. Ensino e aprendizagem de estequiometria: análise das contribuições e limitações de uma atividade com modelos moleculares desenvolvida no PIBID. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.11,n.3, 2016.

PELIZZARI, A. et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, 2002.

TERUYA, L.C.; MARSON, G.A. Visualização no ensino de química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais. **Química Nova**, Vol. 36, No. 4, 561-569, 2013.

VASCONCELOS, F.C.G.C; ARROIO, A. Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no ensino de Química. **Química Nova**, Vol. 36, No. 8, 1242-1247, 2013.

VERONEZ, K.N.S. PIAZZA, N.C.R. Estudo sobre dificuldades de alunos do ensino médio com estequiometria. Atas do VII ENPEC, Florianópolis, 2007.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.