



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA EDUCACIONAL**

**POLIANA DE SOUSA CARVALHO**

**USO DE SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO DE BALANCEAMENTO DE**  
**EQUAÇÕES QUÍMICAS NO CONTEXTO DO CONSTRUCIONISMO**  
**EDUCACIONAL**

**FORTALEZA**

**2024**

POLIANA DE SOUSA CARVALHO

USO DE SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO DE BALANCEAMENTO DE  
EQUAÇÕES QUÍMICAS NO CONTEXTO DO CONSTRUCIONISMO EDUCACIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional do Instituto Virtual da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Educacional. Área de Concentração: Ensino de Química.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana de Lima

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C327u Carvalho, Poliana de Sousa.  
Uso de Simulações Virtuais no ensino de Balanceamento de Equações Químicas no contexto do Construcionismo Educacional / Poliana de Sousa Carvalho. – 2024.  
151 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Luciana de Lima.
1. Sequência Didática. 2. Ensino de Química. 3. Tecnologia Educacional. 4. Análise Textual Discursiva. 5. Tecnodocência. I. Título.

CDD 371.33

---

POLIANA DE SOUSA CARVALHO

USO DE SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO DE BALANCEAMENTO DE  
EQUAÇÕES QUÍMICAS NO CONTEXTO DO CONSTRUCIONISMO EDUCACIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional do Instituto Virtual da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Educacional. Área de Concentração: Ensino de Química.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Luciana de Lima (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Profa. Andrea Soares Rocha da Silva  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Thiago Henrique Barnabé Corrêa  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM

Dedico esta Dissertação a minha família, em especial a minha irmã, ao meu esposo e aos meus amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter colocado esse sonho em meu coração e ter me concedido força, sabedoria e proteção ao longo dessa jornada.

Aos meus pais, Elisvaldo Braz de Carvalho e Paula Silva e Sousa por todo amor, apoio incondicional e ensinamentos que me moldaram como pessoa e profissional.

Ao meu esposo, Antônio Marcelo Silva Lopes, pela paciência, encorajamento e compreensão nos momentos de dificuldade. Sua presença foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

À minha prima e comadre, Maria Raylla de Sousa Carvalho, e seu esposo, Francisco Manoel, que me abrigaram de forma singular em sua casa na cidade de Picos-PI durante toda a caminhada até Fortaleza-CE.

À minha professora e amiga, Edneide Maria Ferreira da Silva, e toda a sua família, que abriram as portas de sua casa em Fortaleza e me acolheram como filha. Aconselharam, orientaram e contribuíram de forma ímpar para a realização deste sonho. Toda a minha gratidão à senhora e sua família.

À minha orientadora, Luciana de Lima, por sua dedicação, orientação e incentivo, que foram essenciais para a realização desta pesquisa, a senhora foi um verdadeiro anjo durante essa trajetória.

Aos meus colegas de curso, por toda partilha, em especial a Giovanna Ibiapina, Maria Engrácia e Nádia Alves, que se tornaram minhas amigas. Juntas compartilhamos dúvidas e conhecimentos. Obrigada por tornarem a caminhada mais leve.

Ao professor Gardner Arrais que sempre se colocou à disposição, me incentivou e me fez por diversas vezes, acreditar em meu potencial. Gratidão professor.

A todos os professores e funcionários do programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional por contribuírem significativamente para minha formação acadêmica e profissional.

Aos professores Dra. Andrea Soares Rocha da Silva e Dr. Thiago Henrique Barnabé Corrêa, pela excelente contribuição no desenvolvimento desta pesquisa.

À Escola Raul Sérgio e aos estudantes, por terem me acolhido e permitido a realização da pesquisa.

E a todos que contribuíram de forma direta e indireta para a realização desse sonho, em especial as minhas amigas e primas, Romária da Silva Sousa e Francisca da Silva Sousa que sempre estiveram à disposição. A todos vocês, minha eterna gratidão.

## RESUMO

O alto grau de abstração é uma das maiores dificuldades relacionadas à aprendizagem do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, especialmente quando se trata do nível submicroscópico, uma vez que o sujeito precisa identificar os átomos e moléculas da equação. Essa pesquisa justifica-se pela necessidade de desenvolver novas ações pedagógicas a partir do uso de ferramentas tecnológicas digitais. Das diversas ferramentas existentes, por ocasião das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), destacam-se as simulações virtuais, as quais têm a capacidade de simular um ambiente (natural ou artificial) no computador, facilitando a visualização e a compreensão de fenômenos. A pesquisa teve como objetivo principal avaliar a efetividade de uma abordagem de ensino sobre os conceitos de Reações Químicas a partir da aplicação de Sequência Didática pautada no Construcionismo com o uso do simulador PhET de Balanceamento de Equações Químicas. A presente pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa por mostrar características subjetivas, que não podem ser quantificadas. Foi desenvolvida com 16 estudantes de uma turma de 1o. ano do Ensino Médio em uma Escola da Rede Pública Estadual do Piauí matriculados no turno matutino. Os sujeitos da pesquisa têm faixa etária entre 15 e 18 anos participando de uma turma mista quanto ao gênero. A pesquisa é dividida em três fases: inicial, intermediária e final. Na fase inicial, foi aplicado um questionário no formato impresso composto por 37 questões personográficas e conceituais. Na fase intermediária aconteceu a aplicação da Sequência Didática com 10 intervenções sobre os conceitos do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas fazendo uso do simulador computacional PhET, com coleta de dados realizada por meio da elaboração de 10 relatórios de observação. Na fase final, foi aplicado um questionário composto por 27 questões subjetivas conceituais, semelhantes às utilizadas no questionário inicial. A análise dos dados da pesquisa ocorreu através da Análise Textual Discursiva (ATD), utilizando suas 5 etapas: unitarização, categorização, descrição, interpretação e argumentação. Os resultados obtidos permitem inferir que os estudantes, inicialmente, não tinham conhecimento sobre o conteúdo Balanceamento de Equações Químicas e os conceitos envolvidos no referido conteúdo. A Sequência Didática desenvolvida a partir da utilização do simulador computacional PhET auxiliou no processo de aprendizagem do referido conteúdo e de seus conceitos. A aprendizagem deu-se a partir do conjunto de estratégias e recursos que fazem parte de uma linguagem química assimilada. Dessa forma, foi possível concluir que a aplicação da Sequência Didática desempenhou um papel fundamental no processo de aprendizagem, principalmente

quando associada à utilização do simulador PhET, diante de uma proposta interativa de aprendizagem.

**Palavras-chave:** sequência didática; ensino de química; tecnologia educacional; análise textual discursiva; tecnodocência.

## RESÚMEN

El alto grado de abstracción es una de las mayores dificultades relacionadas con el aprendizaje del contenido de Equilibrio de Ecuaciones Químicas, especialmente cuando se trata del nivel submicroscópico, ya que el sujeto necesita identificar los átomos y moléculas de la ecuación. Esta investigación se justifica por la necesidad de desarrollar nuevas acciones pedagógicas utilizando herramientas tecnológicas digitales. De las diversas herramientas existentes, con motivo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Digitales (TDIC), destacan las simulaciones virtuales, que tienen la capacidad de simular un entorno (natural o artificial) en la computadora, facilitando la visualización y comprensión de los fenómenos. El principal objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de un enfoque de enseñanza sobre los conceptos de Reacciones Químicas basado en la aplicación de una Secuencia Didáctica basada en el Construccionismo utilizando el simulador de Equilibrio de Ecuaciones Químicas PhET. Esta investigación presenta un enfoque cualitativo al mostrar características subjetivas, que no pueden ser cuantificadas. Se desarrolló con 16 alumnos de 1° promoción. año de secundaria en una Escuela Pública Estatal de Piauí matriculados en el turno de la mañana. Los sujetos de investigación tienen entre 15 y 18 años, participando en una clase mixta. La investigación se divide en tres fases: inicial, intermedia y final. En la fase inicial se administró un cuestionario impreso compuesto por 37 preguntas personográficas y conceptuales. En la fase intermedia se aplicó la Secuencia Didáctica con 10 intervenciones sobre los conceptos del contenido Equilibrio de Ecuaciones Químicas utilizando el simulador informático PhET, realizándose la recolección de datos a través de la elaboración de 10 informes de observación. En la fase final se aplicó un cuestionario compuesto por 27 preguntas conceptuales subjetivas, similares a las utilizadas en el cuestionario inicial. El análisis de los datos de la investigación ocurrió a través del Análisis Textual Discursivo (ATD), utilizando sus 5 etapas: unitarización, categorización, descripción, interpretación y argumentación. Los resultados obtenidos permiten inferir que los estudiantes, inicialmente, no tenían conocimientos sobre el contenido de Equilibrio de Ecuaciones Químicas y los conceptos involucrados en dicho contenido. La Secuencia Didáctica desarrollada utilizando el simulador informático PhET ayudó en el proceso de aprendizaje del contenido antes mencionado y sus conceptos. El aprendizaje se produjo a partir del conjunto de estrategias y recursos que forman parte de un lenguaje químico asimilado. De esta manera, se pudo concluir que la aplicación de la Secuencia Didáctica jugó un papel fundamental en el proceso de aprendizaje, especialmente cuando se asocia al uso del simulador PhET, de cara a una propuesta de aprendizaje interactivo.

**Palabras clave:** secuencia didáctica; enseñanza de la química; tecnologías educativas; análisis textual discursivo; tecnodocencia.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tela de apresentação da simulação de balanceamento de Equações Químicas.....	43
Figura 2 – Aba “sobre” da tela de apresentação da simulação de balanceamento de Equações Químicas.....	44
Figura 3 – Tela exibida na simulação após escolha da opção “Introdução” na tela inicial.....	44
Figura 4 – Tela exibida na simulação após seleção da opção “Jogo” na tela inicial.....	46
Figura 5 – Exemplo de reação aleatória obtida ao ser selecionado o nível 1 do jogo...	46
Figura 6 – Telas possíveis apresentadas ao usuário durante ao balanceamento das equações contidas no jogo.....	47
Figura 7 – Fases da coleta de dados.....	58
Figura 8 – Parte geral da Sequência Didática.....	109
Figura 9 – Parte específica da Sequência Didática.....	112

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Faixa etária dos participantes da pesquisa.....	65
Gráfico 2	– Finalidade da utilização do celular.....	65
Gráfico 3	– Frequência da utilização de celulares.....	66
Gráfico 4	– Justificativa apresentada pelos alunos.....	67
Gráfico 5	– Dificuldades dos estudantes nos conteúdos de Química.....	68
Gráfico 6	– Autoavaliação dos estudantes sobre o que aprenderam a partir do simulador PhET.....	103
Gráfico 7	– Autoavaliação dos estudantes a respeito das dificuldades durante o balanceamento.....	105
Gráfico 8	– Autoavaliação dos estudantes a respeito da superação de suas dificuldades.....	106
Gráfico 9	– Autoavaliação dos estudantes acerca da sua dedicação durante a pesquisa.....	107
Gráfico 10	– Avaliação dos estudantes a respeito da abordagem do conteúdo a partir do simulador PhET.....	108

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Produções desenvolvidas no PPGTE.....	21
Quadro 2	– Esquema representativo da coleta de dados.....	61
Quadro 3	– Equações balanceadas pelos estudantes no nível I.....	81
Quadro 4	– Equações balanceadas pelos estudantes no nível II.....	81
Quadro 5	– Equações balanceadas pelos estudantes no nível III.....	82

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATD	Análise Textual Discursiva
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CPFD	Computational Particle Fluid Dynamics
DTAE	Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas à Educação
MS	Ministério da Saúde
PhET	Physics Education Technology
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
RTD	Reaction Decoder Tool
SD	Sequências Didáticas
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1	<b>Histórico da Autora</b> .....	16
1.2	<b>Apresentação do Problema</b> .....	17
1.3	<b>Justificativa</b> .....	18
1.4	<b>Trabalhos desenvolvidos no Programa de Pós-graduação em Tecnologia Educacional (PPGTE)</b> .....	21
1.5	<b>Descrição da obra</b> .....	22
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	23
2.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	23
2.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	23
3	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	24
3.1	<b>Construcionismo e Tecnodocência</b> .....	24
3.1.1	<i>Papel do professor no Construcionismo</i> .....	28
3.2	<b>Balanceamento de Equações Químicas</b> .....	29
3.2.1	<i>Compreendendo conceitos fundamentais sobre o balanceamento de equações químicas</i> .....	31
3.2.2	<i>Dificuldades de aprendizagem da grandeza mol e massa molar no Balanceamento de Equações Químicas</i> .....	34
3.3.3	<i>Evolução histórica do ensino de balanceamento de equações químicas</i> .....	35
3.2.4	<i>Relevância do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas para a Química Básica</i> .....	37
3.3	<b>Ensino de balanceamento de equações químicas a partir de softwares de simulação computacional</b> .....	38
3.4	<b>Simulações Interativas PhET</b> .....	40
3.4.1	<i>Breve histórico e características do projeto PhET</i> .....	40
3.4.2	<b>Balanceamento de Equações Químicas a partir da simulação PhET</b> .....	42
3.5	<b>Sequências Didáticas: Ensino de Balanceamento de equações Químicas através da sim PhET</b> .....	51
3.5.1	<i>Metodologias Ativas e Sequências Didáticas</i> .....	51
3.5.2	<i>Sequências Didáticas que utilizam a simulação interativa PhET para o ensino de Balanceamento de Equações Químicas</i> .....	52
4	<b>METODOLOGIA</b> .....	55

4.1	<b>Delineamento e tipo de pesquisa</b> .....	55
4.2	<b>Caracterização dos sujeitos da pesquisa</b> .....	56
4.3	<b>Contextualização do Locus da pesquisa</b> .....	57
4.4	<b>Coleta de Dados</b> .....	58
4.5	<b>Análise dos Dados</b> .....	62
4.6	<b>Aspectos Éticos e Legais da pesquisa</b> .....	63
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	64
5.1	<b>Perfil dos Sujeitos</b> .....	64
5.1.1	<i>Dados pessoais</i> .....	64
5.1.2	<i>Dados tecnológicos digitais</i> .....	65
5.1.3	<i>Dados tecnológicos específicos</i> .....	67
5.2	<b>Questionário Inicial</b> .....	69
5.2.1	<i>Resultados da Categoria 1 – Conceitos Fundamentais</i> .....	69
5.2.2	<i>Resultados da Categoria 2 – Equações Químicas</i> .....	72
5.2.3	<i>Resultados da Categoria 3 – Balanceamento de Equações Químicas</i> .....	76
5.3	<b>Sequência Didática</b> .....	79
5.3.1	<i>Descrição das Intervenções</i> .....	80
5.3.1.1	Intervenções 1 a 3.....	80
5.3.1.2	Intervenções 4 e 5.....	80
5.3.1.3	Intervenções 6 e 7.....	81
5.3.1.4	Intervenções 8 e 9.....	81
5.3.1.5	Intervenção 10 – Socialização.....	82
5.3.2	<i>Resultado SD – Categoria 1 – Conceitos Fundamentais</i> .....	82
5.2.3	<i>Resultado SD – Categoria 2 – Equações Químicas</i> .....	86
5.2.4	<i>Resultado SD – Categoria 3 – Balanceamento de Equações Químicas</i> .....	90
5.4	<b>Questionário Final</b> .....	93
5.4.1	<i>Resultados da Categoria 1 – Conceitos Fundamentais</i> .....	93
5.4.2	<i>Resultados da Categoria 2 – Equações Químicas</i> .....	97
5.4.3	<i>Resultados da Categoria 3 – Balanceamento de Equações Químicas</i> .....	101
5.5	<b>Questionário de Autoavaliação</b> .....	102
5.5.1	<i>Aprendizagem</i> .....	103
5.5.2	<i>Dificuldades</i> .....	
..		104

5.5.3	<i>Superação</i> .....	105
	..	
5.5.4	<i>Dedicação</i> .....	107
	.	
5.5.5	<i>Aprovação</i> .....	108
6	<b>O PRODUTO</b> .....	109
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	115
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	119
	<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO INICIAL</b> .....	129
	<b>APÊNDICE B - RELATÓRIO DE PESQUISA</b> .....	135
	<b>APÊNDICE C - RELATÓRIO DE OBSERVAÇÃO</b> .....	137
	<b>APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO FINAL</b> .....	138
	<b>APÊNDICE E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)</b> .....	143
	<b>APÊNDICE F - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)</b> .....	145
	<b>ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</b> .....	147

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introdutório tem como objetivo apresentar a pesquisa que resultou na escrita desta dissertação, fruto do Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional da Universidade Federal do Ceará (PPGTE/UFC). Para isso, faz-se necessário indicar em que a investigação se sustenta e como ela pode contribuir com novas discussões e pesquisas sobre a temática abordada ao longo desta escrita.

### 1.1 Histórico da Autora

O ensino da disciplina de Química no Ensino Médio é cercado de desafios devido à predominância do método tradicional de ensino cujos recursos limitam-se, geralmente, à quadro branco, pincel e livro didático. Uma alternativa que pode facilitar o processo de ensino e aprendizagem de Química no Ensino Médio é a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), tema de interesse da pesquisadora.

Esse interesse surgiu ainda na graduação, uma vez que a autora, hoje licenciada em Educação do Campo/Ciências da Natureza pela Universidade Federal do Piauí - *Campus* Senador Helvídio Nunes de Barros, não teve disciplinas voltadas à utilização de tecnologias digitais em sala de aula. O curso ofereceu, de forma optativa, uma única disciplina relacionada à informática, o que colocou os alunos a terem que escolher entre cursar uma disciplina relacionada a seu conhecimento específico ou sobre tecnologias digitais. Diante disso, fica evidente que a autora passou pelo processo de formação desvinculada da utilização de TICs em contexto de docência.

Em 2019, ainda na graduação, a pesquisadora foi aprovada em um teste seletivo realizado pela Secretaria Estadual de Educação do Piauí ministrando assim a disciplina de Química na escola em que, anos atrás, havia cursado o Ensino Médio. Ao retornar como docente, percebeu que a escola que pouco utiliza tecnologias digitais para facilitar o ensino de Química durante seu Ensino Médio, apresentava praticamente a mesma realidade. A situação provocou então a seguinte reflexão: “Como as tecnologias estão tão presentes no dia a dia das pessoas, mas permanecem tão distantes no ambiente escolar?”.

Tendo identificado a necessidade de urgência de se trabalhar com TICs visando garantir uma aprendizagem de Química de qualidade aos estudantes, a pesquisadora fez uso do software de simulação computacional PhET (Physics Education Technology), que conheceu a partir de uma defesa de Trabalho de Conclusão de Curso que havia assistido. Após alguns testes na

ferramenta, a autora aplicou o software em três turmas de terceiro ano em que lecionava juntamente com um questionário avaliativo aos estudantes após a utilização das simulações, o que resultou na escrita de um artigo que apontou resultados relevantes tanto sobre as dificuldades dos alunos no conteúdo, quanto suas dificuldades em manusear um computador.

A partir dessa experiência, a autora buscou conhecer cada vez mais metodologias que facilitem o ensino de Química. Nesse processo, fez uma pós-graduação *lato sensu* em Metodologia do Ensino de Química pela Faculdade Venda Nova do Imigrante - FAVENI. Na busca de se aprofundar cada vez mais na utilização de TICs para o ensino desta ciência, a autora participou do processo de seleção para a pós-graduação *stricto sensu* no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional pela Universidade Federal do Ceará (PPGTE/UFC), cuja aprovação culminou no presente texto de qualificação de mestrado.

## 1.2 Apresentação do Problema

No Ensino Médio, o processo de Balanceamento de Equações Químicas é relevante para a aprendizagem de Química e envolve aspectos próprios de sua linguagem, uma vez que as Reações Químicas são representadas em três níveis básicos de conhecimento: a) o descritivo e funcional (macroscópico), que está relacionado a fenômenos que podem ser observados e descritos, sendo perceptíveis aos sentidos humanos; b) o simbólico (representacional) que relaciona-se à representação das entidades elementares através de fórmulas e equações matemáticas; e, c) o submicroscópico (explicativo) que relaciona-se às interações atômico-moleculares (Johnstone, 1993; Duarte, 2021).

Essa organização do conhecimento químico torna o processo de aprendizagem desafiador, pois, segundo Johnstone (1993), a aprendizagem só acontece se o sujeito conseguir transitar entre os três níveis do conhecimento, sendo o alto grau de abstração uma das maiores dificuldades relacionadas à aprendizagem do conteúdo em questão, especialmente quando se trata do nível submicroscópico, uma vez que o sujeito precisa identificar os átomos e moléculas da equação (Silva; Sgarbosa; Agostini, 2016).

Diante do exposto, Piedade *et al.* (2016) consideram a ausência da visão submicroscópica um fator que contribui significativamente para os problemas de compreensão do Balanceamento de Equações Químicas, visto que o estudante não consegue, na grande maioria das vezes, visualizar a estrutura atômica presente nas Equações Químicas, corroborando para dificultar a assimilação dos conceitos envolvidos. Consoante a isso, Veronez e Piazza (2007) ressaltam que alguns estudantes até conseguem identificar a quantidade de

átomos de um elemento químico e suas fórmulas, no entanto, não são capazes de entender o significado desses métodos, enfatizando assim, que não conseguem interpretar em nível submicroscópico, ou seja, não conseguem entender aquilo que não diz respeito ao nível macroscópico, facilmente visível.

Destaca-se também que, nas escolas, ainda é comum a existência de aulas tradicionais baseadas apenas na utilização de livros didáticos, aulas expositivas através de quadro branco e resolução de exercícios, o que promove o desinteresse do conteúdo por parte dos alunos, uma vez que não apresentam relação com o seu cotidiano (Cunha, 2012; Cedran *et al.*, 2020; Dressler; Robaina, 2012; Mazzali, 2014). A predominância da utilização do método tradicional de ensino no conteúdo Balanceamento de Equações Químicas pode estar relacionada a aspectos que limitam a utilização de outras ferramentas de ensino, tais como recursos baseados nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), bem como pela falta de formação docente para lidar com esse tipo de tecnologia.

Nessa perspectiva, Martins *et al.* (2020) enfatizam que algumas escolas enfrentam dificuldades relacionadas aos recursos necessários para a utilização dessas ferramentas, sendo as mais acentuadas: a ausência de internet, a carência de equipamentos como computadores e a falta de informações adequadas sobre a utilização desses recursos tecnológicos no ensino. Em concordância, Bertusso *et al.* (2020), atribuem a dificuldade da utilização de tecnologias digitais à ausência de estímulo, suporte e infraestrutura adequados nas instituições de Educação Básica.

Diante da problemática exposta, é preciso pensar em alternativas aos métodos tradicionais de ensino, como, por exemplo, o uso de TICs, visando reduzir o grau de abstração durante o balanceamento de equações químicas, bem como motivar os estudantes, facilitando assim a aprendizagem do referido conteúdo.

### 1.3 Justificativa

O Ensino de Química é comumente associado a termos como “abstração” e “complexidade”. O que justifica essa associação é a forma como a disciplina está estruturada e ao recorrente uso de métodos de ensino que exigem a memorização de fórmulas e informações. Isso tem contribuído para a construção de uma disciplina limitada, pouco estimulante e pouco capaz de tornar o aluno ativo no seu processo de aprendizagem (Santos *et al.*, 2013).

A complexidade relacionada aos conteúdos que compõem o currículo da Química é proporcional ao grau de abstração dos conteúdos. O conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas por exemplo, tem um grau de abstração intrínseco, que pode ser

atribuído ao fato de que as Reações Químicas que são envolvidas nas transformações da matéria ocorrem a nível atômico, o que faz com que sejam representadas por equações matemáticas, que, em conformidade com algumas Leis da Química vigentes visa estabelecer relações de proporção, conservação e/ou composição da matéria durante as reações (Fêmina *et al.*, 2021).

Uma forma de minimizar a complexidade atrelada ao ensino do conteúdo em questão é pautar a atividade docente na Tecnodocência, isto é, desenvolver uma prática docente integrada às TDICs baseada nos modelos de inter e transdisciplinaridade, considerando-se os conhecimentos prévios tanto de professores quanto de estudantes com vistas ao desenvolvimento de uma reflexão crítica a respeito dos processos de ensino, aprendizagem e avaliação. Um dos princípios da Tecnodocência baseia-se no desenvolvimento de novas ações pedagógicas, que sejam capazes de ampliar o aspecto didático-metodológico do docente, frente à ruptura de aulas simplesmente expositivas (Lima; Loureiro, 2019).

Assim, baseando-se na Tecnodocência, pode-se desenvolver essas novas ações pedagógicas a partir do uso de ferramentas tecnológicas, uma vez que “a docência como ato e como teoria está integrada, assimilada e unificada com os artefatos e processos tecnológicos” (Lima; Loureiro, 2019, p. 151). Das diversas ferramentas existentes, por ocasião das TDICs, destacam-se as simulações virtuais, as quais têm a capacidade de simular um ambiente (natural ou artificial) no computador, facilitando a visualização e compreensão de fenômenos, especialmente aqueles envolvidos a nível submicroscópico. Nesse contexto, as simulações interativas PhET apresentam-se com grande potencial, devido à capacidade de, entre outros aspectos, permitir a visualização de átomos e moléculas em escala macroscópica (Mendes; Santana; Pessoa Júnior, 2015).

Dutra (2017) concorda que a utilização de simulações pode apresentar vantagens no processo de ensino, mas esse resultado está diretamente vinculado à maneira como a atividade é planejada. Para a autora, as atividades precisam ser preparadas de maneira que incentivem os alunos a pensarem, observarem e refletirem acerca do conteúdo estudado. Dessa maneira, tornam-se bons instrumentos de aprendizagem. Uma proposta para tornar o simulador PhET um instrumento que seja capaz de auxiliar o processo de aprendizagem do conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas é a utilização de Sequências Didáticas, uma vez que este tipo de atividade, além de ser planejada, bem estruturada, possuir objetivos claros e bem delimitados, promove o trabalho de conteúdos curriculares de forma integrada para melhorar a dinâmica do processo de ensino e aprendizagem (Zabala, 1998; Oliveira, 2013).

Apesar das grandes vantagens da utilização do simulador PhET, é importante ressaltar que o *software* “não explora os conteúdos experimentais em sua totalidade, é preciso que o

professor estruture sua aula com os conteúdos que serão estudados e ampliem as discussões em sala de aula (presencial ou virtual) com outros recursos” (Lira, 2022, p.66). Nessa mesma perspectiva, Piedade *et al.* (2016) aponta que o PhET não é robusto suficiente para dispensar o professor no ensino do referido conteúdo e que o sucesso no ensino do balanceamento de equações continua a depender do grau de familiaridade do professor com as tecnologias emergentes.

A escolha de uma Sequência Didática está diretamente relacionada a suas características, tais como: estimular o trabalho em equipe, melhorar a capacidade de observação e contribuir para a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Além disso, quando relacionadas à utilização de *softwares* são consideradas metodologias que possibilitam melhorias na recuperação de conteúdos considerados complexos e abstratos, ajudando na superação de dificuldades no processo de aprendizagem (Lemos; Kaiber, 2019; Borges, 2019).

Visando maximizar o desempenho dos alunos no processo de aprendizagem do conteúdo em discussão, entende-se que é fundamental o desenvolvimento de uma Sequência Didática pautada na teoria do construcionismo educacional proposto por Seymour Papert, em que o estudante é colocado como protagonista em seu processo de aprendizagem. Conforme essa teoria, o aluno atua como construtor do seu conhecimento, podendo refletir acerca do que precisa fazer para tal, o que possibilita aos alunos aprenderem fazendo, planejando, discutindo, construindo, desconstruindo e avaliando os erros de seu processo (Barreto *et al.*, 2017; Papert, 2008).

Nessa condição, tendo como base a relevância do conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas, bem como a dificuldade de aprendizagem associada a este, esta pesquisa propõe o desenvolvimento de uma Sequência Didática que trabalhe o tema através da utilização do projeto de simulações interativas PhET pautada na teoria do construcionismo educacional de Papert, levando-se em consideração os desafios que perpassam o ensino de Reações Químicas e Balanceamento de Equações Químicas, tendo como questão norteadora: “De que forma a utilização da simulação de Balanceamento de Equações Químicas PhET a partir do desenvolvimento de uma Sequência Didática pautada no Construcionismo, pode contribuir para a aprendizagem dos conceitos de Reações Químicas?”.

Pretende-se responder essa questão de pesquisa a partir da incorporação entre Tecnodocência e Construcionismo almejando criar um ambiente de aprendizagem capaz de levar os alunos a explorar e experimentar ideias, mobilizando-os à construção do conhecimento por meio da utilização de simulador digital. A prática docente integralizada ao uso das TDICs

pode, além de fornecer aos alunos acesso a uma ampla gama de recursos e ferramentas, promover uma aprendizagem crítica, reflexiva e transformadora, enquanto as atividades de aprendizagem construcionista podem ajudar os alunos a se envolverem ativamente com a tecnologia digital e a construir sua própria compreensão de como ela funciona e como pode ser usada, contribuindo assim para a aprendizagem mais significativa do conteúdo em questão.

#### 1.4 Trabalhos desenvolvidos no Programa de Pós-graduação em Tecnologia Educacional (PPGTE)

Durante o percurso do Mestrado, alguns trabalhos serviram como base para o aprimoramento da pesquisa, bem como para o enriquecimento acadêmico (Quadro 1).

Quadro 1 – Produções desenvolvidas no PPGTE

Nº	TÍTULO	REVISTA	STATUS
1	Utilização de softwares de simulações computacionais para o ensino de estequiometria: uma revisão sistemática	Revista Educar Mais IFSUL (2237-9185)	Publicado/2023
2	Análise de Material Autoral Digital Educacional a partir da Interdisciplinaridade	Capítulo no livro Tecnologia Digital Teoria e Prática - Editora CRV (978-65-251-5850-1)	Publicado/2023
3	Análise de material autorial digital educacional a partir da abordagem de aprendizagem baseada em projetos	Ensino e Tecnologia em Revista (2594-3901)	Em avaliação/2024
4	Dificuldades conceituais de estudantes do Ensino Médio em Relação ao Balanceamento de Equações Químicas	Revista Educacional Interdisciplinar (2594-4576)	Em avaliação/2024

Fonte: Autoria própria (2024).

Nesse contexto, como forma de divulgar os resultados iniciais da pesquisa desenvolveram-se dois artigos, o primeiro intitulado “Dificuldades conceituais de estudantes do Ensino Médio em Relação ao Balanceamento de Equações Químicas” que se encontra em processo de avaliação na Revista Educacional Interdisciplinar. O segundo intitulado “Sequência Didática: ensino de Balanceamento de Equações Químicas” utilizando simulação interativa PhET; o trabalho encontra-se em fase de ajustes para submissão no presente ano.

Vale ressaltar também, que a pesquisadora participa do Grupo de Pesquisa Tecnodocência: Integração entre Docência e Tecnologias Digitais. O grupo reúne pesquisadores e estudantes interessados na problemática da integração entre tecnologias digitais e docência no contexto teórico e prático da formação de professores e da aprendizagem de

alunos da Educação Básica. Os estudos situam-se a partir de teorias contemporâneas pautadas em propostas de transformações paradigmáticas e de modelos epistemológicos no contexto da Teoria da Aprendizagem Significativa, do Construcionismo, da Interdisciplinaridade, da Transdisciplinaridade, da fundamentação Filosófica e Epistemológica das ações de formação docente e em suas inter-relações. O grupo investiga propostas didático-metodológicas para a integração entre docência e tecnologias digitais na formação de professores e em estudos sobre o desenvolvimento da aprendizagem de alunos da Educação Básica a partir de diferentes conteúdos abordados na matriz curricular das escolas brasileiras, perfil em que se encontra este trabalho, uma vez que foi realizado com estudantes do Ensino Médio na disciplina de Química. O grupo iniciou em 2016 e tem como líder a professora Dra. Luciana de Lima. Trabalha em parceria com professores do Instituto Universidade Virtual da Universidade Federal do Ceará. Para ter acesso às informações do grupo é necessário entrar no endereço <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/1178600575812717>.

### 1.5 Descrição da obra

No capítulo dois, é apresentado o objetivo geral da pesquisa, assim como os objetivos específicos propostos. No capítulo três, é apresentada a fundamentação teórica da pesquisa, subdividida em 5 etapas: 3.1 Construcionismo e Tecnodocência; 3.2 Balanceamento de Equações Químicas; 3.3 Ensino de Balanceamento de Equações Químicas a partir de *Softwares* de simulação computacional; 3.4 Simulação interativa PhET e 3.5 Sequências Didáticas: ensino de Balanceamento de Equações Químicas através da *sim* PhET. Durante a escrita, baseou-se em autores como Lima e Loureiro (2019) para fundamentar as ideias da Tecnodocência, Papert (2008) para o Construcionismo, Zabala (1998) para a Sequência Didática e Atkins, Jones e Laverman (2018) para abordar os conceitos Químicos.

No capítulo quatro, é apresentado o percurso metodológico traçado para alcançar os objetivos desta pesquisa. Este capítulo explicita o delineamento e tipo de pesquisa, a caracterização dos sujeitos, o *locus* da pesquisa, as técnicas de coleta e análise dos dados, assim como os aspectos éticos e legais da pesquisa. No capítulo 5 são abordados os resultados e discussões da presente pesquisa que foram obtidos através da Análise Textual Discursiva (ATD). No capítulo seis é apresentado o produto educacional e por fim, as considerações finais da pesquisa, no sétimo capítulo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a efetividade de uma abordagem de ensino sobre os conceitos de Reações Químicas a partir da aplicação de Sequência Didática pautada no Construcionismo com o uso do simulador PhET de Balanceamento de Equações Químicas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Verificar quais são os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio sobre os conceitos de Reação Química e Balanceamento de Equações Químicas;
- Identificar quais são as compreensões conceituais e procedimentais sobre Reação Química que os alunos do Ensino Médio apresentam quando utilizam simulador de Balanceamento de Equações Químicas durante a execução de Sequência Didática;
- Comparar os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio com os conhecimentos a posteriori sobre os conceitos de Reação Química e Balanceamento de Equações Químicas.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O objetivo deste capítulo teórico é aprofundar a discussão sobre os principais temas abordados na pesquisa, com o intuito de identificar os aspectos relevantes dessas temáticas de acordo com alguns teóricos. Para isso, a seção foi dividida em cinco partes, a saber: 3.1 Construcionismo e Tecnodocência; 3.2 Balanceamento de Equações Químicas; 3.3 Ensino de Balanceamento de Equações Químicas a partir de *Softwares* de simulação computacional; 3.4 Simulação interativa PhET e 3.5 Sequências Didáticas: ensino de Balanceamento de Equações Químicas através da *sim* PhET.

#### 3.1 Construcionismo e Tecnodocência

A ideia de Construcionismo de Seymour Papert surgiu a partir da teoria do construtivismo de Jean Piaget. Os dois acreditavam que o conhecimento é construído pela criança no processo ativo de interagir com o mundo circundante, todavia, diferem pelo fato de no construtivismo a atenção estar voltada para as habilidades das crianças em diferentes estágios, sendo: sensório motor; pré-operatório; operatório concreto e operatório formal. Papert concorda com a distribuição dos estágios, mas compreende que os estágios operatórios concretos e operatórios formais sempre estão presentes nos sujeitos, mesmo quando chegam à idade adulta. Diferentemente de Piaget que compreende que uma vez alcançado o estágio operatório formal, o sujeito jamais voltará ao estágio anterior, denominado de operatório concreto (Silveira, 2016).

O construcionismo é, então, definido por Papert como a forma de “produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino” (Papert, 2008, p.134). O conceito proposto por ele é simplificado através do seguinte provérbio: “se um homem tem fome, você pode dar-lhe um peixe, mas é melhor dar-lhe uma vara e ensiná-lo a pescar” (Papert, 2008, p. 134). Essa frase remete à ideia do construcionismo pelo fato de Papert acreditar que a aprendizagem não pode ser “entregue” a alguém, mas que o sujeito deve buscar seu próprio conhecimento a partir daquilo que lhe seja interessante. A comparação com a pesca, reforça a ideia central do construcionismo, a necessidade de não apenas dominar as técnicas de pesca, mas se dispor de bons instrumentos para alcançar os objetivos pretendidos, pois eles fornecem ao sujeito certo poder de atuação sobre um objeto.

Segundo Valente (1993, p.40), Papert utiliza o termo construção de conhecimento pelo sujeito, para caracterizar

[...] um outro nível de construção do conhecimento: a construção do conhecimento que acontece quando o aluno elabora um objeto de seu interesse, como uma obra de arte, um relato de experiência ou um programa de computador (VALENTE, 1993, p. 40).

Nesse sentido Papert (2008), compreende que a aprendizagem é mais eficaz quando os alunos constroem seu próprio conhecimento por meio da experimentação, exploração e reflexão crítica. Dessa maneira, a educação seria um processo ativo e participativo, no qual o aluno desenvolveria papel de protagonista de sua própria aprendizagem. Nessa perspectiva, a tecnologia digital pode ser uma ferramenta relevante para facilitar o processo de construção do conhecimento, uma vez que pode proporcionar novidades na produção da aprendizagem científica e melhorar o aperfeiçoamento e criatividade dos estudantes em seu processo de aprendizagem (Silva; Kalhil, 2018).

Essas tecnologias fazem parte dos pilares da teoria Construcionista, uma vez que Papert propõe

a criação de ambientes mais ativos, onde o aluno tenha a possibilidade de experimentar, simular e testar suas ideias, concretas ou abstratas. Esses ambientes dariam ao aluno o poder de criar, modificar e interagir com objetos educativos. Papert percebeu que os computadores, recém desenvolvidos, poderiam viabilizar suas idealizações, proporcionando às pessoas um aprendizado muito mais eficiente, significativo e dinâmico (Flor; Ribeiro, 2020, p. 164).

Em concordância, Machado e Rodrigues (2020), compreendem que as tecnologias digitais se configuram em ferramentas relevantes para o diálogo entre professor e aluno por possibilitarem a troca de informações e permitirem a interação entre os indivíduos. Dessa maneira é possível ampliar a possibilidade de aprendizagem através da criação conjunta do conhecimento. Por compreender a importância da tecnologia digital no processo de ensino e aprendizagem, Papert (2008) desenvolveu uma linguagem de programação denominada Logo, projetada para que as crianças pudessem aprender a codificar enquanto criavam suas próprias animações e jogos. Segundo o autor, a programação é uma ferramenta poderosa para desenvolver o pensamento crítico e as habilidades de resolução de problemas, além de estimular a criatividade e a imaginação.

A partir do estímulo na resolução de problemas, o estudante passa a ser ativo em seu processo de aprendizagem, dessa forma, o professor assume papel de mediador e o aluno ganha autonomia para aprender a partir de suas reflexões. Papert (2008) pauta suas ideias em duas premissas básicas, sendo elas: a) Constatação 1 - Todas as crianças podem aprender a programar tornando um de seus feitos intelectuais mais avançados; e; b) Constatação 2 - As condições necessárias para um bom relacionamento entre crianças e computadores requerem mais contato

e acesso livre entre eles, requerem um computador diferente, uma linguagem diferente e outra cultura computacional (Mota, 2014). Segundo Mota (2014), Papert propôs, ainda, as cinco dimensões do construcionismo, a saber:

- a) Pragmática - Conhecer algo novo para utilizar agora e não no futuro distante;
- b) Sintônica - Sintonia entre aprendizagem, desejo e aptidões do aprendiz; proporciona importância e interesse do aprendiz;
- c) Sintática - Acessar e manipular os elementos do ambiente a partir da criação de situações e processos de acordo com suas necessidades intelectuais e cognitivas;
- d) Semântica - Manipular situações que carregam sentido individual e significado social para o aprendiz;
- e) Social - Integração da atividade com a dimensão social e cultural do aprendiz.

Sobre as dimensões construcionista, Pszyblyski, Motta e Kalinke (2020), apontam que quando articuladas, podem proporcionar melhorias na produção de conhecimento dos sujeitos. Isso acontece, devido à aceitação dos interesses, conhecimentos prévios e postura dos estudantes diante a realidade social e cultural. Em se tratando de conhecimentos prévios, faz-se necessário destacar que estes também são abordados na Tecnodocência, segundo Lima e Loureiro (2019), sendo elementos fundamentais para iniciar o processo de ensino, aprendizagem e avaliação. Segundo os autores, é importante considerar os conhecimentos prévios tanto dos discentes quanto dos docentes, pois ambos são aprendizes. A Tecnodocência, surge a partir da integração entre tecnologia e docência e é definida por Lima e Loureiro (2019, p. 141) como:

[...] a integração entre TDICs e docência com base epistemológica nos modelos interdisciplinares e transdisciplinares, por meio da utilização dos conhecimentos prévios dos docentes e discentes para o desenvolvimento de uma reflexão crítica sobre os processos de ensino, aprendizagem e avaliação (Lima; Loureiro, 2019, p. 141).

O termo “integração” entre tecnologia e docência é utilizado na Tecnodocência com o intuito de enfatizar que seu objetivo não é apenas juntar TDICs e Docência, mas transformar a forma como o professor trabalha com as TDICs a partir da interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Para Lima e Loureiro (2019), a transdisciplinaridade tem como objetivo primordial a resolução de problemas e a compreensão de fenômenos a partir de diferentes

disciplinas, saberes e linguagens, enquanto a interdisciplinaridade se baseia na comunicação entre professores e na resistência entre as instituições sociais.

Além de proporcionar reflexões críticas acerca dos processos de ensino, aprendizagem e avaliação, a Tecnodocência propõe dez princípios norteadores, com o objetivo de alicerçar suas ideias, sendo eles:

- i. O professor também é um aprendiz, o que modifica as relações de poder entre docentes e discentes e são estabelecidas relações de cooperação;
- ii. Os sujeitos do processo de ensino-aprendizagem são colocados como parceiros, uma vez que estes atuam em conjunto na prática de ensino;
- iii. O conhecimento deve ser produzido e não apenas reproduzido de maneira mecânica;
- iv. É preciso valorizar e utilizar os conhecimentos prévios dos estudantes na construção de novas aprendizagens;
- v. É necessária a integração dos conhecimentos pautados em modelos inter e transdisciplinares;
- vi. A prática docente deve ser fundamentada pelo professor;
- vii. As técnicas e metodologias de ensino devem ser flexíveis;
- viii. O aprendiz deve ser um desenvolvedor de produtos e processos científicos; a construção do conhecimento sugere que a Tecnodocência esteja pautada na ação de ensinar;
- ix. A docência se transforma com a transformação das TDICs, uma vez que estas podem proporcionar novas ações pedagógicas;
- x. As TDICs podem ser modificadas a partir das necessidades dos professores e se transformam com a integração à docência (Lima; Loureiro, 2019).

A partir da análise dos princípios norteadores da Tecnodocência, percebe-se que além da integração entre TDICs e Docência, aborda vários outros pontos relevantes para o processo de ensino, aprendizagem e avaliação. Pode-se destacar a relação entre discente e docentes, que passa a ser compreendida como uma relação de parceria, o aprendiz não é entendido como um sujeito passivo, mas passa a ser compreendido como aquele capaz de desenvolver produtos e processos, tornando-se um sujeito ativo no seu processo de aprendizagem.

Outro aspecto relevante abordado pela Tecnodocência é a presença de mudanças na teoria e na prática docente, uma vez que acontece a integração entre TDICs e Docência. No entanto, Lima e Loureiro (2019), enfatizam que não é possível ocorrer modificações efetivas devido às burocracias e ações governamentais dentro das instituições, uma vez que as

transformações acontecem dentro de padrões pré-definidos que não promovem mudanças aos docentes e não contribuem para a construção da apropriação crítica. Segundo os autores, para que os docentes consigam se incluir nas exigências da sociedade atual que é caracterizada pela forte presença das TDICs são necessárias mudanças, tais como abandonar as atividades características do século XIX.

Apesar das burocracias e ações governamentais serem um problema para as mudanças nas instituições de ensino, Lima e Loureiro (2019) acreditam que podem ocorrer modificações na prática docente, mesmo sem ter alterações na governamentalidade. Algumas mudanças apontadas pelos pesquisadores são os modelos pautados na interdisciplinaridade, transdisciplinaridade e na parceria entre professor e aluno, partindo-se do pressuposto que todos são aprendizes em potencial e que a partir dessa compreensão é possível a criação de grupos de trabalhos conjuntos, para que as decisões estejam vinculadas a ambos. Os pesquisadores mencionam as TDICs como parte importante dessa organização, pois são ferramentas relevantes para avaliação, ensino e aprendizagem, embora seja importante ressaltar que a principal parceria reside na relação entre docentes e discentes (Lima, Loureiro, 2019).

De acordo com a percepção dos autores supracitados, “o conhecimento se reconstrói de forma integrada, implicando a tecnologia à docência, e por sua vez, a docência à tecnologia” (Lima; Loureiro, 2019, p.152). Assim, a integração entre docência e tecnologias digitais pode auxiliar na construção do conhecimento, pois as TDICs permitem o acesso a uma variedade de informações, vantagem essa que outros materiais como livros didáticos não permitem. Além disso, o uso de tecnologias digitais permite que o docente desenvolva novas metodologias de ensino e as utilize em sala de aula de maneira a proporcionar o protagonismo dos alunos frente à construção do conhecimento.

### ***3.1.1 Papel do professor no Construcionismo***

No Construcionismo, o professor não mais detém o papel central no processo de ensino e aprendizagem, como ocorre no ensino tradicional. Em vez disso, o estudante assume o protagonismo em sua própria jornada de aprendizagem, explorando e descobrindo os conhecimentos necessários por conta própria, enquanto o professor desempenha o papel de orientador nesse processo. (Santos *et al.*, 2020; Massa, Oliveira, Santos, 2022).

Os autores anteriormente citados enfatizam que apesar do professor não ser compreendido como centro do processo de ensino e aprendizagem na proposta construcionista, permanece como um integrante importante nesse meio, incorporando uma aprendizagem

cooperativa, “em que cada um contribuiria com o que sabe, num ambiente em que todos são aprendizes, inclusive o próprio professor” (Massa, Oliveira, Santos, 2022, p. 7). No entanto, faz-se necessário uma mudança na prática educativa, deixando de lado os aspectos das aulas totalmente expositivas e assumindo o papel de estimulador no processo de aprendizagem dos sujeitos (Santos *et al.*, 2020).

Em concordância, Flor e Ribeiro (2020) mencionam que apesar do foco do processo ser no estudante, o professor não é indispensável de forma alguma nesse método de ensino. Ele passa a atuar em outras perspectivas, como por exemplo “organizando um ambiente adequado que favoreça o desenvolvimento ativo do aluno, permitindo que ele interaja e faça suas próprias conexões mentais com o seu meio, com os materiais e com os demais colegas” (Flor; Ribeiro, 2020, p.163).

Santos *et al.* (2020) destacam que, ao desempenhar seu papel como orientador e mediador, o professor promove o pensamento crítico e, por conseguinte, o processo de aprendizagem dos alunos. Isso se dá por meio de disciplinas que instigam os estudantes a refletir sobre as questões e atividades ao seu redor. Nesse sentido, os autores afirmam que é por meio desses estímulos, instruções e orientações fornecidas pelos professores que os alunos desenvolvem a capacidade de aprendizagem de forma autônoma.

Diante do exposto, é importante ressaltar que a proposta de Papert (1994) não busca extinguir o ensino, mas procura produzir a maior aprendizagem a partir de pouca instrução e nesse sentido, o professor torna-se responsável por provocar intervenções pontuais que contribuam para o processo de aprendizagem dos estudantes. Além disso, cabe ao professor criar situações que auxiliem os estudantes a identificarem seu papel durante o processo.

### **3.2 Balanceamento de Equações Químicas**

Para melhor compreensão do surgimento do conceito de balanceamento de equações químicas é preciso entender como ocorreu o desenvolvimento da Química como Ciência. O surgimento da Química Moderna como se conhece hoje é incerto tendo em vista que o conhecimento químico remete há tempos imemoriais. Destaca-se também que diversos conceitos, técnicas e práticas químicas modernas foram herdadas da Alquimia, caracterizada por seu caráter místico, uma vez que os alquimistas buscavam a transmutação de metais comuns em ouro, bem como o desenvolvimento de um elixir da longa vida, que em tese garantiria imortalidade a quem o bebesse (Chassot, 1995; Diniz Júnior; Silva, 2016).

Associado às práticas alquimistas, principalmente na Idade Média, conforme Oki (2002), está o conceito de elementos-princípios ou elementos primordiais: terra, água, ar e fogo definidos por Empédocles (490 - 430 a.C.) e depois adotados por Aristóteles como a base de todas as substâncias existentes. Aristóteles atribuiu ainda qualidades aos elementos-princípios, sendo elas: quente, frio, seco e úmido, as quais seriam responsáveis pela aparência e forma das substâncias. A definição de elemento químico como se conhece atualmente foi formulada por Robert Boyle (1627- 1691), um dos mais importantes químicos do século XVII. A partir da publicação da obra “O químico cético” em 1661, Boyle criticou o conceito Aristotélico de elementos químicos utilizado pelos alquimistas e propôs que os corpos químicos (elementos) eram resultado da combinação de diferentes partículas, além de defender que as propriedades das substâncias compostas tinham relação não somente com sua composição, mas também com sua estrutura (Oki, 2002).

Para muitos, a ruptura de Boyle com a Alquimia representa o início da Química Moderna, todavia, Alfonso-Goldfarb e Ferraz (1993) afirmam que conforme a visão clássica da história da Química, sua formulação moderna tem origem em Antonie Laurent Lavoisier (1743-1794). Não à toa, a construção racional da Química Moderna teve Lavoisier como precursor, ele soube combinar de modo rigoroso dedução, indução e experimentação. Seus instrumentos de laboratório possuíam elevados critérios de exatidão (algo pouco comum entre os químicos da época), o que o levou a mapear de forma precisa e matemática o panorama da Química (Alfonso-Goldfarb, 1993; Oki, 2004).

Ao realizar estudos sobre a composição da matéria, Lavoisier provocou uma Revolução Química, que culminou em sua obra máxima “Tratado Elementar de Química”. Essa Revolução perpassa indiscutivelmente pelo conceito de elemento químico. Através de meios empíricos, Lavoisier adotou o conceito proposto por Boyle, definindo-o claramente e conferindo-lhe uma existência concreta em que toda substância que não pudesse mais ser decomposta, através de quaisquer meios, daria origem a um corpo ou elemento simples, a menos que a experiência e a observação provassem que fossem corpos compostos. Essa nova definição reafirmou a ruptura com conceitos antigos herdados por Aristóteles e pelos alquimistas (Vidal; Cheloni; Porto, 2007; Oki, 2002).

A importância do conceito de elemento químico proposto por Lavoisier fica ainda mais evidente no seu postulado sobre a conservação da matéria:

Podemos estabelecer como um axioma incontestável que, em toda a operação da arte e da natureza, nada é criado; uma quantidade igual de matéria existe antes e depois do experimento; a qualidade e a quantidade dos elementos permanecem exatamente as

mesmas; e nada ocorre além de mudanças e modificações na combinação de elementos. Deste princípio depende toda a arte de realizar experimentos químicos: devemos sempre obter uma exata igualdade entre os elementos do corpo examinado e os produtos de sua análise (Lavoisier, 1790, p. 130-131).

Este postulado é conhecido e trabalhado especialmente no Ensino Médio, como lei da conservação das massas. Com base nesse princípio, durante uma reação química os elementos químicos sofrem combinações e/ou rearranjos para formar novas substâncias, contudo a quantidade de elementos presentes inicialmente (reagentes) e após a reação (produtos) deverá ser a mesma, haja vista que a conservação dos elementos implica na conservação de suas massas (Vidal; Cheloni; Porto, 2007). Em outras palavras, levando-se em consideração um sistema fechado, a lei da conservação das massas diz que a soma das massas dos reagentes é sempre igual à soma das massas dos produtos, durante uma Reação Química.

A partir da lei da conservação das massas, Lavoisier, além de ter revolucionado a ciência, como já discutido anteriormente, lançou as bases para a Química Moderna. Essas bases permitem, por exemplo, o cálculo das quantidades de substâncias que participam de uma reação química a partir das quantidades iniciais de outras substâncias. Os cálculos utilizados para tal são chamados de cálculos estequiométricos. A palavra estequiometria que deriva do grego *stoicheon* (elemento) e *metron* (medida) foi introduzida em 1792 por Richter e atualmente compreende às informações quantitativas relacionadas a fórmulas e equações químicas durante uma reação (Cazzaro, 1999; Duarte, 2021).

A realização de cálculos estequiométricos pressupõe o balanceamento de equações químicas, que diz respeito a “igualar” as quantidades das substâncias em uma reação química (representada por uma equação matemática), tanto nos reagentes quanto nos produtos, respeitando assim a lei da conservação das massas introduzida por Lavoisier, como discutido anteriormente. A seguir serão discutidos os principais conceitos envolvidos no balanceamento de equações químicas.

### ***3.2.1 Compreendendo conceitos fundamentais sobre o balanceamento de equações químicas***

O conceito de balanceamento de equações químicas está diretamente relacionado ao cenário de uma reação química. O estudo das Reações Químicas é fundamental para a disciplina de Química, pois contribui para o desenvolvimento de habilidades importantes para o entendimento da disciplina, construindo assim, um pilar para a compreensão da maneira como se organiza e produz conhecimentos químicos (Meneses, Nunes, 2018).

De forma simplificada, Gewandsznajder (2013) entende as Reações Químicas como a mistura de determinadas substâncias cuja combinação gera produtos diferentes dos materiais iniciais. Para os referidos autores, algumas características permitem a identificação de uma reação, sendo elas: “mudança de cor, aumento da temperatura, formação de gases, liberação de luz e precipitação de sólidos” (p. 148). Em acréscimo, Fonseca (2016) compreende as Reações Químicas como rearranjos de átomos compostos por reagentes e produtos. Quando os reagentes se transformam em produtos a substância muda, no entanto, em termos de quantidade, os átomos que estavam presentes nos reagentes permanecem os mesmos nos produtos, respeitando assim a lei da conservação das massas.

Uma reação química, segundo Atkins, Jones e Laverman (2018) pode ser simbolizada por “Reagentes → Produtos”, isto é, reagentes convertendo-se em produtos. É possível representar também uma reação química através das fórmulas químicas das respectivas substâncias que participam do processo. Essa representação recebe o nome de equação simplificada (Equação 2), visto que mostra as identidades dos produtos e reagentes em termos de fórmulas químicas de forma resumida.

Para que uma Reação Química siga a lei de conservação das massas é preciso que as fórmulas químicas de uma equação simplificada sejam multiplicadas por fatores que igualem o número de átomos em cada lado da seta. Assim, quando a quantidade de átomos (elementos químicos) for equivalente tanto nos produtos quanto nos reagentes, diz-se que a expressão resultante está balanceada e esta é chamada de equação química (Oliveira; Junior, Schlunzen, 2013; Atkins; Jones; Laverman, 2018).

Em outras palavras, uma equação química é uma expressão matemática que traz identidade e quantifica as substâncias dos reagentes e produtos em uma reação química, exibindo proporção molar (relação constante entre o número de mols dos reagentes e produtos) exata destes, tendo como base a lei de conservação das massas (Fonseca, 2016; Sujak; Daniel, 2017). A Equação 1 apresenta de forma generalizada uma equação química.



A representação acima possui basicamente dois membros distintos separados por uma seta que indica a direção em que a reação ocorre. Do lado esquerdo tem-se o membro dos reagentes, representados por “A” e “B”, enquanto que do lado direito tem-se o membro dos produtos, representados por “C” e “D”. Os índices “a”, “b”, “c” e “d” representam os coeficientes estequiométricos de cada substância, isto é, indicam a quantidade em mols (unidade de medida do SI utilizada para representar a grandeza de substâncias: 1 mol =

$6,03 \times 10^{23}$  entidades elementares) de cada participante da reação. É comum que os estados físicos os quais se encontram as substâncias presentes na reação também sejam representados por (g), (s), (l) e (aq), que aparecem à frente da fórmula molecular de cada substância e representam, respectivamente, os estados físicos gasoso, sólido, líquido e solução em água (Atkins, Jones Laverman, 2018).

Para melhor compreensão do conceito em questão, considere-se a combinação dos gases oxigênio e hidrogênio para a formação de água, cuja equação simplificada é mostrada na Equação 2. Para verificar se a equação satisfaz a lei da conservação das massas, é preciso realizar uma contagem dos átomos em cada membro da equação, levando-se em consideração o índice subscrito que corresponde à quantidade de cada átomo, e multiplicar os valores obtidos pelos coeficientes estequiométricos de cada substância. Quando os coeficientes estequiométricos têm valor de 1, não são escritos explicitamente.



A contagem rápida das quantidades de átomos de cada substância em ambos os membros da equação, indica a presença de 2 átomos de hidrogênio (H) e 2 átomos de oxigênio (O) nos produtos, enquanto que suas respectivas quantidades dos reagentes são 2 e 1. Como apenas a quantidade de átomos de hidrogênio é igual nos dois membros da equação, tem-se uma equação química não-balanceada, sendo necessário um ajuste da quantidade de átomos a partir da determinação correta dos coeficientes estequiométricos. O processo de ajuste dos coeficientes estequiométricos para atender à lei de conservação das massas é chamado de balanceamento de equações químicas.

Para isso, a multiplicação da quantidade de moléculas de  $\text{H}_2$  por 2, tornando a quantidade de átomos de hidrogênio igual a 4 (dois em cada molécula), e a multiplicação da quantidade de moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  por 2, tornando a quantidade de hidrogênio igual a 4 (dois em cada molécula) e a quantidade de oxigênio igual a 2 (um em cada molécula), é capaz de igualar a quantidade de átomos nos reagentes e produtos, o que faz com que a reação química esteja balanceada (Equação 3).



Apesar do balanceamento ter sido concluído, uma vez que as quantidades de átomos são as mesmas nos reagentes e produtos, é necessário esclarecer que a forma mais correta de tratar

das quantidades das espécies químicas (átomos, íons ou moléculas), representadas através dos coeficientes estequiométricos, é através do conceito de mol. Para que haja uma melhor compreensão desta grandeza, pode-se fazer uma analogia com a “dúzia”. Assim como 01 dúzia corresponde a 12 unidades, 01 mol é uma grandeza que corresponde a  $6,03 \times 10^{23}$  espécies (Atkins, Jones, Laverman, 2018). Neste sentido, na Equação 3, os coeficientes 2, 1 (omisso) e 2 indicam que 2 mols de moléculas de  $H_2$  reagindo com 1 mol de moléculas de  $O_2$ , forma como produto 2 mols de moléculas de  $H_2O$ , respectivamente. Caso a quantidade seja contada individualmente, pode-se dizer que há 4 mols de átomos de H e 2 mols de átomos de O, tanto nos reagentes, quanto nos produtos.

Visando atender à Lei de conservação das massas, pode-se representar a reação levando-se em consideração a massa contida em cada um dos lados da equação química. Isso ocorre através do conceito de Massa Molar (M). A massa molar de uma espécie química indica a relação entre 1 mol da respectiva espécie e sua massa em gramas (g). Por exemplo, a molécula de  $H_2$  possui  $M = 2 \text{ g/mol}$ , ou seja, cada 1 mol de moléculas tem massa igual a 2 g. Já a molécula de  $O_2$  possui  $M = 32 \text{ g/mol}$  e a molécula de  $H_2O$  possui  $M = 18 \text{ g/mol}$ . Assim, como nos reagentes há 2 mols de moléculas de  $H_2$  e 1 mol de moléculas de  $O_2$ , tem-se 4 g de gás hidrogênio e 32 g de gás oxigênio, totalizando 36 g de reagentes. De forma análoga, como há nos produtos 2 mols de moléculas de  $H_2O$ , a massa em gramas de água presente é igual a 36 g. Como a massa dos reagentes é igual à massa dos produtos, diz-se que a Lei de conservação das massas foi obedecida, indicando o correto balanceamento da equação.

### ***3.2.2 Dificuldades de aprendizagem da grandeza mol e massa molar no Balanceamento de Equações Químicas***

A grandeza mol está diretamente relacionada ao conteúdo balanceamento de equações químicas, uma vez que esta diz respeito à quantidade de matéria presente em um sistema com entidades elementares, cujo símbolo é ‘mol’ (Rogado, 2004). De acordo com o autor, muitas pessoas erroneamente consideram o mol como uma medida de massa atômica ou molecular em gramas. No entanto, a definição atual destaca que o mol não está relacionado à massa, mas sim à quantidade de matéria, sendo essa sua unidade padrão. Analogamente ao quilograma, que é a unidade padrão de medida para a massa, o mol é a unidade padrão para a quantidade de matéria.

Neste sentido, Bertotti (2011) concorda que as confusões relacionadas a mol podem estar atreladas à falta de clareza que ocorre devido à abstração do conceito de “mol”, tornando-

se pouco compreensível para os estudantes que essa unidade está relacionada à grandeza “quantidade de matéria”.

Nessa perspectiva, Furió, Azcona e Guisasola (2002) ressaltam algumas dificuldades enfrentadas pelos estudantes, dentre elas destacam-se: a) os estudantes não reconhecem o mol como sua unidade; b) há uma frequente confusão entre a representação macroscópica (massa molar) e a microscópica (massa atômica e massa molecular) por parte dos estudantes; c) os estudantes costumam associar a proporção de moléculas à proporção de massas e a proporção de massas à proporção de massas molares.

Rogado (2004) enfatiza que essas dificuldades não são apresentadas somente pelos estudantes, mas que a maioria dos professores não está familiarizada com a grandeza quantidade de matéria, substituindo-a pelo termo 'número de mols', associando erroneamente a ideia de uma 'massa química' ou um 'número de Avogadro' de entidades elementares.

Para Campanher (2016), essas dificuldades podem estar diretamente relacionadas à ausência de assimilação do conteúdo com o cotidiano do estudante e a forma como é trabalhado em sala de aula, visto que, na maioria das vezes, é mecanizado o que dificulta significativamente a aprendizagem dos estudantes. Associado a essa problemática, Patrocínio e Reis (2006, p. 377), enfatizam que “os livros didáticos utilizados não colaboram para um maior entendimento, tendo como consequência na sala de aula a dificuldade de aprendizagem dos alunos”.

### ***3.2.3 Evolução histórica do ensino de balanceamento de equações químicas***

Em se tratando do ensino do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, um dos materiais mais comuns e utilizados são os livros didáticos, que geralmente dividem o conteúdo entre o 1º e o 2º ano do Ensino Médio. A exemplo, a coleção do ano de 2016 da autora Martha Reis, inicia o ensino do conteúdo a partir do 3º bimestre do 1º ano do Ensino Médio, quando são abordadas as fórmulas das substâncias e finaliza no 1º bimestre do 2º ano quando as relações estequiométricas são utilizadas para calcular a concentração das soluções. Os livros apontam alguns métodos que podem ser utilizados para fazer o balanceamento dessas equações (Fonseca, 2016; Silva; Sgarbosa; Agostini, 2016).

As formas de balanceamento mais comuns abordadas nesses materiais, são: a) método de tentativa e erro; b) método algébrico e, c) método do número de oxidação (Nox). Ambos consistem em igualar a quantidade de reagente e produtos de uma equação para que esta fique balanceada. No entanto, apesar dos três métodos desempenharem a mesma função, alguns deles são mais utilizados, como é o caso do método de tentativa e erro. A grande parte dos livros

didáticos utilizados no Ensino Médio fazem uso desse método para fornecer os coeficientes estequiométricos das equações químicas (Fonseca, 2016; Gewandsznajder, 2018; Bezerra *et al.*, 2016; ).

Segundo Duarte (2021, p. 184) o método de tentativa e erro é iniciado “a partir da fórmula que contém maior número de elementos diferentes (ou que apresenta maior número de átomos) até às fórmulas mais simples”. Já Miranda *et al.* (2016, p. 2), consideram essa forma um pouco mais detalhada, uma vez que conceituam o método de tentativa e erro como “um levantamento dos diferentes tipos de átomos presentes nos reagentes e nos produtos e para que ocorra o balanceamento, a quantidade de átomos presentes nos reagentes deve ser igual ao número de átomos presentes nos produtos”.

Apesar do método de tentativa e erro ser um dos mais utilizados pelos professores e o mais abordado nos livros didáticos, é importante ressaltar que a utilização desse procedimento pode balancear a equação de forma errada (Fêmina *et al.*, 2021). Isso ocorre especialmente em reações que abrangem diversos tipos de reagentes e produtos, pois além do processo ser dificultado (uma vez que o sujeito precisa identificar maior números de átomos em diversos reagentes e produtos), o método torna o balanceamento pouco atrativo e monótono (Duarte, 2021).

Nessa perspectiva, Graça *et al.* (2016) consideram o método de tentativa e erro ideal quando utilizado em reações em que o número de componentes químicos é pequeno. No entanto, quando outros tipos de reações como a oxidação-redução (também conhecidas como reações redox) estão envolvidas, o processo torna-se mais difícil. O autor supracitado menciona então, o método algébrico como uma alternativa relevante para balancear uma equação química. Essa forma de balancear uma equação através da utilização da matemática é organizada em 5 passos:

Passo 1 Atribua incógnitas  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , ... a cada substância; Obs.: se um elemento aparecer uma única vez em cada lado, com índice igual, usar a mesma incógnita para as substâncias em que este elemento aparece; Passo 2 Para cada elemento (exceto os que caem na observação do Passo 1), escreva uma equação, sendo que cada termo corresponde a uma substância onde o elemento aparece, como o índice do elemento como coeficiente e a incógnita atribuída no Passo 1; Passo 3 Escolha uma incógnita corresponde a uma substância com número máximo de elementos e atribua a ela o valor 1; Obs.: se houver mais de uma opção, prefira aquela com os maiores índices; Passo 4 Resolva o sistema; Passo 5 Multiplique as soluções pelo m.m.c. dos denominadores das soluções obtidas (Graça *et al.*, 2016, p. 5).

Apesar de se mostrar bastante promissor e completo no processo de balanceamento de equações, o método algébrico é pouco explorado em livros didáticos do Ensino Médio e Superior. Isso está relacionado ao fato de o método algébrico envolver a Matemática e não a

Química e ao fato de as reações envolverem diversos elementos e tornarem o método trabalhoso, por abranger muitas variáveis (Duarte, 2021). Além do método de tentativa e erro e o método algébrico, é possível balancear uma equação química a partir de seu número de oxidação.

Esse método, além de ser complexo, é pouco abordado no Ensino Médio, limitando-se ao conteúdo de Eletroquímica no 2º ano (Borges, 2015). O respectivo autor menciona ainda que uma das desvantagens desse método é ser limitado às reações redox. Nesse tipo de reação acontece a transferência de elétrons entre as espécies químicas e seu balanceamento deve acontecer tanto em relação à massa quanto à carga. Dessa forma, o método de balanceamento por tentativa e erro tende a ser desafiante e insuficiente, sendo recomendada a utilização do método baseado no Nox (número de carga positiva ou negativa de um determinado átomo, é o responsável por indicar se o átomo está com deficiência ou maior quantidade de elétrons).

### ***3.2.4 Relevância do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas para a Química Básica***

O conteúdo Balanceamento de Equações Químicas é considerado por Jesus (2015) como um pilar para a produção do conhecimento Químico, sendo fundamental em diversas áreas da Química, tais como: Reações Químicas, Equilíbrio Químico, Eletroquímica e Termoquímica.

No estudo das reações Químicas de forma geral, o conteúdo se relaciona principalmente ao fato de que sua ausência pode impedir a compreensão do Cálculo Estequiométrico, que é uma fração da Química responsável pelo estudo da quantidade de matérias que são incluídas em uma reação química (Costa; Souza, 2013). Segundo os autores, para que aconteça a compreensão do Cálculo Estequiométrico é necessário saber identificar a quantidade de uma

substância em massa, número de mols, em volume de líquido, em volume de gás nas diversas condições de temperatura e de pressão e em volume de solução aquosa. A interpretação correta de uma equação de reação química é fundamental para o estudo dos cálculos que determinam as quantidades de substâncias envolvidas (Costa; Souza, 2013, p.109).

Diante da compreensão das diversas variáveis que o Cálculo Estequiométrico incorpora, como número de mols, volume, temperatura, pressão, dentre outros, cabe ressaltar que para compreensão do referido conteúdo é necessário ter domínio do Balanceamento de Equações Químicas, uma vez que este consiste em igualar reagentes e produtos, ou seja igualar massa, volume, átomos (Fonseca, 2016). Em acréscimo, Pereira (2022) associa o fato do

balanceamento de equações químicas ser essencial para o Cálculo Estequiométrico, devido à sua capacidade de “converter relações em mol para as grandezas através da massa molar, para o caso de relações em massa, ou volume molar, para relações em volume” (Pereira, 2022, p. 9).

Já em relação ao estudo do Equilíbrio Químico, que para Atkins e Jones (2006) é considerado a fase em que uma reação química não consegue alterar sua composição como pressão, reagentes e produtos, fazendo com que estes permaneçam constantes, o balanceamento de equações químicas é crucial uma vez que antes de realizar um cálculo envolvendo os dados abordados no problema, é preciso realizar “o balanceamento da equação química que representa a situação de equilíbrio químico” Sousa *et al.* (2017, p.74).

No conteúdo de Eletroquímica, as dificuldades estão diretamente relacionadas ao envolvimento de outros conceitos, como o de Reações Químicas, Balanceamento de Equações e propriedades periódicas (Silva; Ferri, 2020). O exposto pelos autores enfatiza a necessidade do domínio do Balanceamento, pois ele é indispensável para a compreensão de outros conteúdos, conforme apresentado.

Outra área de fundamental estudo na Química é a Termoquímica, a qual estuda a demanda de calor nas reações químicas. A transferência de energia envolvida nessas reações é expressa através da variação de Entalpia de reação e esta transferência tem relação direta com os coeficientes estequiométricos da reação uma vez que são estes que “indicam o número de mols de cada reagente que dá a variação de entalpia registrada “(Atkins; Jones; Lavernan, 2018, p.273). Portanto, é imprescindível o domínio do balanceamento de equações no que se refere ao estudo da Termoquímica (Souza, 2024).

Diante do exposto, pode-se notar que o conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas é imprescindível para a compreensão de diversas áreas da Química, sendo este, um pilar para o desenvolvimento dos estudantes durante todo o Ensino Médio.

### **3.3 Ensino de balanceamento de equações químicas a partir de softwares de simulação computacional**

O conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas é um pilar para a compreensão dos demais conteúdos que compõem o currículo da disciplina de Química, no entanto, apesar de sua importância há que se destacar as dificuldades relacionadas ao seu estudo, como já discutido anteriormente, especialmente pela necessidade de tornar palpável algo que não pode ser visto macroscopicamente, uma vez que as reações químicas ocorrem no nível atômico, o

que torna o conteúdo abstrato e dificulta significativamente a capacidade de aprendizagem dos alunos (Piedade *et al.*, 2016).

Nesse contexto, a utilização das TDICs pode facilitar o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo, uma vez que estas são capazes de estimular o desenvolvimento de aulas interativas, favorecer a abordagem e a compreensão do conteúdo, fazendo com que estes tornem-se mais atrativos e interessantes aos sujeitos. Destaca-se, portanto, os aplicativos para dispositivos móveis, podcasts, laboratórios virtuais e *softwares* de simulações computacionais (Leal *et al.*, 2020; Fagundes *et al.*, 2021).

Dentre os exemplos citados, as simulações computacionais podem ser utilizadas como alternativa para a construção do conhecimento de forma prática e lúdica, podendo ser utilizadas especialmente por professores da educação pública para proporcionar a seus discentes o contato efetivo com a ciência, especialmente nas aulas de Química, uma vez que estas podem tornar a disciplina mais atrativa e compreensível (Silveira; Nunes; Soares, 2013).

Quando se trata do conteúdo em questão, as simulações se destacam devido a sua capacidade de permitir a visualização de símbolos, trazendo essas representações de forma macroscópica, permitindo assim um melhor entendimento do assunto (Martins *et al.*, 2020). Acrescenta-se a isso a capacidade de desenvolvimento de uma aprendizagem significativa e a melhora na compreensão de informações abstratas e complexas (Obaya; Barocio; Rodríguez, 2021; Barocio; Valdivia; Rodríguez, 2021).

Nesse âmbito, a utilização de *softwares* de simulações computacionais, os quais possuem a capacidade de apresentar (simular) um modelo de um sistema natural ou artificial, especialmente no conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas, pode levar os estudantes a explorar de forma sistemática situações hipotéticas, levantar e testar hipóteses, formular perguntas e relacionar características do modelo conceitual com os fenômenos naturais, tornando-se agentes ativos de sua própria aprendizagem. Isso possibilita aos discentes a visualização de símbolos e compreensão dos fenômenos relacionados ao conteúdo, além de oferecer aos professores ampla estrutura e suporte para a realização de suas práticas pedagógicas (Rutten; Jooligen; Veen, 2007; Martins *et al.*, 2020).

Alguns trabalhos encontrados na literatura reportam à utilização de diferentes *softwares* de simulação computacional para o ensino de estequiometria: Turning Point Audience Response System; Computational Particle Fluid Dynamics (CPFD); Reaction Decoder Tool (RDT); *Software Conversionoes*; e, *software* Physics Education Technology (PhET).

As principais vantagens destacadas a partir de sua utilização foram: a) possibilidade de facilitar a compreensão de informações abstratas e complexas (Obaya; Barocio; Rodríguez,

2021; Barocio; Valdivia; Rodríguez, 2021); b) possibilidade de condução dos estudantes à uma aprendizagem significativa baseada no fato de que os discentes se tornam protagonistas do seu processo de aprendizagem (Cotes; Cotuá, 2014; Mamombre; Mathabathe; Gaighe, 2021). Além desses aspectos, os autores destacam que os simuladores possibilitam o desenvolvimento de autoconfiança nos estudantes e de maior capacidade de raciocínio e compreensão, além de motivar sua participação nas atividades que cercam o conteúdo.

Dentre os *softwares* de simulações computacionais existentes, as simulações interativas PhET são uma das que mais se destacam, especialmente por serem gratuitas e de fácil acesso, o que pode auxiliar instituições escolares que não possuem laboratórios de Química, facilitando a compreensão dos conteúdos abstratos e complexos, como no caso do conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas (Obaya; Barocio; Rodríguez, 2021). Os referidos autores consideram o PhET uma ferramenta que proporciona visualização e interação entre o ambiente e os sujeitos e facilita a construção da aprendizagem de forma autônoma e autodidata.

Em relação ao conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas, além da capacidade de motivar os alunos, o PhET tem destaque devido à possibilidade de balancear diferentes tipos de Reações Químicas e obter noções quantitativas presentes em uma reação, podendo o estudante fazer relação com reagentes e produtos de uma Reação Química (Souza *et al.*, 2020). A seguir, são discutidas brevemente as características das simulações interativas PhET, bem como a utilização de uma simulação específica para o Balanceamento de Equações Químicas.

### **3.4 Simulações Interativas PhET**

O objetivo do subcapítulo é apresentar um breve histórico e as principais características do *software* de simulação (*sim*) interativa PhET, bem como mostrar o funcionamento do Balanceamento das Equações Químicas a partir da utilização do referido *software*.

#### ***3.4.1 Breve histórico e características do projeto PhET***

A Universidade do Colorado Boulder (BOULDER, CO, Estados Unidos) desenvolve desde 2002, um projeto contendo simulações interativas para o Ensino de Ciências denominado PhET Interactive Simulations. O projeto teve como fundador o físico Nobel Laureate Carl Wieman com o objetivo de ajudar a tornar a física menos complexa, envolvente e compreensível para públicos diversos (estudantes, professores do Ensino Médio e público em geral). Desde então, a equipe PhET através de pesquisa e inovação continuaram desenvolvendo o projeto

visando dar continuidade à visão de seu fundador, tornando a aprendizagem de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (do inglês, STEM: science, technology, engineering and mathematics) mais envolvente e acessível. Hoje, estão disponíveis mais de 150 simulações premiadas, as quais abrangem tópicos de Física, Química, Matemática, Ciências da Terra e Biologia (Perkins, 2020).

Conforme descrição encontrada no próprio site do projeto que contém simulações gratuitas e de fácil acesso (tanto *on-line* quanto *off-line*) o design das simulações interativas é desenvolvido com o objetivo de incentivar a investigação científica e fazer com que os seus usuários, através de interatividade e modelos mentais visuais, proporcionada por simulações que podem ser utilizadas em diversas situações educacionais, representações diversas através de movimento de objetos, gráficos e números, sejam capazes de visualizar aquilo que é “invisível”, ou seja, que está contido no nível submicroscópico (PHET, 2023).

De acordo com Moore *et al.* (2014), as simulações PhET (*sims*) são desenvolvidas por especialistas em conteúdo, educação e design de interface em parceria com professores e desenvolvedores de *softwares* profissionais que associadas aos princípios de design supracitados permitem:

- **interatividade:** é possível que os estudantes interajam com parâmetros-chave para compreensão de conceitos;
- **feedback dinâmico:** cada interação apresenta feedback instantâneo, que auxilia os alunos a questionar e a responder suas próprias perguntas durante a exploração de um recurso ou fenômeno;
- **representações múltiplas:** através de diversos tipos de representação é possível que os estudantes criem e explorem conexões;
- **ações pedagogicamente úteis:** as *sims* fornecem informações que são difíceis ou até mesmo impossíveis de se alcançar no mundo real;
- **interface intuitiva:** a interface das *sims* fornece suporte para que os discentes se envolvam e explorem, minimizando as barreiras de uso e enfatizando a aprendizagem através da interação. Além disso, as simulações são voltadas para a compreensão conceitual, ao invés de como usar a simulação, sendo, portanto, auto intuitivas;
- **conexão com o mundo real:** as *sims* são projetadas para que, sempre que possível, seja feita relação dos conceitos científicos com o mundo real;

- **desafios e jogos:** as simulações são desenvolvidas com o objetivo de serem divertidas e envolventes almejando despertar a curiosidade e um senso de desafio para motivar a interação e a exploração dos estudantes;
- **andaimes implícitos:** através da escolha cuidadosa do escopo da simulação, localização, cor dos objetos disponíveis, interatividade, feedback e sequenciamento de conceitos por meio de guias é possível guiar os estudantes a realizar as *sims*, sem que estes se sintam guiados.

Atualmente, as simulações PhET estão disponíveis em uma ampla gama de cursos de ciências e têm se tornado parte integrante do ensino e aprendizagem de ciências, especialmente por fornecerem uma abordagem alternativa ao laboratório tradicional, bem como ser capaz de melhorar a aprendizagem através de visualizações, demonstrações e ilustrações. Ao fornecer diversos tipos de simulações, o projeto PhET pode contribuir para que sejam abordados conceitos que dificilmente poderiam ter sido observados de forma minuciosa em um laboratório (Salame; Makki, 2021).

Em acréscimo, destaca-se que as *sims* podem ser utilizadas em sala de aula de várias maneiras distintas, seja para descobrir, demonstrar, comunicar, aplicar ou testar uma hipótese. Assim, oferecem oportunidade aos professores para envolver os estudantes no processamento e aplicação ativa dos conceitos, além de fornecerem vocabulário comum e preciso, baseado na linguagem científica apresentada nas simulações (Moore *et al.*, 2014; Adams, 2010).

O projeto possui recursos adicionais para os docentes. Em cada simulação há uma aba contendo “recursos de ensino”, cuja criação de uma conta gratuita no site PhET permite ao docente ter acesso a Dicas para professores e ao Vídeo Introdutório que fornecem compreensões gerais rápidas sobre o design da simulação, bem como sugestões pedagógicas. Além disso, na seção “ensino” do site é possível que os professores encontrem suporte para planejamento e dicas para atividades, além de um banco de dados compartilhado por outros usuários contendo uma coleção com mais de 2.000 aulas e atividades utilizando as simulações disponíveis (Perkins, 2020).

### ***3.4.2 Balanceamento de Equações Químicas a partir da simulação PhET***

As simulações PhET para o ensino de Química tratam tópicos que vão desde partículas subatômicas até dinâmica química. Através das *sims* é possível que os discentes sejam capazes de explorar fenômenos químicos complexos, abrangendo os diferentes níveis do conhecimento

químico, quais sejam o macroscópico, simbólico e submicroscópico. Uma das vantagens das simulações de Química é que não é exigido dos alunos uma interpretação de um modelo estático, tal qual apresentado em livros didáticos e afins, mas sim de sistemas dinâmicos cujo feedback instantâneo permite maior apoio à aprendizagem destes (Moore *et al.*, 2014). Das 30 simulações de Química disponíveis, que abordam as áreas de Química Geral e Química Quântica, destaca-se a *sim* de balanceamento de Equações Químicas (Figura 1).

Figura 1– Tela de apresentação da simulação de balanceamento de Equações Químicas



Fonte: Adaptado de PhET (2024).

Ao abrir a simulação de **balanceamento de equações químicas**, é apresentada a tela ilustrada pela Figura 1. Nota-se ao centro uma miniatura (prévia) da simulação (1), cujo botão “play” possibilita que seja visualizada *on-line*. Abaixo do título da simulação, tem-se a opção de download da simulação (2) em formato HTML5 (.html) que pode ser executada em um computador comum *off-line*. Além disso, é disponibilizado um código fonte para que desenvolvedores possam incorporar a simulação em sites (3), a possibilidade de adição da simulação ao Google Sala de Aula (4), bem como as opções de compartilhamento da simulação nas redes sociais Facebook (5) e Twitter (6). Na tela de apresentação, é possível notar a aba “sobre” que apresenta os tópicos envolvidos na simulação, exemplos de objetivos de aprendizagem e os requisitos de sistema para execução da *sim* (Figura 2). Na tela de apresentação é possível acessar também a aba “Recursos de ensino” que contém as dicas para professores, um vídeo introdutório da simulação e documentos referentes à simulação elaborados por outros usuários contendo dicas de utilização e afins. A aba “Atividades” contém diversos materiais elaborados por outros docentes para utilização em sala de aula. A aba “Traduções” traz diversos idiomas para utilização da simulação e a aba “Créditos” traz a equipe

desenvolvedora, bem como agradecimentos pelas contribuições no desenvolvimento da simulação.

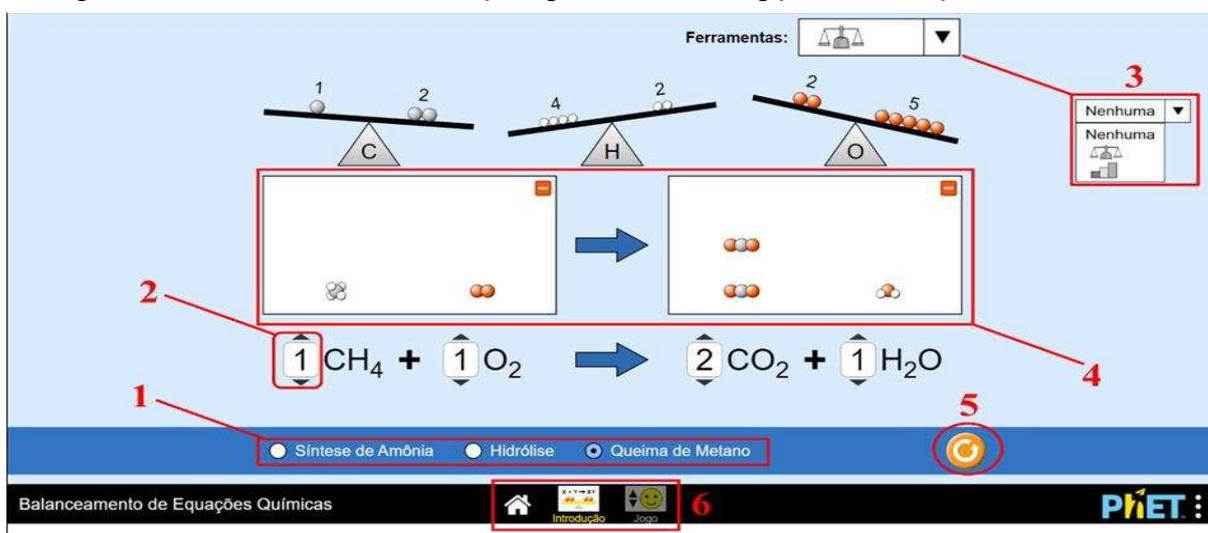
Figura 2 – Aba “sobre” da tela de apresentação da simulação de balanceamento de Equações



Fonte: PhET (2024).

Ao abrir a simulação, seja de forma *on-line* ou *off-line*, o usuário se depara com uma tela contendo as opções “Introdução” e “Jogo”. A Figura 3 ilustra a tela apresentada ao usuário após a seleção da opção “Introdução”.

Figura 3 – Tela exibida na simulação após escolha da opção “Introdução” na tela inicial



Fonte: Adaptado de PhET (2023).

Esta opção tem como objetivo fazer com que, ao balancear equações simples, o discente se familiarize com as funções do simulador e descubra facilmente o que precisa ser variado para realizar um balanceamento, bem como identificar se há um equilíbrio no número de átomos

presentes antes e depois da reação, possibilitando aos estudantes a formulação de sua própria definição operacional de equação química balanceada (Carpenter *et al.*, 2016). Nessa tela, é possível que o estudante escolha dentre três reações não balanceadas pré-definidas (1) sendo elas a síntese de amônia, hidrólise e queima de metano. É possível que, durante o balanceamento, o estudante varie os coeficientes estequiométricos de cada reagente e/ou produto (2) com valores de 0 a 3.

Existe também a opção “Ferramentas” onde é possível escolher entre escalas (balanças) ou gráficos de barras para mostrar se as equações se equilibram (3). No exemplo exibido na Figura 3, foi selecionada a opção de escalas. Na tela do usuário também são exibidas as moléculas em 2D envolvidas nos reagentes e produtos (4), separados por uma seta que indica o sentido da reação. Ainda é possível ocultar a exibição das moléculas clicando no sinal de (-) apresentado na tela. Ao realizar a simulação, é possível também reiniciar todos os parâmetros, retornando as equações sem balanceamento (5) e, finalmente, pode-se alternar entre o menu inicial e as opções “Introdução” e “Jogo” (6).

Apesar de cumprir bem o papel ao qual se propõe, esta seção em especial merece um destaque em relação à representação através de balanças, que quando estão equilibradas (iguais) entende-se que a equação está balanceada. Nesse contexto, é importante destacar que este tipo de representação pode induzir os estudantes a um erro conceitual, visto que, mesmo que o equilíbrio das balanças indique o correto balanceamento das equações e conseqüentemente adequação à Lei de Lavoisier, o simulador não deixa claro o tipo de sistema utilizado e a referida lei só é válida caso o sistema em questão seja considerado fechado (Sterner; Small; Hood, 2011; Duarte, 2021), isto é, onde não há troca de matéria entre ele e as vizinhanças. Além disso, também não há indicação do estado físico das substâncias, o que pode agravar ainda mais o problema em questão, uma vez que, por exemplo, substâncias que aparecem no estado gasoso tendem a escapar do sistema caso este não seja fechado, o que faz com que a lei de conservação das massas não seja observada na prática, apresentando, portanto, uma limitação do uso de simuladores nesse contexto.

A segunda opção que aparece ao abrir o simulador é “Jogo”. A Figura 4 ilustra a tela que é apresentada ao ser selecionada essa opção. O jogo é dividido em três níveis, cuja dificuldade é elevada tanto quanto maior for o nível. A ideia do jogo é desafiar os alunos a equilibrarem um total de cinco equações aleatórias por nível, com coeficientes estequiométricos variando de 1 a 7. No nível 1, são apresentadas reações com três reagentes/produtos, isto é, reações de síntese ou decomposição; nos níveis 2 e 3 são apresentadas equações com dois reagentes e dois produtos onde, as do nível 3 são mais desafiadoras e possuem coeficientes

estequiométricos maiores. Também é possível que o aluno controle os sons do jogo, bem como adicione um cronômetro antes de iniciar cada nível. As estrelas abaixo do indicativo de cada nível marcam a maior pontuação obtida anteriormente no respectivo nível.

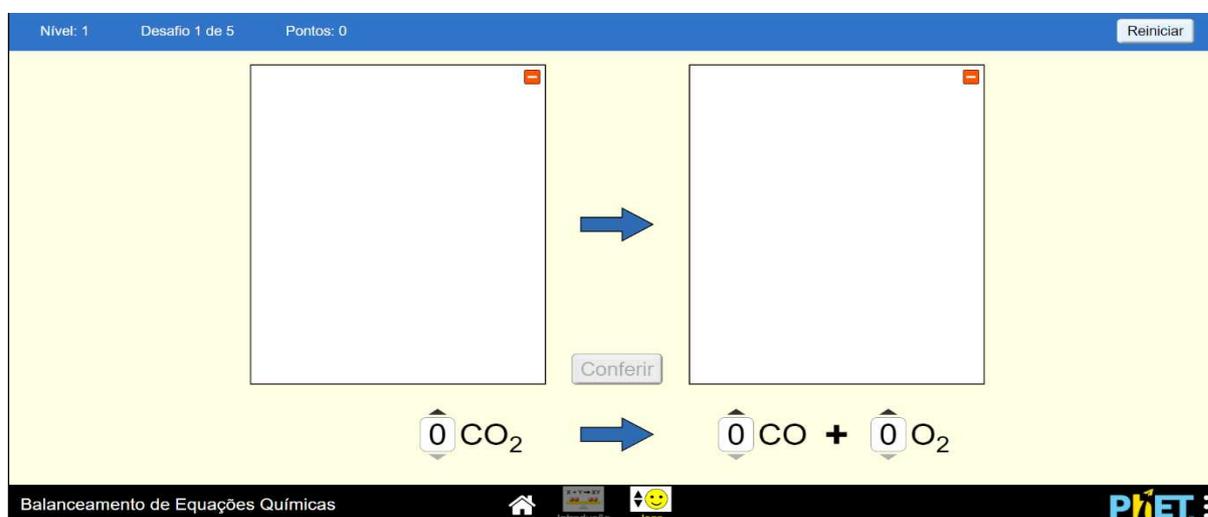
Figura 4 – Tela exibida na simulação após seleção da opção “Jogo” na tela inicial



Fonte: PhET (2023).

Como mencionado anteriormente, cada nível possui cinco reações aleatórias. Após a seleção de um nível o estudante é direcionado para a tela onde serão realizados os balanceamentos. A Figura 5, apresenta a tela contendo uma das reações do nível 1.

Figura 5 – Exemplo de reação aleatória obtida ao ser selecionado o nível 1 do jogo



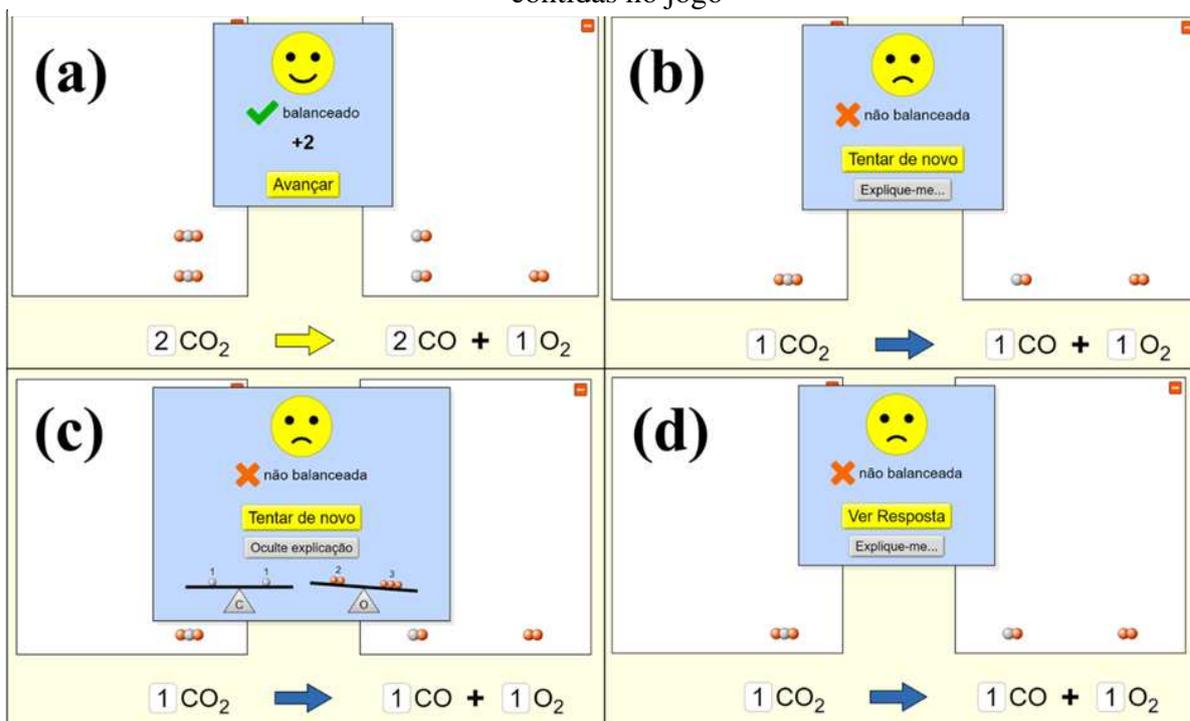
Fonte: PhET (2023).

Como pode-se observar na parte superior da tela, há um marcador do nível escolhido, o desafio correspondente, que varia de 1 a 5, bem como a pontuação obtida atualmente. Ao

selecionar os coeficientes estequiométricos que o estudante acredita balancear a equação, tem-se a opção “conferir”, onde o simulador indicará se a equação está balanceada ou não. Um destaque para as reações do jogo, é que não há a opção de escalas ou gráfico de barras como no modo “Introdução” (Figura 3). Além disso, o discente possui duas tentativas por equação para que seja dado um feedback se a equação está ou não balanceada.

A Figura 6 mostra as possíveis mensagens que aparecem aos discentes durante o balanceamento das equações. Nesse caso, considerou-se a equação apresentada na Figura 5.

Figura 6 – Telas possíveis apresentadas ao usuário durante ao balanceamento das equações contidas no jogo



Fonte: PhET (2024).

A Figura 6-a exibe a mensagem “balanceado” que aparece exclusivamente quando os coeficientes estequiométricos estão corretos. Além disso, também é mostrada a pontuação obtida. A Figura 6-b apresenta a mensagem exibida quando os coeficientes estequiométricos estão incorretos, contendo a indicativa “não balanceada”, bem como a opção “tentar de novo” e “explique-me”, sendo possível, através desta última, entender o erro no balanceamento (Figura 6-c). Após uma segunda tentativa incorreta de balanceamento (Figura 6-d), além do indicativo “não balanceada”, também aparece a opção “ver resposta” que mostra a solução para o usuário, todavia, este não recebe a respectiva pontuação da equação.

A utilização da *sim* balanceamento de equações químicas através da opção “Introdução” pode ser interessante para que os estudantes possam, de início, adquirir a habilidade de

identificar e trabalhar com uma equação não balanceada, utilizando somente os gráficos de barras ou as escalas de equilíbrio para tal. Todavia, é a partir do jogo que estes irão aprofundar e desenvolver estratégias mais gerais para balanceamento, além de concentrar sua atenção nos símbolos e moléculas.

O professor pode ainda, esconder as moléculas para que os estudantes, além de balancear, possam desenhar as moléculas envolvidas, o que pode levá-los a internalizar as diferenças entre coeficientes estequiométricos, subscritos nas fórmulas moleculares e se sentirem à vontade para imaginar, ou materializar mentalmente os símbolos de cada substância em nível molecular. Diversas outras estratégias podem ser utilizadas pelo professor durante a utilização da *sim*, destacando-se a comparação das estratégias de balanceamento ou o questionamento da utilização de apenas números inteiros como coeficientes estequiométricos na simulação. Como discutido anteriormente, o site do projeto PhET traz diversas atividades elaboradas por outros docentes que podem ser adaptadas e aplicadas em diferentes situações e realidades em sala de aula.

É possível destacar que a *sim* Balanceamento de Equações Químicas possibilita a visualização de átomos e moléculas em escala macroscópica podendo melhorar a percepção dos alunos em relação ao conteúdo, além do surgimento de uma nova compreensão de Ciência, especialmente pelas vantagens apresentadas pelo design da simulação (Mendes; Santana; Pessoa Júnior, 2015; Mamombre, Mathabathe; Gaighe, 2021).

Para Cotes e Cotuá (2014), dentre as diversas contribuições da utilização dessa ferramenta, a que mais se destaca é a capacidade de adequação da *sim* ao conteúdo. Isso é evidenciado ainda mais pela possibilidade de balancear diferentes tipos de Reações Químicas na simulação, podendo-se abrir espaço para discussão dos quatro principais tipos de Reação encontradas na natureza, a saber: Reação de síntese ou combinação, que ocorre quando “duas ou mais substâncias sofrem uma transformação que dá origem a uma única substância diferente, geralmente liberando energia” (Fonseca, 2016, p. 76). A formação de dióxido de carbono (gás carbônico) é um exemplo deste tipo de reação (Equação 3).



A possibilidade de reação entre dois ou mais reagentes e a formação de um único produto, conforme mostra a reação anterior, é uma característica importante que permite a identificação desse tipo de reação química.

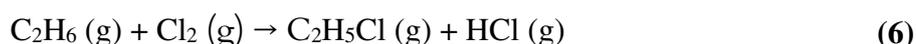
Outro tipo de Reação Química comumente encontrada, inclusive na simulação, é a de análise ou decomposição. Ela ocorre “quando uma única substância sofre uma reação química que dá origem a duas ou mais substâncias diferentes” (Fonseca, 2016, p.76). Diferentemente das reações de síntese, a reação de análise apresenta uma substância composta nos reagentes, ou seja, formada por dois ou mais elementos diferentes. A decomposição do gás carbônico em monóxido de carbono e gás oxigênio é um exemplo que pode ser mencionado (Equação 4).



Há também as reações de simples troca, que ocorrem entre uma substância simples e uma composta, onde um dos átomos da substância composta troca de lugar e forma uma nova molécula, a partir da junção com a substância simples presente nos reagentes (Milaré; Marcondes; Rezende, 2014). Um exemplo retirado da *sim* de balanceamento de equações químicas é a formação de água a partir da reação de dióxido de enxofre com gás hidrogênio (Equação 5).



Nota-se que na equação de simples troca, o oxigênio (O) que era ligado ao enxofre (S) antes da reação passou a ser ligado ao hidrogênio (H) após a reação. Outro exemplo semelhante à este tipo de reação, são as reações de dupla troca, cuja diferença consiste basicamente na troca de elementos entre duas substâncias compostas, gerando novas substâncias compostas (Milaré; Marcondes; Rezende, 2014), em vez de uma simples e uma composta como no caso anterior. A formação de ácido clorídrico a partir de etano e gás cloro é um exemplo de reação de dupla troca, retirado da simulação (Equação 6).



É possível encontrar na literatura diferentes trabalhos que abordam a utilização do projeto PhET para o ensino de balanceamento de equações químicas, através da *sim* apresentada anteriormente. Por exemplo, Souza *et al.* (2020) analisaram as simulações disponíveis no site PhET e concluíram que a simulação de balanceamento de equações químicas permite ao estudante balancear diferentes tipos de Reações Químicas e obter noções de cunho quantitativo

acerca das moléculas presentes nas reações, relacionando-as aos reagentes e/ou produtos. Em outro estudo, Martins *et al.* (2020) realizaram uma pesquisa exploratória com 50 discentes e 1 docente de Química de duas turmas da segunda série do Ensino Médio. Os autores aplicaram a sim balanceamento de equações químicas e concluíram que a utilização do recurso nas aulas de Química é importante pois permite uma melhor visualização dos símbolos, uma vez que a simulação apresenta esses símbolos de forma macroscópica, facilitando assim a compreensão do conteúdo. Ressaltaram ainda que os ambientes virtuais de simulação oferecem aos professores uma ampla estrutura de suporte para a realização de suas práticas pedagógicas.

Mendes, Santana e Pessoa Júnior (2015) realizaram uma pesquisa em duas turmas do 2º ano do Ensino Médio. Em uma turma, foram ministradas aulas tendo como recurso a *sim* balanceamento de equações químicas, enquanto na outra, as aulas foram ministradas apenas de forma tradicional. Ao concluir as aulas, o nível de aprendizagem dos alunos foi testado a partir da resolução de três equações químicas não balanceadas e apenas 20% dos estudantes que faziam parte da turma cuja simulação não foi aplicada, conseguiram balancear com êxito as equações propostas. Em contrapartida, cerca de 80% dos estudantes que utilizaram as simulações conseguiram responder às equações propostas. A partir disso, os autores destacaram que a baixa quantidade de acertos no balanceamento, sugere que as metodologias tradicionais não conseguem fazer com que o aluno entenda as “representações macroscópicas, microscópicas e simbólicas usadas cotidianamente no balanceamento de equações químicas” (Mendes; Santana; Pessoa Júnior, 2015, p.58).

Piedade *et al.* (2016) desenvolveram um estudo em duas turmas do 1º ano do Ensino Médio. Em uma turma, o professor agiu como mediador e os estudantes puderam manipular a *sim* PhET de balanceamento de equações químicas, enquanto na segunda turma, os estudantes tiveram aulas teóricas tradicionais acerca do conteúdo, sem a utilização da *sim*. Ao final das aulas foi aplicado um questionário para avaliar o rendimento de ambas as turmas. Os autores concluíram que, apesar da simulação PhET contribuir para a aprendizagem de balanceamento de equações químicas, proporcionando motivação e desenvolvendo habilidades e competências que não são adquiridas em atividades comuns na sala de aula, devido sua baixa robustez, esta não substitui o professor no ensino do referido conteúdo, destacando que o “êxito do ensino de balanceamento de equações ainda depende do nível de aprofundamento do professor em relação às novas tecnologias” (Piedade *et al.*, 2016, p. 75).

Como apresentado até aqui, diversas são as vantagens de se trabalhar o conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas utilizando-se o projeto PhET, bem como muitas são as estratégias para promover o ensino e aprendizagem dos estudantes. Das possíveis metodologias

que podem ser utilizadas, este trabalho tem como foco o desenvolvimento de uma Sequência Didática no contexto do construcionismo educacional, a ser discutida nos próximos tópicos.

### **3.5 Sequências Didáticas: Ensino de Balanceamento de equações Químicas através da *sim* PhET**

Este subcapítulo traz a definição de metodologias ativas com o objetivo de destacar as Sequências Didáticas. Dessa maneira, são abordadas as principais características das Sequências Didáticas e de que maneira o *software* PhET pode ser utilizado para o ensino de Balanceamento de Equações Químicas.

#### **3.5.1 Metodologias Ativas e Sequências Didáticas**

As metodologias ativas surgem da necessidade de incentivar os alunos a aprenderem de forma autônoma, tendo como base situações reais, a partir das quais estes certamente vivenciarão em sua vida profissional. Assim, as metodologias ativas são compreendidas como pilares capazes de sustentar processos de reflexão, integração cognitiva, generalização e também reelaboração de novas práticas, podendo colocar os discentes frente a desafios e problemas que sejam capazes de estimular seu potencial intelectual (Morán, 2015; Paiva *et al.*, 2016). Dessa maneira, o professor pode criar diferentes estratégias de ensino para a formação de seus alunos e desafiá-los visando o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. Ademais, essas metodologias também podem estimular os estudantes a aprenderem de forma autônoma, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

Barbosa e Moura (2015) enfatizam que as metodologias ativas apresentam contribuições importantes para a criação de ambientes e aprendizagens contextualizadas. Diante disso, tratando-se do Ensino de Ciências, é preciso destacar que pelo fato de os conteúdos programáticos serem principalmente de cunho abstrato, as metodologias ativas são “uma abordagem pedagógica inovadora, capaz de atender à complexidade do processo ensino-aprendizagem que vai além da memorização excessiva do conteúdo” (Segura; Kalhil, 2015, p. 87).

Das metodologias ativas mais utilizadas atualmente, pode-se destacar as Sequências Didáticas (SD). Essa metodologia é capaz de atuar em vários espaços de construção do conhecimento e é responsável por quebrar paradigmas, como aquele que afirma que o professor é o único detentor do conhecimento. Assim, as SDs podem ser definidas como atividades

simples e conectadas entre si, planejadas de forma dinâmica com o objetivo de delimitar as fases e/ou atividades desenvolvidas nas disciplinas (Oliveira, 2013).

Para Zabala (1998), as atividades presentes dentro da SD precisam ser planejadas e conectadas umas com as outras para que aconteça uma melhor dinâmica no processo de ensino-aprendizagem. Segundo o referido autor, as Sequências Didáticas: a) são voltadas para objetivos específicos; b) esquematizam as práticas educativas; c) consideram os tipos de atividades e a forma como são executadas como aspectos importantes para a especificidade da proposta didática; d) apontam quais funções são desempenhadas no desenvolvimento de cada atividade durante o processo de construção do conhecimento; e, e) analisam vários aspectos da atividade, tais como: funcionalidade, ausência ou ênfase que devem ser atribuídas.

Além das características mencionadas anteriormente por Zabala, Leite *et al.* (2020) apresentam as contribuições das Sequências Didáticas para o aspecto cognitivo dos estudantes, enfatizando que podem estimular o trabalho em equipe, são capazes de melhorar a capacidade de observação e contribuem para a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

### ***3.5.2 Sequências Didáticas que utilizam a simulação interativa PhET para o ensino de Balanceamento de Equações Químicas***

As Sequências Didáticas, podem, dentre outros aspectos, estarem associadas a outras ferramentas de Ensino, tais como às TDICs. A partir dessa junção, podem proporcionar melhorias na recuperação de conteúdos considerados complexos e abstratos e ajudar na superação de dificuldades de aprendizagem. Ademais, possibilitam a inserção de recursos durante as aulas, tais como vídeos de animação, simulações, criação de sites, Google sala de aula e ambientes virtuais de aprendizagem (Lemos; Kaiber, 2019; Borges, 2019).

Nesse contexto, podem-se destacar alguns trabalhos cujos autores desenvolveram Sequências Didáticas, as quais fazem uso da *sim* PhET Balanceamento de Equações Químicas. Correia, Camargo e Furlani (2021), desenvolveram uma SD em uma turma do 2º ano do Ensino Médio que contou com aulas teóricas, experimentais, resolução de exercícios e aplicação dos conhecimentos na *sim* PhET. Os autores concluíram que a utilização do simulador como complemento às aulas teóricas e experimentais foi fundamental, principalmente pela facilidade de não exigir acesso à internet e levando os estudantes a relacionarem aspectos moleculares com aspectos macroscópicos, visando à compreensão conjunta do balanceamento e sua relação com as leis de Lavoisier.

Em outro estudo, Leite *et al.* (2020) utilizou a simulação interativa PhET como atividade integrante de uma SD para o ensino de Reações Químicas que contou também com atividades como aulas teóricas e experimentais, recursos lúdicos, trabalhos em grupo e avaliação das atividades através de um aplicativo para celular. Durante a realização da atividade, os autores verificaram que a utilização do PhET promoveu interação, satisfação, descontração e envolvimento dos estudantes. Além disso, foi possível promover a participação ativa dos estudantes, os quais fizeram uso apenas da opção “Introdução” da simulação, onde a partir do balanceamento das equações pré-definidas, foi realizada uma discussão dinâmica e interativa a respeito dos átomos, moléculas, equações químicas e coeficientes estequiométricos durante o balanceamento.

Sampaio (2017) produziu como produto educacional de mestrado profissional um manual de algumas das principais simulações contidas no projeto PhET englobando conceitos de Reações Químicas, além de uma SD desenvolvida com o intuito de abordar as simulações apresentadas, dentre elas a de Balanceamento de Equações Químicas. Dentre as atividades que compõem a SD, está a realização das simulações no laboratório de informática. A aplicação da atividade, segundo a autora, foi capaz de levar os estudantes a tirar dúvidas quanto ao balanceamento de equações químicas, além destes demonstrarem interesse pelo manuseio do simulador.

Obaya, Barocio e Rodríguez (2021) realizaram um estudo com o objetivo de desenvolver uma SD com o simulador PhET para melhorar o ensino da Lei de Conservação da Matéria e sua relação com reações químicas, sendo a primeira vez que um modelo não tradicional e baseado em TDICs foi implementado na escola em que foi realizada a pesquisa. A sim Balanceamento de equações químicas foi utilizada por 30 estudantes com idades entre 15 e 18 anos. Ao final da simulação, foi aplicado um instrumento avaliativo contendo questões acerca do conteúdo e as questões envolvendo o balanceamento de equações químicas. Apesar de terem tido menor quantidade de acertos, evidenciaram que a implementação da *sim* pode estabelecer as bases para facilitar a compreensão de tópicos complexos envolvidos no balanceamento de uma equação química.

Com base no exposto, fica evidente a importância do desenvolvimento de SDs que abordem a utilização da *sim* interativa de balanceamento de equações químicas para facilitar a aprendizagem do referido conteúdo. No entanto, além de sua utilização, outro ponto em comum entre todos os trabalhos citados é que utilizaram a *sim* apenas como atividade complementar da SD, sendo este meramente “incorporado” dentro da proposta. Em um primeiro momento, esta incorporação parece favorecer e até facilitar a aprendizagem dos conceitos envolvidos no

balanceamento de equações químicas, no entanto, isso não garante que os estudantes tenham desenvolvido uma aprendizagem verdadeiramente significativa. Acrescenta-se a isso a necessidade de uma forma de avaliação contínua e não somente quantitativa, visando à compreensão dos processos envolvidos e a forma como os educandos adquirem as competências e habilidades necessárias à compreensão do conteúdo a partir da utilização da referida simulação.

Diante do exposto, pode-se destacar de forma crítica, que a simples utilização do simulador PhET incrementado em metodologias ativas como as SDs não é suficiente para que o ambiente escolar favoreça e culmine na aprendizagem significativa dos discentes. Assim, o professor precisa ter clareza dos objetivos a serem atingidos e qual a melhor maneira de inserir o recurso tecnológico em uma SD (Brasileiro; Matias, 2019). Diante disso, esta pesquisa pauta-se na associação entre a Tecnodocência e o Construcionismo de Papert como pilares para o desenvolvimento de uma SD que aborda a utilização da *sim* PhET para o ensino de balanceamento de Equações Químicas.

## **4 METODOLOGIA**

Com o intuito de alcançar o objetivo almejado da pesquisa é apresentada a organização metodológica adotada para o seu desenvolvimento, elencando-se seus elementos constituintes: delineamento e tipo de pesquisa; sujeitos e lócus da pesquisa; coleta de dados e os instrumentos utilizados; análise de dados; e, aspectos éticos e legais da pesquisa.

### **4.1 Delineamento e tipo de pesquisa**

A presente pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa por mostrar características subjetivas, que não podem ser quantificadas. Trata-se de um estudo que visa a interação entre sujeitos, pesquisadores e objetivos da pesquisa e exige uma ampla abordagem do objeto pesquisado.

A pesquisa qualitativa é definida por Gomes e Gomes (2019) como o estudo de questões com foco em interesses amplos que são construídos durante o desenvolvimento da investigação. É caracterizada pela capacidade de obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares, processos interativos e pelo contato direto entre pesquisador, sujeitos da pesquisa e objeto de estudo. As análises qualitativas possuem diferentes tipos de profundidades, partindo desde descrições simples a observações mais complexas.

Segundo Yin (2001), uma pesquisa se caracteriza como qualitativa quando apresenta cinco características: estuda o significado da vida dos sujeitos em contexto real, representa as perspectivas de pensamento dos sujeitos de maneira interpretativa, abrange as condições contextuais onde os sujeitos estão inseridos, utiliza conceitos teóricos que auxilia na explicação do comportamento humano, e, utiliza múltiplas fontes de evidência a serem comparadas. Dentro dessa perspectiva, a presente pesquisa se encaixa em todos os quesitos, uma vez que vai trabalhar com alunos em contexto real e significativo como o escolar, utilizando conceitos teóricos sobre Química e Construcionismo, além de utilizar três fontes de evidência diferenciados (questionário inicial, observação e questionário final) a serem comparados de forma interpretativa, conforme evidenciado em subcapítulo posterior sobre a coleta de dados.

Quanto à natureza dos objetivos da pesquisa, esta é classificada como exploratória, pois, existe familiaridade dos sujeitos com o problema de estudo, há necessidade de um levantamento bibliográfico e acontece uma aproximação com a realidade do objeto de estudo. Gil (2007) aponta que a maioria desses estudos envolvem: pesquisa bibliográfica; entrevista com pessoas que estejam relacionadas às experiências práticas do problema pesquisado; e, análise de

exemplos que ajudem na compreensão do problema. O autor entende que a pesquisa do tipo exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito na construção da coleta e análise de dados.

O estudo em questão, é classificado quanto ao delineamento, como pesquisa de intervenção. A escolha dessa abordagem ocorreu pelo fato de existir um envolvimento e uma identificação entre o pesquisador e os sujeitos da pesquisa. Outros fatores que favoreceram a escolha foram: a capacidade da pesquisa de intervenção ser realizada com os sujeitos e para os sujeitos; a possibilidade de realização de avaliações no decorrer do processo, a facilitação da assimilação dos conteúdos pelos sujeitos e intenção de intervir na realidade educacional.

Damiani *et al.* (2013, p.58) compreendem a pesquisa de intervenção como “investigações que envolvem o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações) – destinadas a produzir avanços, melhorias nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências”. Acrescentam ainda a realização da pesquisa fora de ambientes protegidos, tal qual o laboratório, e o fato de serem realizadas por pessoas que estejam envolvidas no processo, remetem ao enfoque da realização com e para o sujeito.

#### **4.2 Caracterização dos sujeitos da pesquisa**

A aplicação da pesquisa ocorreu entre os meses de agosto, setembro e outubro de 2023 com 16 discentes de uma turma de primeiro ano do Ensino Médio em uma Escola da Rede Pública Estadual do Piauí matriculados no turno matutino. Os sujeitos da pesquisa têm faixa etária entre 15 e 18 anos de idade participando de uma turma mista, com alunos tanto do gênero feminino quanto masculino.

A escolha da escola e da turma está diretamente relacionada com o fato da pesquisadora ser professora na referida escola e já possuir um contato direto com os alunos. Esse aspecto ajuda no desenvolvimento da pesquisa, pois já existe um conhecimento prévio acerca das dificuldades que poderão surgir no decorrer da investigação. Além disso, existe uma relação entre professora e sujeitos da pesquisa, que poderá ser relevante durante a realização das intervenções em sala de aula.

A escola conta com cinco turmas de primeiro ano, sendo três no turno matutino e duas no turno vespertino. Optou-se por uma turma do turno da manhã por apresentar algumas características importantes que auxiliarão no desenvolvimento da pesquisa, tais como: quantidade de alunos ideal para a divisão das equipes durante as intervenções em sala de aula;

alunos que apresentam afinidade em relação à disciplina de Química; turma participativa e com maior quantidade de presença em sala de aula. É importante ressaltar que a escolha do turno matutino ocorreu pelo fato de os alunos residirem na mesma cidade da escola e não enfrentarem problemas com transporte como ocorre no turno vespertino, visto que os alunos precisam se direcionar de comunidades circunvizinhas para a escola. Devido a isso, a quantidade de alunos faltosos no turno da tarde é bem superior ao turno da manhã.

A disciplina de Química faz parte da grade curricular do Ensino Médio. É dividida geralmente em três partes, sendo: Química Geral; Físico-Química e Química Orgânica. As aulas acontecem semanalmente nas três séries do Ensino Médio. No primeiro ano são abordados conteúdos relacionados à Química Geral e acontecem duas aulas semanais. Já no segundo ano são trabalhados conteúdos de Físico-Química e também acontecem duas aulas por semana. Por fim, o terceiro ano conta com três aulas semanais e aborda os conteúdos de Química Orgânica.

### **4.3 Contextualização do *Lócus* da pesquisa**

A Escola Pública Estadual do Piauí conta com uma sede localizada na cidade do interior, Simões - PI, e com dois anexos localizados em povoados circunvizinhos. São ofertadas aulas a um total de 502 alunos. Dessa quantidade, 338 alunos estão matriculados na sede, enquanto 164 estão divididos nos dois anexos. As aulas dos anexos e da sede são ofertadas nas três séries do Ensino Médio. No entanto, a sede é a única que oferece aulas nos três turnos: manhã, tarde e noite. Os anexos oferecem aulas em apenas um turno, sendo um à tarde e outro à noite.

A unidade escolar foi fundada em 1993, sendo o primeiro dia de aula na instituição em 23 de março do referido ano. Atualmente, a escola não funciona no seu prédio. Devido à grande demanda de matrículas, a escola passou a funcionar no espaço de outra instituição também pertencente à rede estadual de educação do Piauí. Quanto à estrutura do espaço escolar, conta-se atualmente com sete salas de aula climatizadas e monitoradas por câmeras de segurança, uma sala para professores, uma sala para o grupo gestor, um pátio, uma cantina, uma biblioteca e quatro banheiros.

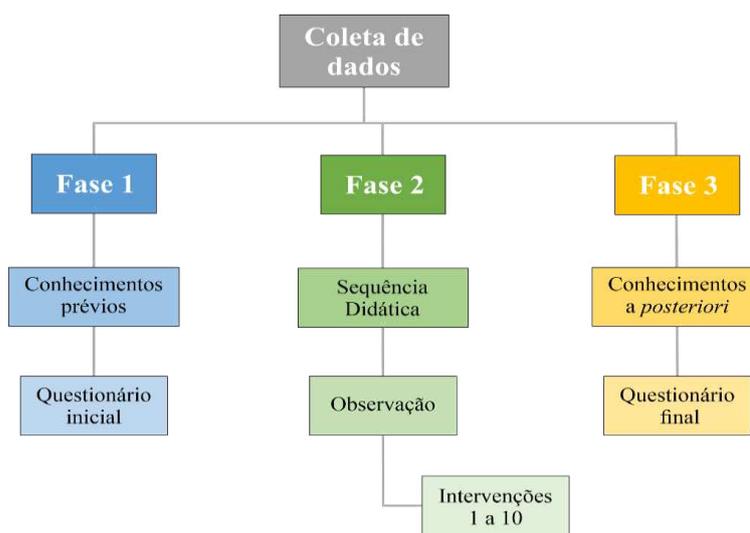
A instituição não possui refeitório, os alunos utilizam o pátio ou a sala de aula para realizarem as refeições, não conta com laboratórios de Ciências e de Informática e a biblioteca disponível não disponibiliza material aos alunos devido à ausência de um funcionário para gerenciar o espaço. Quanto aos recursos tecnológicos, a instituição conta apenas com um projetor e um notebook que funcionam através de agendamento prévio. A escola disponibiliza duas redes de internet aos funcionários. No entanto, os alunos não têm acesso à internet,

somente mediante a realização de alguma atividade programada pelo professor, nesse caso é liberado o uso de celulares e os alunos recebem um login para acesso à internet.

#### 4.4 Coleta de Dados

A coleta de dados foi dividida em três fases: inicial, intermediária e final (Figura 7).

Figura 7 – Fases da coleta de dados



Fonte: A autoria própria (2024).

Na primeira fase é realizada a aplicação de um questionário inicial no primeiro dia de coleta de dados e busca-se identificar o perfil dos sujeitos, seus conhecimentos conceituais a respeito do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas. O questionário é aplicado no formato impresso e conta com 37 questões subdivididas da seguinte maneira: 10 questões objetivas sobre os dados personográficos e 27 questões subjetivas conceituais, que tem como objetivo identificar o conhecimento dos alunos acerca das definições sobre Balanceamento de Equações Químicas e compreender o quanto eles entendem acerca de Equações balanceadas ou não balanceadas (Apêndice A).

Na segunda fase acontece a aplicação da Sequência Didática que está organizada em 10 intervenções, cada intervenção corresponde a uma aula de 50 minutos. Em cada uma delas é elaborado um relatório de pesquisa (Apêndice B) pelos alunos e um relatório de observação pela pesquisadora (Apêndice C).

Na primeira intervenção, a turma é dividida em 10 equipes, cada uma delas composta por 3 alunos. São levados para a sala de aula produtos que contenham Amônia (tinta para

cabelo, amoníaco, descolorante) para que os grupos possam observar as características do produto que contém essa substância como cor, cheiro, viscosidade, anotando essas características em um relatório de pesquisa (Apêndice B) deles. Logo após, os alunos balanceiam a Equação da Síntese de Amônia sozinhos utilizando a simulação “Balanceamento de Equações Químicas” presente no simulador PhET. E o resultado correto é lançado no relatório de pesquisa, anotado na lousa pela pesquisadora. Os alunos realizam pesquisas sobre o significado  $N_2$  (gás nitrogênio),  $H_2$  (gás hidrogênio) e  $NH_3$  (amônia), trazendo seus respectivos nomes, identificando se são moléculas ou átomos e como ocorre a reação química entre eles. Os resultados são anotados no relatório de pesquisa (Apêndice B).

Na segunda intervenção, a turma continua dividida em equipes e é levado para a sala de aula água para que os grupos possam observar suas características: cor, cheiro, viscosidade, anotando essas características em seus relatórios de pesquisa. Os alunos balanceiam a equação da Hidrólise sozinhos utilizando a simulação “Balanceamento de Equações Químicas” presente no simulador PhET. O resultado correto é lançado no relatório de pesquisa e anotado na lousa pela pesquisadora. Os alunos pesquisam sobre o significado de  $H_2O$  (água),  $H_2$  (gás hidrogênio) e  $O_2$  (gás oxigênio), trazendo seus respectivos nomes, identificando se são moléculas ou átomos e como ocorre a reação química entre eles. Os resultados são anotados no relatório de pesquisa (Apêndice B). Concluindo essa etapa, é realizada uma discussão sobre os conceitos de átomo, molécula, reações químicas, equações químicas e balanceamento por meio de questionamentos aos alunos.

Na terceira intervenção, com os alunos ainda divididos em equipes, é levado para a sala um vídeo tratando sobre o metano e a queima do metano para que os grupos possam observar suas características: cor, cheiro, viscosidade, anotando essas características em um relatório de pesquisa deles (Apêndice B). Após o vídeo, os alunos balanceiam a equação da queima do metano sozinhos utilizando a simulação “Balanceamento de Equações Químicas” presente no simulador PhET. O resultado correto é lançado no relatório de pesquisa e anotado na lousa pela pesquisadora. Os alunos realizam pesquisas sobre o significado de  $CH_4$  (gás metano),  $O_2$  (gás oxigênio),  $CO_2$  (dióxido carbônico),  $H_2O$  (água) trazendo os nomes, identificando se são moléculas ou átomos e como ocorre a reação química entre eles. Os resultados são anotados no relatório de pesquisa (Apêndice B). Por fim, é realizada uma discussão sobre os conceitos de átomo, molécula, reações químicas, equações químicas e balanceamento por meio de questionamentos aos alunos.

Na quarta intervenção, os alunos utilizam o Jogo do Simulador PhET - Nível 1 totalizando 5 desafios, ou seja, 5 reações químicas para serem balanceadas. Para cada equação

química, os alunos anotam no relatório de pesquisa, diferenciando as equações cujo balanceamento está errôneo das que apresentam balanceamento correto. Os alunos realizam pesquisas sobre o significado dos átomos e moléculas de uma das equações químicas que cometeu erro no balanceamento, fazendo anotações no relatório de pesquisa.

Na quinta intervenção, os alunos apresentaram a Equação Química que estudaram na intervenção 4, explicando os conceitos de átomo, molécula, reações químicas, equações químicas e balanceamento da equação específica. Todos os grupos têm seu momento de apresentação e discussão sobre o assunto com os demais colegas.

Na sexta intervenção, os alunos utilizam o Jogo do Simulador PhET - Nível 2 totalizando 5 desafios, ou seja, 5 reações químicas para serem balanceadas. Para cada equação química os alunos anotam no relatório de pesquisa, diferenciando as equações cujo balanceamento está errôneo das que apresentam balanceamento correto. Os alunos pesquisam sobre o significado dos átomos e moléculas de uma das equações químicas que cometeu erro no balanceamento, fazendo anotações no relatório de pesquisa (Apêndice B).

Na sétima intervenção, os alunos apresentaram a Equação Química que estudaram na intervenção 6, explicando os conceitos de átomo, molécula, reações químicas, equações químicas e balanceamento da equação específica. Todos os grupos têm seu momento de apresentação e discussão sobre o assunto com os demais colegas.

Na oitava intervenção, os alunos utilizam o Jogo do Simulador PhET - Nível 3 (Mais elaborados) totalizando 5 desafios, ou seja, 5 reações químicas para serem balanceadas. Para cada equação química, os alunos anotam no relatório de pesquisa, diferenciando as equações cujo balanceamento está errôneo das que apresentam balanceamento correto. Os alunos pesquisam sobre o significado dos átomos e moléculas de uma das equações químicas que cometeu erro no balanceamento, fazendo anotações no relatório de pesquisa (Apêndice B).

Na nona intervenção, os alunos apresentaram a Equação Química que estudaram explicando os conceitos de átomo, molécula, reações químicas, equações químicas e balanceamento da equação específica. Todos os grupos têm seu momento de apresentação e discussão sobre o assunto com os demais colegas.

Na décima intervenção, acontece o compartilhamento dos relatórios de pesquisa (Apêndice B), das experiências vivenciadas, destacando-se os pontos positivos, negativos, o que eles compreendem sobre o processo de aprendizagem, como o simulador auxiliou nesse processo. Ao término do compartilhamento dos relatórios, os estudantes responderam um questionário de autoavaliação composto por 16 questões, com o objetivo de fornecer aos participantes uma oportunidade de refletir sobre os conhecimentos adquiridos e as dificuldades

enfrentadas durante a realização da pesquisa diante da seguinte questão: qual a percepção dos estudantes acerca da utilização do simulador PhET no conteúdo Balanceamento de Equações Químicas?

Na terceira fase é aplicado o questionário final no formato impresso com o objetivo de identificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos após a aplicação da Sequência Didática. O questionário é aplicado no formato impresso e conta com 27 questões subjetivas conceituais com o objetivo de entender se os sujeitos participantes da pesquisa conseguiram compreender as definições dos conceitos de Balanceamento de Equações Químicas, se conseguiram diferenciar equações balanceadas e não balanceadas e se ao identificar, conseguiram realizar o balanceamento (Apêndice D).

Para atender o objetivo geral da presente pesquisa que se trata de “avaliar a efetividade de uma abordagem de ensino sobre os conceitos de Reações Químicas a partir da aplicação de Sequência Didática pautada no Construcionismo com o uso do simulador PhET de Balanceamento de Equações Químicas” realiza-se uma síntese esquemática que relaciona objetivo e instrumento de coleta de dados (Quadro 2).

Quadro 2 – Esquema representativo da coleta de dados

Objetivo Específico	Coleta de dados e Instrumento
Verificar quais são os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio sobre os conceitos de Reação Química e Balanceamento de Equações Químicas.	Aplicação de um questionário com 37 questões subdivididas da seguinte maneira: 10 questões objetivas sobre os dados pessoais e 27 questões subjetivas conceituais sobre o conteúdo Balanceamento de Equações Químicas.
Identificar quais são as compreensões conceituais e procedimentais sobre Reação Química que os alunos do Ensino Médio apresentaram quando utilizaram o simulador de Balanceamento de Equações Químicas durante a execução de Sequência Didática.	Aplicação de Sequência Didática com 10 intervenções com alunos do Ensino Médio sobre os conceitos do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas fazendo uso do simulador computacional PhET, com coleta de dados realizada por meio da elaboração de 10 relatórios de observação.
Comparar os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio com os conhecimentos <i>a posteriori</i> sobre os conceitos de Reação Química e Balanceamento de Equações Químicas.	Aplicação do questionário final composto por 27 perguntas subjetivas conceituais com alunos do Ensino Médio sobre os conceitos do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, com o objetivo de compreender como os alunos definem o conteúdo a partir da realização da Sequência Didática e entender a capacidade do aluno em identificar equações balanceadas ou não, bem como sua facilidade em fornecer o balanceamento correto quando necessário.

Fonte: Autoria própria (2024).

Essa organização permite que todos os objetivos da pesquisa sejam atendidos, mediante a utilização de instrumentos de coleta de dados específicos. Os dados coletados são

armazenados em pastas específicas, separadas por instrumentos e data de coleta, facilitando o acesso para posterior organização da análise de dados.

#### **4.5 Análise dos Dados**

A análise dos dados da pesquisa ocorre por meio da interpretação direta das informações apresentadas pelos sujeitos participantes com a aplicação do questionário inicial, das observações e do questionário final, mediante duas categorias a priori: conceitual e procedimental.

A Análise Textual Discursiva (ATD) é considerada como uma diversidade de abordagens que inclui uma variedade de conteúdos e análises de discurso. Nessa perspectiva Moraes e Galiuzzi (2006, p.118) definem a ATD como “análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa que são a análise de conteúdo e a análise de discurso”. Segundo os autores, a ATD é uma ferramenta aberta que estimula o usuário a conviver com uma abordagem que o coloca constantemente em contato com a construção/reconstrução de seus caminhos de análise de dados.

A ATD é composta por 5 etapas, sendo: I-unitarização, II-categorização, III-descrição, IV-interpretação e V-argumentação. Moraes e Galiuzzi (2006) compreendem a unitarização como a separação de textos em unidades de significados. Essas unidades podem por si mesmo gerar outros conjuntos de unidades empíricas. A categorização é entendida pelos autores como um processo que acontece após a unitarização e passa a fazer a articulação de significados e semelhanças de unidades de significados semelhantes. É necessário ainda nomear cada categoria e subcategoria, produzindo seus argumentos.

Após a categorização, acontece a descrição etapa que apresenta recortes do texto originais produzidos pelos sujeitos da pesquisa. Caregnato e Mutti (2006) consideram essa etapa fundamental, por ajudar no reconhecimento das categorias para sucessivas interpretações. Em seguida, acontece a interpretação que é compreendida como o momento em que ocorre a realização de uma leitura teórica dos fatos empíricos de forma profunda e completa. Por fim, a argumentação, que busca apresentar afirmações teóricas emergentes do processo de análise, percebendo os insights previstos durante o processo, além de realizar o fechamento de ideias deixando o texto o mais claro e objetivo possível.

Com o objetivo de facilitar a análise dos dados, os resultados foram categorizados em três grupos distintos. A primeira categoria, intitulada “Conceitos Fundamentais”, trata dos resultados relacionados ao conceito e à identificação de átomos e moléculas. A segunda

categoria, denominada “Reações Químicas”, engloba os resultados referentes aos conceitos e à identificação de equações químicas, reagentes e produtos. Por fim, a terceira categoria, intitulada “Balanceamento de Equações Químicas”, aborda o conceito e a identificação de coeficiente estequiométrico e o balanceamento de equações químicas.

#### **4.6 Aspectos Éticos e Legais da pesquisa**

A proposta de pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFC e, após análise foi aceito sob parecer consubstanciado do CEP de nº 5.911.837 (Anexo A). A submissão busca atender aos requisitos necessários para a realização dessa pesquisa, bem como para obtenção, análise e divulgação dos dados resultantes da investigação e a pesquisa só é iniciada após a aprovação.

Na realização da pesquisa, são obedecidos os aspectos éticos e legais em conformidade com a Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde (MS). Essa resolução orienta que a ética em pesquisa implica o respeito pela dignidade humana e a proteção devida aos participantes e que o agir ético do pesquisador demanda ação consciente e livre do participante.

São apresentados o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice E) e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), (Apêndice F), buscando a concordância dos participantes, por meio de assinatura, na execução da pesquisa e na divulgação dos resultados obtidos por meio dela. Nesse termo, assegura-se o anonimato dos sujeitos, a fim de evitar eventuais constrangimentos.

Aos sujeitos que serão divididos em grupos, são atribuídos códigos formados por uma letra e um número, a fim de diferenciá-los (G1; G2; G3; ...). Quando houver a necessidade de apresentação de dados individuais os sujeitos serão denominados no mesmo formato (A1; A2; A3; ...). Uma vez identificado, o grupo ou o sujeito segue com esse código nas demais fases da coleta de dados, a fim de facilitar a sistematização dos resultados. O TCLE e o TCLA também explicam a justificativa, as finalidades e a importância da pesquisa para o conteúdo Balanceamento de Equações Químicas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste capítulo é apresentar e discutir os resultados obtidos durante a aplicação da pesquisa. Para isso, a seção foi dividida em cinco partes: 5.1 Perfil dos sujeitos abordando os dados pessoais, tecnológicos digitais e tecnológicos específicos utilizados pelos estudantes; 5.2 Questionário Inicial; 5.3 Sequência Didática; 5.4 Questionário final; e 5.5 Questionário de autoavaliação que abordou cinco aspectos de acordo com a percepção dos estudantes, sendo eles: aprendizagem, dificuldade, superação, dedicação e o quanto gostou da pesquisa. Os itens 5.2 e 5.4 estão contemplando as três categorias analisadas: Conceitos Fundamentais, Equações Químicas e Balanceamento de Equações Químicas.

### 5.1 Perfil dos Sujeitos

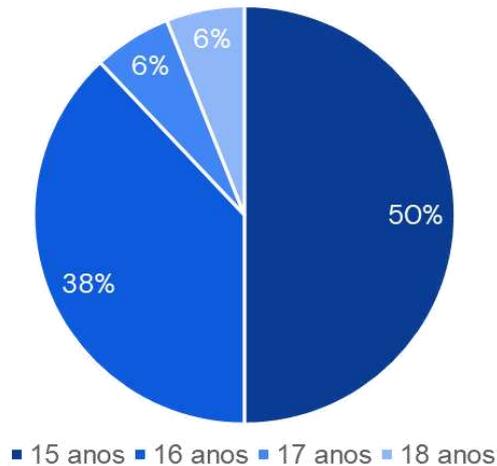
A descrição do perfil dos sujeitos da pesquisa se pauta em três critérios: dados pessoais, dados tecnológicos digitais e dados tecnológicos digitais específicos. Os dados são apresentados por meio de uma descrição dos resultados obtidos a partir da apresentação das frequências relativas no formato de gráficos, com apresentação posterior de uma conclusão parcial para cada um deles. O perfil dos sujeitos foi coletado a partir da aplicação do Questionário Inicial em 22/08/2023 participando 16 sujeitos no processo. As informações coletadas a respeito dos dados pessoais, dados tecnológicos e dados tecnológicos específicos, são descritas a seguir, nessa ordem.

#### 5.1.1 *Dados pessoais*

A turma é composta por estudantes do gênero masculino e feminino. O maior percentual é de mulheres totalizando 56% dos participantes. Os participantes apresentam faixa etária entre 15 e 18 anos de idade (Gráfico 1). Os dados obtidos demonstram que o maior percentual (50%) de estudantes participantes da pesquisa, tem faixa etária de 15 anos de idade, logo em seguida aparecem 38% com 16 anos de idade. Apenas 6% dos participantes têm faixa etária entre 17 e 18 anos de idade. Dessa forma, pode-se afirmar que a maioria dos estudantes tem a faixa etária esperada para o 1º ano do Ensino Médio, uma vez que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996 (LDB 96) estabelece que a Educação Básica deve ser concluída até os 17 anos e que os estudantes ingressam no Ensino Fundamental com 6 anos de idade e permanecem

durante 9 anos. Dessa forma, a idade ideal para iniciar o Ensino Médio é aos 15 anos de idade (Brasil, 2017).

Gráfico 1 – Faixa etária dos participantes da pesquisa

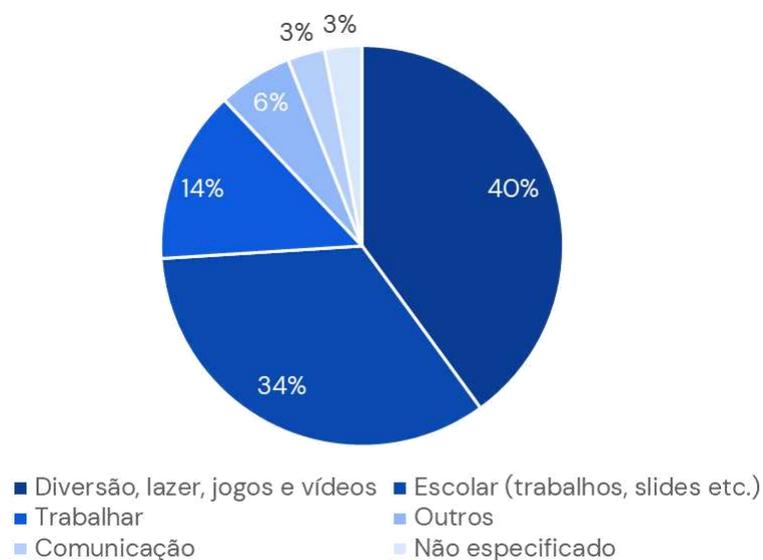


Fonte: Autoria própria (2024).

### 5.1.2 Dados tecnológicos digitais

O artefato tecnológico digital mais utilizado pelos sujeitos da pesquisa, é o celular. Todos afirmaram possuir um aparelho celular, em que utilizam com frequência para a realização de vários tipos de atividades, desde as escolares, quanto comunicação, jogos e lazer. A fim de compreender a maneira como os sujeitos fazem uso dessa ferramenta tecnológica digital, buscou-se identificar com qual finalidade os estudantes utilizam o aparelho (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Finalidade da utilização do celular



Fonte: Autoria própria (2024).

Sobre a finalidade da utilização do celular, um total de 40% dos estudantes afirmou que utilizam para diversão, lazer, jogos e vídeos; 34% mencionaram utilizar para atividades escolares, incluindo a elaboração de trabalhos, slides dentre outros; 14% dos sujeitos mencionaram ainda a utilização do aparelho para trabalhar. Um percentual de 6% informou realizar outros tipos de atividades através da utilização do aparelho.

Após compreender a finalidade do uso do aparelho por parte dos sujeitos, buscou-se identificar com qual frequência eles fazem uso do celular (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Frequência da utilização de celulares



Fonte: Autoria própria (2024).

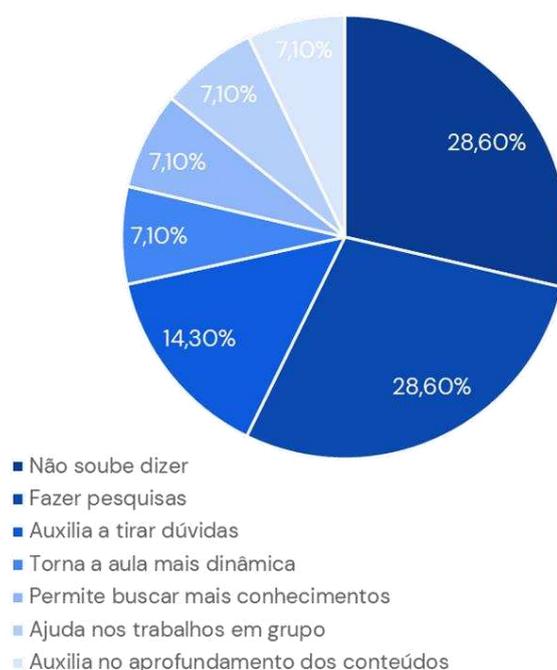
A frequência com que os estudantes utilizam o celular diariamente é bem expressiva, nenhum dos sujeitos mencionaram utilizar somente uma hora por dia. A maior parte dos respondentes, totalizando 69%, informaram utilizar mais de 5 horas por dia, 25% utilizam entre 4 e 5 horas durante o dia e somente 6% afirmaram utilizar entre 2 e 3 horas durante o dia.

Diante dos dados obtidos, pode-se afirmar que os estudantes têm familiaridade com o aparelho celular e domínio acerca das tecnologias digitais contemporâneas. Como observado anteriormente, nas atividades realizadas por eles a partir da utilização do celular e a frequência com que eles utilizam o aparelho, conclui-se que o celular é uma ferramenta bastante presente no cotidiano dos estudantes pesquisados. Após a compreensão da finalidade e frequência de utilização do celular, buscou-se compreender como esses artefatos são utilizados no ambiente escolar e nos conteúdos da disciplina de Química.

### 5.1.3 Dados tecnológicos específicos

Buscou-se entender se os estudantes acreditavam que a utilização de celulares em sala de aula ajuda na compreensão dos conteúdos de Química. Como resposta, 87% afirmaram que sim e somente 12% disseram que não. A justificativa das respostas foi variada, incluindo aqueles que não souberam expressar o que pensam sobre o assunto (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Justificativa apresentada pelos alunos



Fonte: Autoria própria (2024).

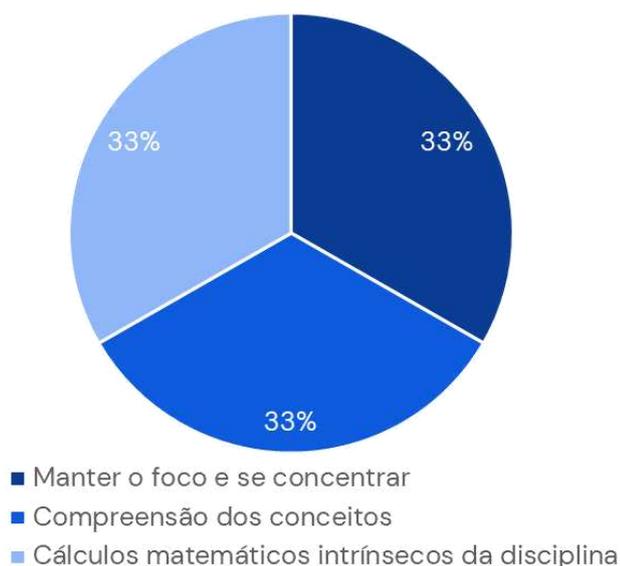
As justificativas apresentadas pelos estudantes variaram entre ajudar na realização de pesquisas (28,6%), ajudar a esclarecer dúvidas referente ao conteúdo (14,3%) além de tornar a aula mais atrativa e permitir maior busca por conhecimento (7,1%). Ainda referente a justificativa, um percentual de 28,6% dos respondentes não soube dizer quais melhorias a utilização do celular pode proporcionar na compreensão dos conteúdos.

Diante do exposto, conclui-se que os estudantes têm conhecimento da relevância da utilização do celular como ferramenta auxiliar no processo de aprendizagem dos conteúdos de Química. Nota-se que não limitaram a utilização da ferramenta apenas às atividades cotidianas que costumam desenvolver com o aparelho, mas demonstraram entender que o celular pode ir além, inclusive no que diz respeito às atividades escolares, mostrando-se favoráveis a ideia de utilização dessa ferramenta no ensino dos conteúdos de Química.

Após identificar as justificativas apontadas pelos estudantes, buscou-se entender o quanto eles sabiam a respeito de simulações computacionais, 44% afirmaram já ter ouvido falar sobre, enquanto que 56% informaram não ter ouvido falar. Ao identificar que uma quantidade significativa dos estudantes já sabia algo sobre os simuladores, buscou-se entender se já haviam utilizado o simulador PhET, e 100% dos respondentes afirmaram nunca o ter utilizado. O fato de a grande maioria dos estudantes não terem conhecimento sobre o PhET e nunca terem utilizado o *software* enfatiza a necessidade do desenvolvimento de atividades que estimulem a utilização dessas ferramentas, com o intuito de identificar sua relevância no processo de aprendizagem dos estudantes.

Por fim, buscou-se identificar o grau de dificuldade que os estudantes apresentavam nos conteúdos da disciplina de Química, onde 81% dos estudantes afirmaram terem dificuldade em compreender o conteúdo, enquanto que 19% afirmaram não sentirem dificuldades relacionadas aos conteúdos da disciplina. Dessa maneira, pediu-se aos alunos para que eles apresentassem o tipo de dificuldade (Gráfico 5).

Gráfico 5– Dificuldades dos estudantes nos conteúdos de Química



Fonte: Autoria própria (2024).

Dentre as dificuldades apontadas pelos estudantes, destacam-se dificuldade em manter o foco e se concentrar, dificuldade na compreensão de conceitos e dificuldades relacionadas a cálculos matemáticos, todos com 33%. Diante da análise dos dados personográficos, constata-se que os sujeitos da pesquisa são adolescentes, composto por grupo misto em relação ao gênero. Apresentam faixa etária entre 15 e 18 anos. Os sujeitos utilizam diariamente aparelhos celulares para diversas atividades que incluem lazer e comunicação. Fazem utilização da

ferramenta também nas atividades escolares e para trabalhar. Em relação à utilização de simulações virtuais que envolvem o simulador PhET, a turma afirma não conhecer, no que diz respeito aos conteúdos da disciplina de Química, a grande maioria afirma sentir dificuldade, relacionadas principalmente ao foco, compreensão conceitual e cálculos matemáticos.

## 5.2 Questionário Inicial

O questionário inicial foi aplicado com 22 alunos do 1º ano “C” do turno da manhã. A aplicação ocorreu no dia 22 de agosto de 2023, teve início às 9h22min e foi encerrada às 9h42min, totalizando 20 minutos conforme previsto. O questionário era composto por 37 questões sendo 10 personográficas e 27 conceituais, seu objetivo era verificar quais são os conhecimentos prévios dos estudantes do Ensino Médio sobre os conceitos fundamentais que embasam os conceitos de Reação Química e Balanceamento de Equações Químicas, além dos conceitos propriamente ditos vinculados a esses conteúdos.

### 5.2.1 Resultados da Categoria 1 – Conceitos Fundamentais

Em relação à definição de átomo, 66,67% dos estudantes afirmaram não saber defini-lo. As respostas apresentadas por eles foram diretas “*não sei*” (A6) e “*não sei*” (A13). Para Nunes e Pino (2008), o conceito de átomo apresenta complexidade e abrangência, o que conseqüentemente impacta o entendimento do conceito por parte dos estudantes. Em contrapartida, 20,0% dos sujeitos definem átomo de forma equivocada quando comparados com o referencial teórico, uma vez que estes apresentam a definição do modelo atômico proposto por Rutherford-Bohr que compreende o átomo como “a menor partícula de um elemento que tem as propriedades químicas do elemento químico. Uma espécie eletricamente neutra formada por um núcleo e seus elétrons” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p. 2).

Os estudantes equivocaram-se ao compreender o átomo como “*uma partícula indestrutível*” (A19). Essa característica apresentada pelos sujeitos se refere ao modelo atômico proposto pelo cientista John Dalton, o mesmo considerava o átomo como uma esfera sólida e indestrutível e seu modelo atômico ficou conhecido como bola de bilhar (Atkins; Jones; Laverman, 2018). A confusão pode estar relacionada ao fato de os sujeitos estudarem a evolução atômica, iniciando com os modelos propostos por outros cientistas, como Dalton, Thomson e Rutherford, até chegarem no modelo aceito atualmente, que se trata do modelo atômico de Rutherford-Bohr.

Dessa maneira, o estudo dos modelos atômicos e suas respectivas características podem ter contribuído para a confusão de ideias, em que o estudante apresenta características de modelos atômicos não aceito atualmente, como o de Dalton, por exemplo e não menciona o conceito de átomo aceito atualmente que se refere ao modelo proposto pelos cientistas Rutherford e Bohr. Dessa forma, compreende-se que o estudante tem algum conhecimento a respeito de átomos, mas não consegue compreender como aconteceu a evolução até chegar no modelo aceito atualmente.

Alguns dos estudantes (13,33%) apresentaram outros conceitos como definição de átomo, apontando que se tratava dos “elementos Químicos da tabela periódica” (A8), apesar de ser comum os estudantes da Educação Básica confundirem as ideias de átomos, moléculas e elementos químicos entre si (Silva et al., 2009). É preciso compreender que um elemento químico se trata de “uma substância formada por um único tipo de átomo” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p.16). Dessa maneira, a resposta apresentada pelos estudantes não diz respeito à definição de átomo, eles apresentaram confusão entre átomos e elementos químicos.

Nessa perspectiva, Wartha (2020) relata que nos livros do Ensino Médio o elemento químico costuma ser apresentado como o conjunto de todos os átomos que possuem o mesmo número atômico. Na tabela periódica ocorre a representação do elemento químico mais abundante na natureza, o que comumente acaba sendo compreendido de forma errônea pelos estudantes, que entendem tratar-se do átomo. Para a autora supracitada, isso provoca dificuldade na compreensão, pois afirmar que o hélio é o conjunto de todos os átomos de número atômico 2 não parece lógico. Na verdade, todos os átomos com número atômico 2 formam o conjunto do elemento químico hélio, onde cada átomo é um átomo desse elemento.

No que se refere à identificação do átomo, a maioria dos estudantes apresentaram dificuldades para identificá-los. Os resultados mostraram que um total de 60% dos estudantes não sabe identificar um átomo, confundindo-o com outras simbologias, como íons e moléculas. Ao tentarem identificar a representação de um átomo, alguns estudantes apresentaram “ $Na^+$ ” (A6); “ $H_2$ ” (A4); “ $H_2O$ ” (A14). Observa-se que os sujeitos apresentaram confusões entre a representação de átomos com íons e moléculas de substâncias simples e compostas.

Nesse sentido, Cedran, Kiouranis e Cedran (2028) enfatizam que muitos conteúdos são ensinados de forma mecânica, e isso interfere na compreensão simbólica de moléculas, átomos e íons. Para Fernandez e Marcondes (2006), deve-se considerar outro problema, que diz respeito à forma como os átomos e moléculas são representados pelos professores, visto que existem diversas formas de representação, o que pode contribuir para a dificuldade de compreensão da simbologia por parte dos estudantes.

Os resultados apontados mostram as dificuldades simbólicas encontradas no processo de aprendizagem de Química, o que é bastante preocupante, uma vez que o entendimento dessas simbologias é indispensável na compreensão química (Cedran, Kiouranis, Cedran, 2018). Para Taber (2009), existem algumas justificativas que contribuem para a confusão simbólica, dentre elas existe a ausência de “familiaridade com o simbolismo; compreensão teórica sólida dos princípios conceituais quando fazem uso das representações simbólicas e também um amplo repertório químico em que pudessem recorrer a exemplos e referenciais para representações simbólicas” (Taber, 2009, p. 77).

Essas dificuldades evidenciam a ausência de compreensão dos três níveis básicos de conhecimento, sendo o macroscópico, simbólico e submicroscópico (Johnstone, 1993). O nível simbólico (representacional) diz respeito às entidades elementares através de fórmulas e equações matemáticas. Diante dos erros dos estudantes na identificação da simbologia de um átomo, observa-se que não compreendem a linguagem simbólica que foi apresentada durante a questão de identificação do átomo.

Em contrapartida, um percentual significativo de 40% dos estudantes, conseguiram identificar a simbologia do átomo, apresentando o oxigênio (O) como um átomo, “O” (A1); “O” (A8); “O” (A11). O acerto dos estudantes aponta que existiu compreensão do nível simbólico, uma vez que conseguiram identificar de forma correta um exemplo de átomo.

Em relação à definição de moléculas, a grande maioria dos estudantes (66,67%) não souberam defini-las. Quando questionados, as respostas variaram entre “*não sei*” (A13) e “*não lembro*” (A4). Essa dificuldade de conceituação, pode ser justificada devido ao fato do conteúdo ter um certo grau de dificuldade para os estudantes, pois está diretamente relacionado ao entendimento de átomos (Santos, 2014) e os resultados apresentados anteriormente para átomos, mostram grande dificuldade por parte dos estudantes.

Em contrapartida, 20% dos estudantes apresentaram definições equivocadas quando comparados ao referencial teórico, enfatizando se tratar de “*um conjunto de átomos*” (A3). Apesar da resposta parecer correta, ela se distingue da definição de moléculas, uma vez que esta é compreendida como a junção de dois ou mais átomos eletricamente neutros ligados entre si (Atkins; Jones; Laverman, 2018). Observa-se que o estudante usa a palavra “conjunto” dando apenas a ideia de muitos átomos, não enfatizando que existe ligação entre eles, conforme aponta a definição utilizada no referencial teórico.

Por outro lado, um total de 6,67% dos estudantes apresentou a definição de forma incompleta “*é a junção de dois átomos*” (A10). Observa-se que os estudantes não mencionaram que pode ser uma junção com mais de dois átomos e também não se referem às ligações

existentes entre eles, assim como não mencionam a neutralidade dos átomos como proposto pelos autores que definem moléculas na referida pesquisa.

Apesar da grande maioria ter apresentado respostas equivocadas ou incompletas, um total de 6,67% apresentou uma definição mais completa e que se assemelha à utilizada no referencial teórico: “*é a junção de dois ou mais átomos*” (A1). Os estudantes enfatizam compreender que as moléculas são uma junção de dois ou mais átomos, não mencionando o fato de serem ligados entre si, conforme aponta o conceito utilizado no referencial teórico.

Quando solicitado que realizassem a identificação dessas moléculas a partir de sua simbologia os resultados obtidos apontam que 66,67% dos estudantes conseguiram identificar as moléculas de forma correta, apresentando a simbologia “*NH<sub>3</sub>*” (A4) o que contradiz os resultados apresentados na definição, em que a grande parte dos estudantes não conseguiram fornecer de forma correta. Essa diferença dos resultados pode ser explicada a partir dos três níveis básicos de conhecimento, sendo o macroscópico, simbólico e submicroscópico, conforme apontado anteriormente no caso dos átomos.

Isso significa que os estudantes podem compreender o nível simbólico, entendendo quando as moléculas são representadas, mas não têm domínio sobre os outros níveis e dessa maneira, não conseguem apontar o conceito de moléculas. Nesse sentido, Cedran, Kiouranis e Cedran (2018) explicam que o fato de os estudantes conseguirem identificar os símbolos e não saberem definir as moléculas indica que fazem uma leitura dos símbolos, mas pouco interiorizam o significado desses símbolos.

Apesar da grande maioria dos estudantes conseguirem apresentar resultado satisfatório, um percentual significativo de 33,33% não conseguiu identificar as moléculas de forma correta, apontando respostas como “*N*” (A4), nesse caso, o estudante apontou a simbologia do átomo de nitrogênio como uma molécula. Nesse sentido, Quadros (2011) enfatiza que o fato de os sujeitos confundirem a simbologia de átomos e moléculas ocorre principalmente devido à predominância da memorização, que é bastante presente no processo de aprendizagem e por vezes tende a contribuir para o equívoco entre as simbologias.

### **5.2.2 Resultados da Categoria 2 – Equações Químicas**

No que se refere à definição de Equações Químicas, um total de 93,33% dos estudantes afirmou não saber definir. Ao serem questionados, as respostas apresentadas foram majoritariamente “*não sei*” (A1) e “*não sei*” (A19). Em contrapartida, um pequeno percentual de 6,67 % dos estudantes apresentou a definição de equação como “*Eu acho que são cálculos*

*para definir o número de prótons e elétrons do agente” (A10). No entanto, a definição apresentada pelos estudantes é errônea, uma vez que ao tentar definir, ele faz uma confusão entre cálculo e partículas subatômicas, apresentando dessa maneira, uma definição não associada às Equações Químicas.*

Para apresentar uma definição correta, esperava-se que a compreendessem como uma “declaração, em termos de fórmulas químicas, que resume as informações qualitativas sobre as mudanças químicas que ocorrem em uma reação e a informação quantitativa de que átomos não são criados nem destruídos em uma reação química” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p.11). Ou como uma “forma de representar as transformações (reações químicas) de maneira mais simples e direta, colocando todas as informações em uma única linha” (Fonseca, 2016, p.74).

Segundo Nery, Liegel e Fernandez (2007), a dificuldade relacionada ao conceito de Equações Químicas pode estar relacionada à ausência de interpretação da representação de uma Equação, dessa maneira os estudantes compreendem-nas apenas como algoritmos. Nesse sentido Cássio *et al.* (2012) acrescentam que a compreensão do conceito de equação química demanda, simultaneamente, a compreensão das representações dos fenômenos nos níveis macro e micro, assim como dos códigos simbólicos utilizados, o que pode apresentar desafios significativos para os estudantes do Ensino Médio.

No que se refere às problemáticas relacionadas à aprendizagem do referido conceito, Cássio *et al.* (2012) acrescentam ainda que compreender as Equações Químicas exige dos estudantes um alto nível de abstração, pois existe a necessidade de conectar as observações macroscópicas que descrevem a transformação da matéria com as mudanças que ocorrem em nível de átomos e moléculas.

Para ajudar a compreender o grau de conhecimento dos estudantes em relação ao conceito de Equações Químicas, buscou-se trabalhar a identificação delas. Dessa forma, os sujeitos tiveram acesso a algumas representações químicas, e dentre elas precisavam identificar qual representava uma Equação Química de fato.

Os resultados apresentados mostram que 60% dos estudantes não sabem identificar uma Equação Química. Por exemplo, a opção escolhida pelo participante A1, trata-se de uma cadeia carbônica, pertencente à função nitrogenada aminas. Nesse sentido, ao marcarem a referida alternativa, os estudantes cometeram equívocos, confundindo a simbologia de uma Equação Química com a de um composto orgânico.

Vale ressaltar que o processo de identificação trabalha também a questão visual dos estudantes, sua capacidade de ver e conseguir identificar/compreender. Sobre esses aspectos visuais, os autores Silva *et al.* (2021), destacam que os estudantes apresentam dificuldades em

aspectos relacionados a representações visuais, isso se deve ao fato delas serem “mais do que uma ilustração que expressa informações, mas são componentes dos argumentos usados na ciência” (Silva, *et al.*, 2021, p. 2).

Ainda de acordo com o autor anteriormente citado, as dificuldades dos estudantes não se limitam às representações visuais; também surgem devido às interações com os outros níveis, submicroscópico e macroscópico. Considerando que os estudantes apresentam dificuldades no que se refere à conceituação e à identificação, compreende-se que o conceito não está internalizado, uma vez que Johnstone (1993) destaca que para ela ocorrer é necessário a compreensão dos três níveis, sendo: a) o descritivo e funcional (macroscópico); b) o simbólico (representacional); e, c) o submicroscópico (explicativo).

Apesar da grande maioria dos estudantes não terem identificado a Equação Química, um percentual significativo de 40% dos sujeitos fez a identificação de forma correta, observe “ $A + B \rightarrow AB$ ” (A8), dentre as simbologias apresentadas aos estudantes, a minoria apontou a equação generalizada como a correta. Os acertos apesar de serem minoria, identificam que existe um grau de compreensão do nível simbólico (representacional) que se refere à representação das entidades elementares através de fórmulas e equações matemáticas (Johnstone, 1993).

Como as Equações Químicas são formadas por reagentes e produtos, buscou-se trabalhar suas definições, com o intuito de compreender o nível de conhecimento dos estudantes a respeito dos respectivos conceitos. Ao serem questionados sobre a definição de reagentes, um percentual de 73,33% não soube responder, informando apenas “*Não sei*” (A6). Sobre essa ausência de conhecimento do conteúdo, Silva *et al.* (2019) acreditam que a dificuldade de compreender reagentes está diretamente relacionada à maneira como o conteúdo é trabalhado, sendo a ausência de aulas experimentais um dos grandes obstáculos.

Além do percentual expressivo de estudantes que não souberam responder, um total de 13,33 % cometeu equívoco ao tentar fornecer uma definição “*O que faz a reação*” (A11), “*O que for a reação*” (A1), considerando-se que reagentes são compreendidos como “uma substância ou solução que reage com outras” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p. 26). Entende-se que os estudantes apresentam pouco conhecimento acerca do conteúdo, observa-se que existe uma certa noção de que os reagentes estão associados às reações. No entanto, não existe conhecimento suficiente para fornecer com clareza a definição de forma adequada academicamente.

Na tentativa de fornecer uma definição correta, 13,33% dos estudantes cometeram equívoco ao afirmar que se tratava do “*número que vem antes da substância*” (A3). A definição

apontada por eles tem mais relação com a definição de coeficiente estequiométrico, que é compreendido como “números que indicam a proporção de átomos que participam da reação” (Gewandsznajder, Pacca, 2018, p.150). Esses números, conforme apontado pelos estudantes, são posicionados antes das substâncias que fazem parte da equação. Apesar dos estudantes terem mostrado resultados positivos em relação ao coeficiente, é notório que a definição não se relaciona com reagentes, definição a qual a pergunta se referia.

Os resultados obtidos reforçam a dificuldade dos estudantes nos conceitos abordados, ressaltando a problemática relacionada aos níveis de compreensão do ensino de Química. Ainda trabalhando os reagentes, foi apresentado aos estudantes a Equação “ $Fe + 3 O_2 \rightarrow 2 Fe_2O_3$ ” para que identificassem os reagentes e produtos nela presentes.

O percentual dos resultados apresentados na identificação é bem similar aos resultados obtidos anteriormente na definição de reagentes. Nesse caso, 66,67% dos estudantes não souberam identificar os reagentes de uma Equação Química “*Fe*” (A14), observa-se que o estudante apresenta somente uma das substâncias presentes na Equação Química. Sobre isso, Frigato e Kaick (2021) destacam que os estudantes não reconhecem os reagentes e os produtos de uma equação e nem sabem o papel dela. Para Freitas Junior (2023), a abordagem dessa temática tem causado desafios de compreensão, o que está diretamente relacionado à predominância do conteúdo pautado somente na matemática.

Apesar da grande maioria dos estudantes terem apresentado dificuldade de identificação, um percentual significativo de 33,33% demonstrou saber identificar os reagentes “ $Fe + 3 O_2$ ” (A4). Como o resultado de estudantes que sabem identificar é bem superior aos que conseguem definir, compreende-se que existe um pequeno entendimento no que se refere aos níveis de compreensão do ensino de Química.

Nesse caso, a compreensão relaciona-se ao nível simbólico. No entanto, como apontado por Johnstone (1993), é preciso que o conhecimento ocorra nos três níveis, somente dessa forma haverá uma compreensão mais plena do conteúdo. A segunda parte da Equação é composta pelo produto, buscou-se então, compreender o que os estudantes sabem a respeito.

Os resultados apontaram que 80% dos estudantes não sabem o que são os produtos da Equação Química. Como reagentes e produtos estão totalmente relacionados, compreende-se que as dificuldades relacionadas à aprendizagem desses conceitos são as mesmas. Nesse sentido, Silva *et al.* (2019) acrescentam que os alunos, algumas vezes, conseguem representar os elementos químicos individualmente nas equações, porém têm grande dificuldade em representá-los como substâncias e prever os produtos de uma reação química, ou seja, como as substâncias interagem entre si.

Na tentativa de definir produtos, um total de 20% dos estudantes cometeu equívoco, apontando se tratar de “*substância química*” (A8), “*como reage*” (A11). Partindo do princípio de que produtos são uma “espécie formada em uma reação química” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p.24). Entende-se que a resposta dos estudantes não possui relação com a definição aqui apresentada, enfatizando, dessa maneira, a ausência de conhecimento dos estudantes a respeito do referido conceito. Além disso, vale ressaltar que o produto não pode ser definido como algo que reage, visto que ele é o resultado da reação entre os reagentes, que após consumidos dão origem aos produtos da reação.

Após a definição, os estudantes tentaram identificar os produtos em uma Equação Química. O resultado apresentado mostra que 66,67% dos estudantes não sabem identificar os produtos da Equação, a simbologia apontada por eles foi “*Fe, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>*” (A3). Observa-se que os estudantes apenas copiaram as substâncias presentes na equação, sem distinguir reagentes e produtos.

O percentual de erros, é igual ao apresentado nos reagentes, o que enfatiza que os sujeitos têm dificuldades em compreender as Equações Químicas, visto que elas são formadas por reagentes e produtos. Retoma-se dessa forma, a discussão anteriormente feita em que essa dificuldade de identificação é apontada como resultado da abordagem do ensino de Química e a ausência de compreensão do papel das Equações Químicas (Frigato, Kaick, 2021; Freitas Junior, 2023).

Em contrapartida, um percentual de 33,33% dos estudantes conseguiu identificar os produtos de forma correta “*Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*” (A4), o resultado também é igual ao obtido nos reagentes mostrando que esse percentual específico de estudantes sabe identificar uma Equação, uma vez que sabem o que são reagentes e produtos.

### **5.2.3 Resultados da Categoria 3 – Balanceamento de Equações Químicas**

Em relação à definição de coeficiente estequiométrico, um total de 86,67% dos estudantes afirmou não saber conceituar. As respostas apontadas por eles variaram entre “*não sei*” (A3) e “*nunca ouvi falar*” (A5). Diante disso, Meneses (2015) explica que essa dificuldade na compreensão do coeficiente estequiométrico está diretamente relacionada à interpretação da linguagem representacional. Dessa maneira, comumente acontecem confusões entre o coeficiente e a atomicidade nas equações químicas.

Nessa perspectiva, Mendes, Santana, Junior (2015, p. 53) apontam que o fato dos estudantes do Ensino Médio não terem “um modelo mental correto do significado dos

coeficientes e subscritos existentes nas fórmulas químicas, bem como das equações químicas, dificulta a aprendizagem desse conceito”. A colocação do autor retoma uma discussão bastante presente na pesquisa, que se refere ao fato da aprendizagem química transitar em três linguagens, sendo o macroscópico, o simbólico e o submicroscópico.

Meneses (2015, p. 80) destaca outro fator que deve ser observado, que é a ausência de compreensão do coeficiente estequiométrico como uma “relação numérica entre as moléculas das espécies que reagem”. De acordo com o autor, a grande maioria dos estudantes não consegue compreender a relação do número que é apresentado com as moléculas que estão reagindo.

Apesar da grande maioria ter apresentado dificuldade na definição de coeficiente estequiométrico, um percentual de 13,33% dos estudantes trouxe uma compreensão da relação existente entre o coeficiente, a quantidade e a representação de moléculas, pois explicitaram em suas respostas essa relação: “*é o que corresponde à quantidade de moléculas*” (A17) e “*corresponde à quantidade de moléculas*” (A20).

As respostas dos estudantes, apesar de apresentarem lacunas, demonstram a existência de compreensão do papel do coeficiente estequiométrico. A partir do entendimento de que os coeficientes são “números que multiplicam as fórmulas químicas em uma equação química” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p. 2), é possível compreender que existe relação de quantidade assim como mencionado pelos participantes.

Diante disso, buscou-se compreender como os estudantes identificam os coeficientes em uma Reação Química. Para isso, foi apresentada a seguinte Equação Química:  $4 \text{ Fe} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ , e solicitou-se a identificação dos coeficientes, as respostas apontadas por eles foram “*não sei*” (A15) e “*não sei*” (A20).

Os resultados obtidos demonstraram que os sujeitos apresentaram muita dificuldade relacionadas a esses coeficientes, visto que um total de 100% não conseguiu identificá-los. Essa quantidade expressiva de estudantes com dificuldades reforça a discussão anteriormente feita, em que Meneses (2015) enfatiza que a ausência de compreensão da linguagem representacional nas equações químicas tem sido uma das problemáticas relacionadas à compreensão do conteúdo.

Os dados demonstram ainda que o percentual de 13,33% dos estudantes que conseguiram definir os coeficientes estequiométricos anteriormente, não conseguiu fazer a identificação deles em uma equação. Para Lopes e Oliveira (2022), isso evidencia que os estudantes não entendem as fórmulas químicas e os significados dos coeficientes, mesmo quando estes são apresentados de forma correta na equação.

Dessa maneira, observa-se que a dificuldade dos estudantes na compreensão dos coeficientes estequiométricos, tanto em nível conceitual quanto de identificação, tem relação com a complexidade do ensino de Química, uma vez que o mesmo exige conhecimento de três níveis de linguagem para que aconteça uma aprendizagem real.

No que se refere ao Balanceamento de Equações Químicas, um total de 100% dos participantes não conseguiu fornecer uma definição correta para o assunto. As respostas apresentadas por eles variaram entre “*não sei*” (A4); “*nunca ouvi falar*” (A6) e “*não lembro*” (A8).

Diante da expressiva ausência de definições, destaca-se que a apresentação de dificuldades por parte dos sujeitos é comum, uma vez que o conteúdo em questão é considerado abstrato e complexo (Santos *et al.*, 2013). Associado a essa complexidade do assunto, existe a presença de conteúdos matemáticos o que acaba contribuindo significativamente para a não compreensão do assunto (Graça *et al.*, 2016; Mendes, Santana, Junior, 2015).

Em acréscimo, Cerdan *et al.* (2020) enfatizam que a compreensão do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas torna-se complexa pelo fato do referido conteúdo envolver muitos conceitos, fórmulas e estruturas químicas. Sendo assim, o assunto exige um alto nível de concentração e criatividade para se tornar significativo ao estudante. Além disso, exige dos estudantes um “pensamento sistemático, noções de proporcionalidade dos elementos, bem como a execução de cálculos matemáticos” (Barreto *et al.*, 2017, p. 94).

Nessa perspectiva Graça *et al.* (2015) afirma que somente uma pequena parcela dos estudantes consegue compreender como acontece o Balanceamento das Equações Químicas, apontando a necessidade de desenvolvimento de métodos de ensino que sejam capazes de alcançar um maior número de discentes.

Ainda em se tratando das problemáticas relacionadas à compreensão do conteúdo, os autores Mendes, Santana e Junior (2015) apontam outro aspecto relevante que se refere ao momento em que os sujeitos estão vivendo. Segundo os autores, este conteúdo é apresentado aos alunos na fase da adolescência, que é compreendida como uma etapa difícil para compreensão de conteúdos tão abstratos, uma vez que esses sujeitos estão vivendo uma transição para a fase adulta.

Com o intuito de melhor compreender o grau de dificuldade dos estudantes no que se refere ao conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, precisaram identificar se a Equação Química a eles apresentada estava balanceada de forma correta, a equação em questão era  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ .

Os resultados obtidos na identificação foram os mesmos fornecidos na definição, em que 100% dos estudantes demonstraram não saber identificar se a equação estava balanceada, as respostas dos estudantes foram “*Não*” (A3), cometendo erro, uma vez que a equação em questão se encontra balanceada. Apesar do resultado não ser satisfatório, ele era esperado, visto que os sujeitos parecem apresentar pouco conhecimento conceitual acerca do referido conteúdo.

De acordo com Segunda (2022), para identificar se a equação química se encontra balanceada ou não, é importante que o estudante analise a quantidade de átomos presentes em cada lado da equação, ou seja, quantidade de átomos nos reagentes e produtos, ao constatar que se encontram equivalentes, o estudante tem a certeza que a equação se encontra balanceada.

Como os estudantes demonstraram anteriormente pouco conhecimento conceitual acerca do processo de balanceamento de equações químicas, entende-se que a identificação de equivalência na quantidade de átomos é uma tarefa desafiadora. O autor anteriormente citado menciona que a realização do balanceamento exige algumas dificuldades, isso pelo fato de existirem diversos métodos para realiza-lo, como por exemplo o método de tentativa e método algébrico (Segunda, 2022).

Vale ressaltar então, que os estudantes não passaram por esse processo de balanceamento durante a aplicação do questionário inicial, buscava-se compreender somente se seriam capazes de identificar uma equação balanceada, demonstrando assim, compreensão ou não do fenômeno. Pode-se afirmar que os fatores associados a essa ausência de conhecimento estão diretamente relacionados às problemáticas anteriormente discutidas, sendo elas: abstração e complexidade do conteúdo e a presença de conteúdos matemáticos no processo de balanceamento.

### **5.3 Sequência Didática**

A Sequência Didática desenvolvida teve como objetivo avaliar a efetividade de uma abordagem de ensino sobre os conceitos de Reações Químicas a partir da aplicação de Sequência Didática pautada no Construcionismo com o uso do simulador PhET de Balanceamento de Equações Químicas e buscou responder a seguinte pergunta: de que forma a utilização da simulação de Balanceamento de Equações Químicas PhET a partir do desenvolvimento de uma Sequência Didática pautada no Construcionismo, pode contribuir para a aprendizagem dos conceitos de Reações Químicas?

A atividade começou a ser desenvolvida no dia 22/08/2023 a partir da realização da primeira intervenção. Durante a Sequência foram desenvolvidas 10 intervenções, o processo

durou aproximadamente dois meses, sendo finalizado dia 17/10/2023 com a realização da última intervenção. O desenvolvimento da Sequência ocorria sempre entre a 3<sup>o</sup> e a 4<sup>o</sup> aula, respectivamente, de 08h50 às 09h45 e de 10h00 às 10h55 todas as terças-feiras.

Participaram da pesquisa um total de 24 estudantes. No entanto, ao final do processo, foram contabilizados apenas 16 estudantes. Esse fato ocorreu devido ao número de faltas de alguns participantes durante a realização das atividades relacionadas à Sequência Didática. Dessa forma, considerou-se somente os sujeitos que participaram do processo do início ao fim.

### ***5.3.1 Descrição das Intervenções***

#### **5.3.1.1 Intervenções 1 a 3**

Nas três primeiras intervenções realizadas, foram trabalhadas as reações introdutórias do simulador PhET. Sendo elas, respectivamente, síntese da amônia ( $1\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ ), separação da água ou hidrólise ( $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + 1\text{O}_2$ ) e combustão do metano ( $1\text{CH}_4 + 1\text{O}_2 \rightarrow 1\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ). Em cada uma das intervenções, buscou-se contextualizar as situações químicas, colocando o estudante em contato com materiais relacionados às reações que estão sendo estudadas, tais como: descolorante e tinta para cabelo, amônia e água.

Cada intervenção durou 50 minutos, onde os estudantes iniciaram balanceando as equações e posteriormente receberam um relatório de pesquisa com questões referentes às equações balanceadas. Por fim, o professor apresentou no quadro a equação balanceada de forma correta. Vale ressaltar, que em todas as intervenções realizadas durante essa Sequência Didática, o professor desenvolveu papel de desafiador, sendo o estudante responsável pelo manuseio e balanceamento da equação no PhET e pela realização de pesquisas para a resolução do relatório.

Ao finalizar a parte introdutória com as três reações anteriormente citadas, os estudantes entraram na parte de jogos do simulador. Esses jogos são divididos em níveis, sendo o 1 (Equações fáceis), 2 (equações intermediárias) e 3 (equações mais complexas). Cada nível conta com 5 equações a serem balanceadas.

#### **5.3.1.2 Intervenções 4 e 5**

As intervenções 4 e 5 fazem parte do nível 1 dos jogos e são complementares. Durante a realização da intervenção 4, os estudantes iniciaram o balanceamento das equações de nível

1 (Quadro 3) utilizando o simulador. Enquanto balanceavam as equações, eles realizavam anotações em seus relatórios sobre erros cometidos durante o balanceamento.

Quadro 3 – Equações balanceadas pelos estudantes no nível I

Equação 1	Equação 2	Equação 3	Equação 4	Equação 5
$4\text{PCl}_3 \rightarrow 1\text{P}_4 + 6\text{Cl}_2$	$1\text{H}_2 + 1\text{F}_2 \rightarrow 2\text{HF}$	$1\text{P}_4 + 6\text{F}_2 \rightarrow 4\text{PF}_3$	$1\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 1\text{CO} + 2\text{H}_2$	$2\text{SO}_3 \rightarrow 2\text{SO}_2 + 1\text{O}_2$

Fonte: Autoria própria (2024).

Na intervenção 5, as equipes que cometeram erros apresentaram para os colegas os erros cometidos e mostraram como realizar a correção. As equipes utilizaram somente os celulares para realizar pesquisas e descobrir como consertar seus erros e posteriormente explicar aos colegas.

### 5.3.1.3 Intervenções 6 e 7

As intervenções 6 e 7 fazem parte do nível 2 (Quadro 4) dos jogos e também são complementares. A intervenção 6, seguiu o mesmo padrão da intervenção 4. As equipes acessaram o simulador e realizaram o balanceamento dessas equações. Durante o balanceamento, eles anotaram os erros cometidos para solucioná-los posteriormente.

Na intervenção 7, os estudantes realizaram pesquisas para conseguir corrigir os erros cometidos e apresentar para os colegas. As equipes apresentaram seus resultados, explicando em que erraram e como realizaram a correção.

Quadro 4 – Equações balanceadas pelos estudantes no nível II

Equação 1	Equação 2	Equação 3	Equação 4	Equação 5
$1\text{OF}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 1\text{O}_2 + 2\text{HF}$	$2\text{F}_2 + 1\text{H}_2\text{O} \rightarrow 1\text{OF}_2 + 2\text{HF}$	$1\text{C}_2\text{H}_6 + 1\text{Cl}_2 \rightarrow 1\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$	$1\text{SO}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow 1\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$	$1\text{SO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 1\text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

Fonte: Autoria própria (2024).

### 5.3.1.4 Intervenções 8 e 9

As intervenções 8 e 9 estão relacionadas ao nível 3 (Quadro 5). Durante a realização da intervenção 8 os estudantes balancearam as equações e fizeram anotações sobre os erros cometidos. Na penúltima intervenção, as equipes realizaram pesquisas com o auxílio do celular sobre os erros cometidos e apresentaram os resultados para os colegas.

Quadro 5 – Equações balanceadas pelos estudantes no nível III

Equação 1	Equação 2	Equação 3	Equação 4	Equação 5
$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$	$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2$	$4\text{NH}_3 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

Fonte: Autoria própria (2024)

É importante ressaltar que durante os três níveis, as equações aparecem de forma aleatória para os estudantes. Dessa forma, as equações apresentadas nos quadros 2, 3 e 4 são as que mais apareceram nos relatórios de pesquisa apresentados pelos alunos. Destaca-se também que a ordem apresentada nos quadros é somente uma questão de organização, elas não se apresentaram necessariamente dessa maneira, pois, como mencionado anteriormente trata-se de equações aleatórias disponibilizadas pelo simulador PhET.

#### 5.3.1.5 Intervenção 10 – Socialização

Na última intervenção, aconteceu a socialização com os estudantes. Nessa ocasião, os sujeitos falaram sobre aspectos positivos e negativos das intervenções, discutiram sobre o que eles consideraram ter aprendido mais, destacando a utilização do simulador, por ser simples e autoexplicativo. Durante a socialização, a professora fez algumas perguntas em relação ao conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, dentre elas: “Se vocês tiverem acesso a uma equação não balanceada fora do simulador PhET, vocês conseguem fazer o balanceamento?”, “Vocês conseguem identificar uma equação não balanceada, fora do PhET?”.

Ao final da intervenção, os estudantes responderam a um questionário auto avaliativo com perguntas relacionadas às experiências vivenciadas durante a Sequência Didática sobre a compreensão que tiveram sobre seu próprio processo de aprendizagem.

#### 5.3.2 Resultado SD – Categoria 1 – Conceitos Fundamentais

A definição de átomos foi abordada durante as três primeiras intervenções da Sequência Didática. Na primeira intervenção denominada de síntese da amônia algumas definições referentes ao átomo foram elaboradas pelos estudantes: “É uma partícula formada por matéria que não pode ser subdividida” (A6 - G7); outro afirma se tratar de um “Sistema energético estável eletricamente neutro que consiste em um núcleo denso, positivamente carregado” (A4

- G2) e por fim afirmam ser uma *“partícula microscópica que é a base da formação de toda e qualquer substância”* (A13 - G1).

As respostas fornecidas pelos estudantes demonstram avanços conceituais no que se refere ao questionário inicial. Percebe-se que apresentaram definições mais completas e desvinculadas dos modelos atômicos não aceitos atualmente, como, por exemplo, o de John Dalton que esteve muito presente nas definições apontadas no questionário inicial. Durante esta pesquisa, trabalhou-se com a definição de átomo apontada por Atkins, Jones e Laverman (2018, p.2) que consideram o átomo a *“menor partícula de um elemento que tem as propriedades químicas do elemento químico. Uma espécie eletricamente neutra formada por um núcleo e seus elétrons”*.

Relacionando as definições apontadas pelos estudantes com o conceito trabalhado na pesquisa, destaca-se que os sujeitos A6 e A13 pertencentes, respectivamente, aos grupos G7 e G1 apresentaram definições que não estão relacionadas ao conceito. Em alguns momentos eles fazem referência a algumas características da evolução atômica como, por exemplo, o fato de não ser subdividida. Em contrapartida, o sujeito A4 pertencente ao grupo G2 apresenta algumas características que estão relacionadas ao conceito de átomos adotado nessa discussão, como, por exemplo, a neutralidade e a menção do núcleo do átomo.

Como mencionado anteriormente, durante a intervenção 1 os estudantes apresentaram pequenos avanços no que se refere à definição de átomo, mas ainda apresentam dificuldades conceituais. Diante disso, fez-se necessário observar se os avanços permaneceram durante a segunda intervenção, denominada como separação da água. Durante a realização da intervenção, notou-se uma redução na quantidade de definições, aparecendo somente *“é a unidade fundamental da matéria e a menor fração capaz de identificar um elemento químico, pois detém sua identidade”* (A17 - G3) e *“É a menor parte da matéria”* (A3 - G4).

Percebe-se que as definições apresentadas não se relacionam com a definição adotada nesta pesquisa. No entanto, é notório que alguns aspectos abordados pelos estudantes em relação aos átomos estão corretos, uma vez que são de fato a menor unidade da matéria e são capazes de identificar as propriedades de um elemento químico. Apesar da maioria das informações estarem corretas, o termo *“detém sua identidade”* é um pouco ambíguo, sendo mais preciso dizer que o átomo é a menor fração que mantém as propriedades químicas características do elemento ao qual pertence (Castilho, 2003).

Seguindo a análise do avanço conceitual por parte dos estudantes, observou-se as respostas fornecidas na 3ª intervenção denominada de combustão do metano. Um estudante afirma que *“O átomo é uma partícula indivisível”* (A4 - G2); outro considera que é a *“Partícula*

*formada por matéria que não pode ser subdividida*” (A17 - G3) e, por fim, acreditam ser “*a menor parte da matéria*” (A7 - G5). Apesar de terem surgido mais definições quando comparado a intervenção 2, observa-se que durante a intervenção 3 não foram apresentadas melhorias, conforme esperado.

As respostas apresentadas pelos estudantes não demonstraram avanços conceituais. Ao contrário, percebeu-se que as definições foram simplesmente repetidas das intervenções anteriores e as não repetidas estão diretamente relacionadas ao questionário inicial. Dessa forma, surgem erros já conhecidos, como, por exemplo, a utilização de características de modelos atômicos não aceitos atualmente, como a característica do modelo proposto por John Dalton, discutido durante a análise do questionário inicial.

Esse fenômeno pode ocorrer devido ao fato de os estudantes se encontrarem em processo de aprendizagem, e, portanto, apresentarem um desequilíbrio em relação aos conceitos trabalhados, ora vinculando-os a uma definição mais atual, ora a uma definição mais antiga. Esse fenômeno é esperado, uma vez que a aprendizagem se tratando de um processo, de acordo com Piaget (Munari, 2010), requer uma adaptação por meio de vivências de assimilação e acomodação, fenômeno semelhante ao que os estudantes estão vivenciando neste momento de aplicação da Sequência Didática.

Sobre a utilização de celulares no ambiente de sala de aula, Kern (2018) destaca que o uso dessas ferramentas de forma crítica ainda é bastante precário. Dessa forma, a utilização desses recursos muitas vezes fica restrita somente à reprodução de conteúdo. Considerando a colocação da autora e comparando aos resultados obtidos durante essas intervenções, é possível inferir que os estudantes enfrentam essa problemática em relação à utilização dos celulares, reproduzindo, na maioria das vezes, apenas os conceitos prontos, sem de fato compreender seu significado. Daí a necessidade da presença do professor em sala de aula, promovendo questionamentos que vão além da coleta dos estudantes em pesquisas na internet.

Associado a essas dificuldades relacionadas à utilização do celular, existem as especificidades da disciplina de Química bastante abordadas no decorrer dessa pesquisa, sendo as principais: complexidade e abstração (Santos *et al.*, 2013), a linguagem própria da Química que enfatiza que a aprendizagem do conteúdo está diretamente relacionada à compreensão dos três níveis de aprendizagem (Johnston, 1993).

Durante as três intervenções foi trabalhado também o conceito de moléculas. Na primeira intervenção (síntese da amônia) as principais definições apontadas pelos estudantes foram “*São formadas pela ligação covalente de átomos*” (A5 - G7), “*É um conjunto de átomos*” (A15 - G6) e “*É um conjunto de átomos, iguais ou diferentes, unidos por ligações*

*covalentes*” (A4 - G2). A maioria das definições apresentadas pelos estudantes estão corretas, uma vez que as moléculas são compreendidas como a junção de dois ou mais átomos eletricamente neutros ligados entre si (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

Das Definições apresentadas, somente uma aparece de forma equivocada. Nesse caso específico, o estudante A15 apenas menciona se tratar de um conjunto de átomos, sem especificar a presença das ligações químicas, repetindo dessa forma, os erros cometidos no questionário inicial. Diante disso, compreendeu-se que apesar dos avanços significativos observados durante a intervenção, ainda existem dificuldades conceituais que precisam ser superadas.

Dessa maneira, buscou-se analisar as respostas fornecidas pelos estudantes durante a 2<sup>o</sup> intervenção (separação da água), com o intuito de verificar se os avanços seriam contínuos. No entanto, somente uma definição foi informada “*São formadas pela ligação covalente de átomos*” (A17 - G3). Observa-se que o nível de definição foi mantido pelos estudantes, continuaram demonstrando compreender a definição de moléculas. Diferentemente do que aconteceu na definição de átomo, em que os conceitos eram alterados em cada intervenção.

Na realização da 3<sup>o</sup> intervenção (combustão do metano), foi apresentada somente uma definição para moléculas, sendo “*É a junção de dois ou mais átomos*” (A4 - G2). Percebe-se mais uma vez que as definições apresentadas pelas equipes estão relacionadas ao conceito de moléculas. Apesar de apresentarem lacunas e não serem fornecidas de forma completa pelos estudantes, os conceitos apontados apresentam-se com mais informações corretas do que errôneas.

Dessa forma, compreende-se que os estudantes tiveram avanços significativos no que diz respeito a compreensão da definição de moléculas. Demonstraram entender o básico sobre o assunto. É válido ressaltar, que a definição de moléculas foi trabalhada da mesma maneira que a de átomos. No entanto, os resultados obtidos foram diferentes. Uma possível explicação esteja relacionada à abrangência do conceito de átomo, uma vez que é considerado por Nunes e Pino (2008) como abrangente e abstrato e isso tem dificultado sua aprendizagem conceitual.

Em relação aos princípios da Tecnodocência, é importante destacar que ao longo das três intervenções foram aplicados os princípios 3 e 4. O princípio 3 ressalta a relevância de evitar a produção mecânica do conteúdo, enquanto o princípio 4 enfatiza a importância de valorizar os conhecimentos prévios dos estudantes na construção de novas aprendizagens. Analisando as abordagens das intervenções, conclui-se que a aplicação desses princípios contribuiu significativamente para a construção do conhecimento. Em vez de recorrer a

processos de memorização, a ênfase foi colocada na abordagem crítica, com a participação ativa dos estudantes.

Portanto, reitera-se que a aprendizagem alcançada durante esse processo está intimamente ligada à integração dos conhecimentos prévios dos estudantes e à sua habilidade de construir seu próprio entendimento sobre o assunto estudado, contribuindo com a construção de um significado na relação que estabelece entre o que sabe e que está em processo de aquisição. Isso foi feito sem depender de conhecimento mecanizado ou fórmulas prontas, mas sim através do envolvimento ativo dos alunos no processo de aprendizagem, a partir de sua ação protagonista voltada para a construção do conhecimento.

### **5.3.3 Resultado SD – Categoria 2 – Equações Químicas**

Equações Químicas são definidas como “uma declaração, em termos de fórmulas químicas, que resume as informações qualitativas sobre as mudanças químicas que ocorrem em uma reação e a informação quantitativa de que átomos não são criados nem destruídos em uma reação química” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p.11). Durante a realização da Sequência Didática, não foi trabalhada a definição de Equações de forma direta.

No entanto, sua definição foi abordada de forma indireta, uma vez que o foco da pesquisa era o balanceamento das Equações Químicas a partir da utilização do PhET. Dessa forma, o contato dos estudantes com o referido conceito foi intensificado durante as intervenções 4, 6 e 8 devido ao fato de terem apresentado maior quantidade de equações para balanceamento, tornando possível uma análise da compreensão dos estudantes.

Durante a intervenção 4, pediu-se aos estudantes para escreverem as Equações Químicas por eles balanceadas, as respostas apresentadas foram “ $2 NH_3 \rightarrow 2 N_2 + 1 H_2$ ” (G6); “ $1 P_4 + 6 F_2 \rightarrow 4 PF_3$ ” (G7); “ $1 H_2 + 1 F_2 = 2 HF$ ” (G2). Os resultados mostram que duas das três equipes conseguiram representar a equação química de forma correta e uma apresentou dificuldade em colocar a seta (responsável por indicar o sentido da reação) fazendo sua substituição por um sinal de igualdade.

É importante ressaltar que o sinal de igualdade muda totalmente o sentido da equação, pois não se trata de uma substância igual a outra, mas sim uma substância se transformando em outra, por isso a necessidade de utilização da seta. Sobre essas confusões bastante presentes nos conteúdos de Química, Armando *et al.* (2022) destacam que os estudantes têm enfrentado desafios ao memorizar e aprender os elementos e símbolos químicos, o que tem impacto

negativo na habilidade de escrever fórmulas químicas corretamente e, conseqüentemente, na representação precisa dessas equações.

Durante a realização da intervenção 6, pediu-se aos estudantes para escreverem novamente as Equações balanceadas por eles " $1 F_2 + 1 H_2O \rightarrow OF_2 + 1 HF$ " (G4), " $1 CS + 3 O_2 \rightarrow 1 CO_2 + 2 SO_2$ " (G2), " $1 C_2H_4 + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 2 H_2O$ " (G5). Os resultados mostram um avanço das equipes em relação à representação das equações, nota-se que não houve nenhum tipo de erro na escrita, o que significa que está acontecendo avanços na compreensão dos símbolos químicos.

Na intervenção 8, o processo foi repetido, as respostas apresentadas pelos estudantes foram: " $4 NO + 6 H_2O \rightarrow 4 NH_3 + 5 O_2$ " (G1), " $2 C_2H_2 + 5 O_2 \rightarrow 4 CO_2 + 2 H_2O$ " (G7), " $2 N_2 + 6 H_2O \rightarrow 4 NH_3 + 3 O_2$ " (G6). Observa-se que os estudantes continuaram demonstrando avanços no que se refere à representação da equação química. Além disso, percebe-se que não houve nenhuma confusão ou troca no que diz respeito aos reagentes, produtos e até mesmo troca da seta.

Em relação ao conceito de Equação Química, constata-se que houve avanços significativos quando comparado aos resultados do questionário inicial que apresentou aos estudantes tanto questão de definição quanto identificação das Equações Químicas. Na ocasião, os resultados mostraram ausência de compreensão por parte dos sujeitos, visto que 93,33% deles não conseguiram apresentar uma definição correta sobre Equação Química e 60% não conseguiram identificar a representação de uma Equação.

Ao comparar os resultados do questionário inicial com os obtidos durante a Sequência Didática, percebe-se que foram poucos os erros cometidos pelos estudantes. Além disso, observa-se também que eles conseguiram apresentar a correção e mantiveram as próximas equações corretas, sem repetir os erros cometidos anteriormente e sem apresentar novos erros. Vale ressaltar, que as equações são complexas, pois, apresentam reagentes, produtos e informações quantitativas sobre átomos (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p.11), uma vez que os sujeitos conseguem apresentá-las de forma correta, entende-se que está acontecendo um avanço positivo na compreensão do conceito.

Durante o desenvolvimento da Sequência Didática, trabalhou-se também a definição de reagente de forma indireta nas intervenções 4, 6 e 8. Nesse caso, não se perguntou diretamente ao estudante o que era reagente, mas se solicitou que identificassem as moléculas presentes nos reagentes das equações químicas balanceadas por eles.

Na intervenção 4, eles identificaram essas moléculas e forneceram as seguintes respostas: " $1 H_2 + 1 F_2$ " (G5) e "*não sei*" (G6). O G5 identificou de forma correta as moléculas

dos reagentes presentes na equação  $1\text{H}_2 + 1\text{F}_2 \rightarrow 2\text{HF}$ , em contrapartida o G6 afirmou não saber identificá-las, demonstrando que ainda existem dificuldades relacionadas à compreensão do conceito.

Na realização da intervenção 5, foi repetido o mesmo processo, as moléculas identificadas pelos estudantes foram: “ $\text{OF}_2 + 1 \text{H}_2\text{O}$ ” (G4), “ $2\text{F}_2 + 1\text{H}_2\text{O}$ ” (G2), “*sem resposta*” (G6). Os G4 e G2 conseguiram identificar com êxito as moléculas dos reagentes das equações  $1\text{OF}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 1\text{O}_2 + 2\text{HF}$  e  $2\text{F}_2 + 1\text{H}_2\text{O} \rightarrow 1 \text{OF}_2 + 2\text{HF}$ , respectivamente. No entanto, o G6 continua apresentando dificuldades e afirmando não saber identificar as moléculas dos reagentes.

A dificuldade de identificação por parte de alguns estudantes, retoma uma problemática anteriormente discutida, em que Silva *et al.* (2019) enfatizam que os estudantes muitas vezes, não conseguem informar as substâncias de forma individual e conseqüentemente apresentam dificuldade em determinar reagentes e produtos de uma determinada equação.

Dessa forma, observa-se que os resultados das intervenções 4 e 6 mostraram avanços consideráveis no quesito identificação de reagentes, mas ainda evidenciaram dificuldades de compreensão, conforme apresentado no questionário inicial. Com isso, buscou-se analisar as respostas fornecidas pelos estudantes na intervenção 8, sendo elas: “ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ” (G4), “ $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ” (G2), “*não respondeu*” (G7). Observa-se que G4 e G2 identificaram corretamente as moléculas das equações  $4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2$  e  $2 \text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ , respectivamente. Apesar dos resultados positivos para a maior parte dos estudantes, ainda existem dificuldades relacionadas aos reagentes, evidenciadas na ausência de respostas de algumas equipes como o caso de G6 e G7.

Ao analisar os dados do questionário inicial e comparar com os resultados obtidos durante o desenvolvimento da Sequência Didática, observa-se que apesar dos erros recorrentes na Sequência, os estudantes tiveram avanços significativos uma vez, que inicialmente um percentual de 73,33% dos estudantes não sabiam definir reagentes e 66,67% não conseguiam identificá-las. Durante a Sequência Didática, percebe-se que a quantidade de acertos foi superior à quantidade de erros, evidenciando dessa maneira, uma melhor compreensão do conteúdo.

Na Sequência Didática também foi trabalhado de forma indireta o conceito de produto nas intervenções 4, 6 e 8. A abordagem foi a mesma adotada nos reagentes. Os estudantes identificaram as moléculas presentes nos produtos das Equações Químicas balanceadas. Na intervenção 4, as respostas informadas foram: “*não sei*” (G6), “ $\text{HCl}$ ” (G4), “ $\text{CO}$ ” (G2). Dentre as respostas fornecidas, apenas o G4 conseguiu informar os produtos da seguinte equação

química O G2 apresentou uma molécula, no entanto, ela não pertencia ao produto da equação química “ $2\text{CO} \rightarrow 1\text{C} + 1\text{CO}$ ”, mas sim aos reagentes, perceba: “ $1\text{HCl} \rightarrow 2\text{H}_2 + 1\text{Cl}_2$ ”. Já o G6 não soube informar os produtos das equações balanceadas.

Na intervenção 6 repetiu-se novamente a pergunta e os estudantes mais uma vez fizeram a identificação das moléculas presentes nos produtos das equações balanceadas. As respostas fornecidas foram: “ $1\text{O}_2 + 2\text{HF}$ ” (G4), “*não respondeu*” (G8), “*não respondeu*” (G6). Observa-se que somente o G4 conseguiu apresentar de forma correta o produto da equação “ $1\text{OF}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 1\text{O}_2 + 2\text{HF}$ ”. Os G8 e G6 não conseguiram informar esses produtos.

Os resultados apresentados durante as intervenções 4 e 6, mostraram que ainda existe dificuldade de compreensão no que diz respeito aos produtos da equação. Observa-se que a quantidade de acerto durante as intervenções ainda é inferior à quantidade de erros. Esses dados ainda estão bem próximos dos apresentados no questionário inicial, em que 80% dos estudantes não conseguiram definir produtos e 66,67% não conseguiram identificá-los em uma equação.

Dando continuidade à Sequência, na intervenção 8, solicitou-se novamente aos estudantes que apresentassem as moléculas presentes nos produtos das equações, as moléculas encontradas por eles foram “ $2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ” (G2), “*não respondeu*” (G3), “ $\text{C}_2\text{H}_6$ ” (G6). Percebe-se que o G2 conseguiu identificar o produto da equação “ $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ”. Em contrapartida o G3 informou não saber responder e o G6, informou apenas um dos dois produtos da equação “ $4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2$ ”.

Apesar de algumas equipes apresentarem os produtos da equação de forma correta, observa-se que os resultados obtidos ao longo das intervenções mostram que os estudantes continuam apresentando dificuldades significativas quanto à identificação dos produtos em uma equação, isso evidencia a ausência de compreensão conceitual referente ao conteúdo.

A dificuldade relacionada à compreensão dos produtos de uma equação, pode estar diretamente vinculada à dificuldade de compreensão do átomo, uma vez que estes não “são criados nem destruídos em uma reação química: eles simplesmente mudam de parceiros. A principal evidência para essa conclusão é que não há mudança na massa total quando uma reação ocorre em um recipiente selado” (Atkins, Jones e Laverman, 2018, p. 61).

Dessa forma, não se trata simplesmente da compreensão do produto em si, mas do papel do átomo e da conservação da massa nas reações. Compreender todos esses conceitos é indispensável para o entendimento e conseqüentemente para a identificação dos produtos. Consoante a isso, Silva *et al.* (2019) enfatizam que é comum os alunos enfrentarem dificuldades em entender como os elementos químicos se combinam para formar substâncias e prever os produtos de uma reação química. Isso geralmente ocorre devido à compreensão limitada dos

conceitos fundamentais da química, como ligação química, reatividade dos elementos e estequiometria.

No contexto dos princípios da Tecnodocência, adotaram-se os princípios 4 e 8, os quais enfatizam a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes e a sua posição como construtores de conhecimento. Portanto, é destacado que os conhecimentos adquiridos durante o processo de aprendizagem estão intrinsecamente ligados à capacidade dos estudantes em construir seu próprio entendimento sobre o assunto, trazendo significado para o conteúdo em processo de internalização.

Além disso, é importante ressaltar a relevância das três dimensões papertianas do Construcionismo nos resultados alcançados: Sintática, Semântica e Social. A dimensão Sintática refere-se à habilidade de manipular e interagir com objetos e símbolos no ambiente de aprendizagem, como evidenciado na interação dos estudantes com o simulador PhET. A dimensão Semântica diz respeito à compreensão dos conceitos e princípios subjacentes às ações realizadas, observada nos avanços conceituais dos estudantes. Por fim, a dimensão Social aborda a colaboração e a interação com outros como componentes essenciais do processo de aprendizagem, algo enfatizado nas intervenções realizadas em equipes, que priorizaram o diálogo e a interação entre os estudantes.

#### ***5.3.4 Resultado SD – Categoria 3 – Balanceamento de Equações Químicas***

O coeficiente estequiométrico é definido como os “números que indicam a proporção de átomos que participam da reação” (Gewandsznajder; Pacca, 2018, p.150). Eles estão presentes em todas as Equações Químicas e sua compreensão é essencial para o entendimento do Balanceamento de Equações Químicas. Dessa forma, trabalhou-se durante a Sequência Didática, nas intervenções 4, 6 e 8, com os coeficientes estequiométricos.

Durante a Sequência não foi realizada nenhuma pergunta de forma direta envolvendo a definição de coeficiente, mas foram abordados em todas as Equações Químicas durante o balanceamento, visto que isso acontece a partir da modificação do coeficiente. Quando a equação é corretamente balanceada pelo sujeito, entende-se que existe conhecimento acerca dos coeficientes. Diante disso, observaram-se as equações apresentadas pelos estudantes em grupos.

Na intervenção 4, os estudantes apresentaram como balanceadas de forma correta as seguintes equações: “ $2NH_3 \rightarrow 1N_2 + 3H_2$ ” (G8), “ $2NO_2 \rightarrow 2NO + 1NO$ ” (G5), “ $2HCl \rightarrow 1H_2 + 1Cl_2$ ” (G4). Os G8 e G4 conseguiram apresentar as equações corretamente balanceadas, com o número de coeficiente igualando corretamente o número de átomos entre reagentes e

produtos. Em contrapartida, o G5 apresentou uma equação balanceada de forma errônea em que a quantidade de átomos de reagentes e produtos não são equivalentes.

A análise do entendimento dos estudantes em relação às equações químicas também aconteceu durante a intervenção 6, as equações apontadas por eles foram: “ $1F_2 + 1H_2O \rightarrow 1OF_2 + 1HF$ ” (G4), “ $1CS_2 + 3O_2 \rightarrow 1CO + 2SO_2$ ” (G5) e “ $1CH_4 + 1H_2O \rightarrow 3H_2 + 1CO$ ” (G7). Os G4 e G5 apresentaram equações balanceadas de forma errônea, apresentando quantidade de átomos dos reagentes e produtos de forma desigual, somente o G7 conseguiu apresentar a equação balanceada de forma correta.

Os resultados das intervenções 4 e 6 apresentaram as dificuldades ainda enfrentadas pelos estudantes em relação ao papel do coeficiente estequiométrico no Balanceamento das Equações. Para Fernandes (2014), a equação é ajustada alterando os coeficientes estequiométricos de cada substância química participante na reação até que o número de átomos de cada substância seja igual tanto nos reagentes quanto nos produtos. Dessa forma, compreende-se que o erro cometido pelos estudantes está diretamente relacionado aos equívocos quanto à indicação do coeficiente estequiométrico.

Por fim, foram analisadas as equações apresentadas pelos estudantes na intervenção 8: “ $4NH_3 + 7O_2 \rightarrow 4NO_2 + 6H_2O$ ” (G1) “ $4CO_2 + 6H_2O \rightarrow 2C_2H_6 + 7O_2$ ” (G4) “ $2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$ ” (G7). Todas as equações foram balanceadas de forma correta pelos estudantes.

Nos primeiros resultados das intervenções, os alunos demonstraram algumas dificuldades relacionadas aos coeficientes estequiométricos. Mas, ao final do processo demonstraram compreensão ao apresentarem as equações balanceadas de forma correta. Ao comparar os resultados obtidos durante a Sequência Didática com os resultados do questionário inicial, conclui-se que houve avanços no entendimento do conteúdo, uma vez que um total de 86,67% não conseguiu defini-las inicialmente e 100% não conseguiram identificá-los de forma correta durante o questionário inicial.

Em relação ao Balanceamento das Equações Químicas, é importante ressaltar que não foi trabalhado de forma direta nas intervenções. Como a função da Sequência Didática era realizar o balanceamento das equações, elas foram trabalhadas em todas as intervenções. Os resultados obtidos estão associados aos dados apresentados nos coeficientes estequiométricos, visto que ambos estão diretamente relacionados.

Ao longo das intervenções observou-se erros nos balanceamentos, conforme apresentado anteriormente, mas a maior parte das equipes apresentaram equações corretamente balanceadas: “ $4PCl_3 \rightarrow 1P_4 + 6Cl_2$ ” (G1), “ $1H_2 + 1F_2 \rightarrow 2HF$ ” (G2), “ $1P_4 + 6F_2 \rightarrow 4PF_3$ ”

(G4). As equações acima foram balanceadas durante a intervenção 4, observa-se que todas as equipes conseguiram apresentar o balanceamento de forma correta.

Nas intervenções 6 e 8 os estudantes continuaram apresentando as equações balanceadas de forma correta: “ $1 C_2H_6 + 1 Cl_2 \rightarrow 1 C_2H_5Cl + HCl$ ” (G4), “ $C_2H_4 + 3 O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$ ” (G2), “ $1SO_2 + 3H_2 \rightarrow 1H_2S + 2H_2O$ ” (G5), demonstrando assim, compreensão a respeito do Balanceamento de Equações Químicas.

Ao comparar os resultados aqui obtidos com os do questionário inicial, constata-se que a Sequência Didática apresenta resultados positivos no que se refere ao conceito de Balanceamento de Equações Químicas, pois durante a Sequência, o Balanceamento foi apresentado de forma correta o que não aconteceu no questionário inicial, em que 100% dos estudantes não conseguiram balanceá-las.

Apesar de alguns erros envolvendo os conceitos de reagentes, produtos e coeficiente estequiométrico durante a Sequência Didática, é possível concluir que a proposta metodológica abordada na Sequência Didática se mostrou inicialmente eficiente, uma vez que apresentou avanços conceituais significativos dos estudantes em relação aos resultados do questionário inicial. A maioria dos erros cometidos foram relacionados à identificação das moléculas presentes nos produtos de uma Equação Química, essa dificuldade conforme mencionada anteriormente está diretamente relacionada ao fato dos estudantes não conseguirem informar as substâncias de forma individual (Silva *et al.*, 2019).

Outras dificuldades de compreensão também foram observadas, como as relacionadas aos coeficientes estequiométricos, em que muitas equipes apresentaram dificuldade em informá-los. Essas dificuldades estão diretamente relacionadas à problemática de compreensão dos coeficientes pelo fato de estarem associados à quantidade de átomos presentes em uma Equação (Fernandes, 2014).

No mais, a Sequência Didática, a princípio, mostrou-se eficiente contribuindo para a compreensão de conceitos como o de Balanceamento de Equações Químicas. Segundo Lima (2018), essa eficiência pode estar diretamente relacionada ao fato dessa metodologia fazer com que os estudantes se envolvam ativamente para descobrir todas as razões por trás do que estão aprendendo. Além disso, o autor supracitado afirma que esse tipo de atividade ajuda o estudante a progredir em seu conhecimento, mediante o aprofundamento do conteúdo estudado.

Nesta categoria, os mesmos princípios da Tecnocência e dimensões do Construcionismo abordados na categoria anterior foram aplicados. Portanto, compreende-se que os resultados evidenciados anteriormente se aplicam também aos obtidos aqui, neste momento.

## 5.4 Questionário Final

O questionário final foi aplicado com 16 alunos do 1º ano “C” do turno da manhã. A aplicação ocorreu no dia 10 de outubro de 2023, teve início às 10h00min e foi encerrada às 10h25min, totalizando 25 minutos. O questionário era composto por 27 questões conceituais, cujo objetivo era comparar os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio com os conhecimentos *a posteriori* sobre os conceitos de Reação Química e Balanceamento de Equações Químicas.

### 5.4.1 Resultados da Categoria 1 – Conceitos Fundamentais

Com o objetivo de compreender os conhecimentos *a posteriori* sobre os conceitos envolvidos nas Reações Químicas, analisaram-se os resultados obtidos na definição de átomos. A análise mostrou que um percentual de 80% dos sujeitos participantes da pesquisa ainda não sabe definir átomos, mesmo depois da realização da Sequência Didática, em que foi trabalhado mais explicitamente o conceito de átomos durante três intervenções. Ao serem questionados, as respostas mais presentes foram “*não sei*” (A13) e “*não sei*” (A15).

O percentual restante de 20% dos estudantes cometeu equívocos ao tentarem definir átomos, as respostas apresentadas por eles foram: “*Uma partícula indestrutível e indivisível*” (A4) e “*é o que contém uma molécula e o índice*” (A17). As respostas apontadas mostraram que ainda existe confusão entre as definições de átomos. Sendo que alguns dos participantes continuaram apresentando características de modelos atômicos anteriores e outro fez uma confusão entre moléculas e índices, os mesmos erros cometidos no questionário inicial.

Ao comparar os dois resultados, percebe-se que no inicial os dados foram superiores ao final, pois somente 66,67% dos estudantes não conseguiram fornecer uma definição correta. O percentual de equívocos permaneceu o mesmo, em que 20% dos estudantes haviam cometido erros e continuaram cometendo no questionário final. Já no questionário inicial um total de 13,33% trocou a definição de átomos com outras definições, o que não aconteceu no questionário final. Diante dos dados aqui analisados, observa-se que não houve avanços significativos no que se refere ao questionário final.

Já nos resultados da Sequência Didática, que antecedeu o questionário final, alguns avanços significativos foram observados, as definições apresentadas pelos estudantes demonstraram avanços em relação às definições fornecidas no questionário inicial. O estudante A4 pertencente ao G2 afirmou se tratar de um “*Sistema energético estável eletricamente neutro*”

*que consiste em um núcleo denso, positivamente carregado”* (A4 - G2). Percebe-se que apresentaram definições mais completas e desvinculadas dos modelos atômicos não aceitos atualmente, como, por exemplo, o de John Dalton que esteve muito presente nas definições apontadas no questionário inicial.

Com base nos resultados da Sequência, esperava-se que os sujeitos continuassem avançando nas definições. No entanto, como constatado anteriormente, os dados mostraram que no questionário final, as respostas dos estudantes estavam mais vinculadas com as do questionário inicial, cometendo equívocos, como, por exemplo, ao fornecer características de modelos atômicos não aceitos atualmente.

Nesse sentido, acreditava-se que a definição de átomo apresentada pelos estudantes no questionário final fosse semelhante à adotada na realização da presente pesquisa, em que se considera o átomo como “a menor partícula de um elemento que tem as propriedades químicas do elemento químico. Uma espécie eletricamente neutra formada por um núcleo e seus elétrons” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p.2). No entanto, as definições apresentadas pelos estudantes, estão equivocadas em relação à definição de átomos apresentada nesta pesquisa.

Para Roque e Silva (2008), a dificuldade de compreensão de átomos está diretamente relacionada ao fato dele ser real, mas não ser observado através da utilização de sentidos. Dessa forma, retoma-se a discussão da necessidade de antes de qualquer coisa, compreender primeiro a linguagem, pois, segundo os autores supracitados, as dificuldades em estabelecer as possibilidades de relações entre os entes químicos do mundo microscópico e do macroscópico persistem (Roque; Silva, 2008).

Essa problemática constatada em relação à definição de átomos, pode estar diretamente relacionada à formação de conceitos no adolescente que é marcada por um processo contínuo de avanços e retrocessos, desde estágios mais primitivos até os mais maduros. A transição do concreto para o abstrato é tão desafiadora quanto a transição inversa (Santana; Sarmento; Wartha, 2011). Os autores anteriormente citados, acrescentam ainda que quando se trata do ensino de Química, essas dificuldades conceituais são ainda mais acentuadas, pois, em Química, utiliza-se uma linguagem específica que o estudante não está familiarizado (Santana; Sarmento; Wartha, 2011).

Dando continuidade à análise dos resultados da pesquisa, buscou-se entender se os estudantes conseguiram identificar a representação de um átomo de forma correta, para isso fez-se a seguinte pergunta: “Dentre as opções abaixo, qual representa um átomo? a)  $H_2$ ; b)  $H_2O$ ; c) O; d)  $Na^+$ ”. Nesse caso, constatou-se que 53,33% dos estudantes fizeram-na de forma correta, apontando “O” (A5) e “O” (A8) como a representação. Apesar da grande maioria dos

estudantes terem reconhecido o átomo, um percentual de 46,67% ainda apresentou dificuldades na identificação dos átomos.

Alguns estudantes utilizaram a representação da molécula " $H_2$ " (A4) e " $H_2O$ " (A14) e outros confundiram a simbologia do átomo com a representação de um íon " $Na^+$ " (A6) e " $Na^+$ " (A15). A confusão na identificação de átomos está relacionada à natureza abstrata dos conceitos em questão, pois envolvem o nível macroscópico, microscópico e representacional (SanJuan; Santos, 2010). Dessa maneira, os autores anteriormente citados, entendem que "conceitos como átomos, moléculas e íons requerem dos estudantes raciocínio formal e que, a grande maioria dos estudantes no ensino médio, ainda opera no nível operacional concreto" (SanJuan; Santos, 2010, p.9).

Consoante a isso, Sá e Santim Filho (2017) enfatizam que a abordagem de ensino de Química nas escolas de Ensino Médio exige que os alunos realizem várias operações a um nível formal de pensamento para compreender os conceitos. Entretanto, muitos alunos não estão nesse estágio de desenvolvimento intelectual, permanecendo ainda no nível concreto de compreensão.

Por fim, a análise dos dados revelou que a maior parte dos estudantes (53,33%) conseguiram identificar átomos, mostrando dessa forma, compreensão parcial do conceito. No entanto, um total significativo de 46,67% apresentou dificuldades na identificação. As possíveis causas dessas dificuldades foram discutidas anteriormente e dentre elas, retoma-se a dificuldade relacionada à linguagem Química. Ao comparar esses resultados com os do questionário inicial, afirma-se que houve avanços, pois, no questionário inicial somente 40% dos estudantes conseguiam identificar um átomo, enquanto 60% não conseguiam fazer a identificação de forma correta.

Buscou-se também identificar o conhecimento *a posteriori* sobre o conceito de moléculas. Os resultados obtidos mostraram que 66,67% dos estudantes ainda não conseguem definir moléculas de forma correta. As respostas apresentadas por eles foram: "*não lembro*" (A5) e "*não sei*" (A14). Além disso, um total de 20% dos participantes cometeu equívoco ao tentarem defini-las.

As respostas apresentadas foram: "*A molécula é um elemento Químico*" (A4), "*É uma junção que forma um elemento*" (A11) e "*é o que contém dentro do átomo*" (A10). Relacionando as definições apresentadas pelos estudantes com a adotada durante essa pesquisa, que considera a molécula como "a menor partícula de um composto que possui as propriedades químicas do composto. Um grupo definido, distinto, eletricamente neutro de átomos ligados"

(Atkins; Jones; Laverman, 2018, p.20) percebe-se que não há relação entre os conceitos fornecidos pelos estudantes com a definição trabalhada na presente pesquisa.

Constata-se, a partir dos resultados obtidos, que os sujeitos permaneceram apresentando as mesmas problemáticas do questionário inicial considerando as moléculas como partes de elementos químicos ou como parte de um átomo. Essa dificuldade pode estar relacionada ao fato de átomos e moléculas possuírem estruturas reais, mas não permitirem sua percepção através dos sentidos (SanJuan, Santos, 2010). Dessa maneira, a compreensão da linguagem química torna-se um desafio para a compreensão de conceitos relacionados à Química.

Já no que se refere à Sequência Didática, entende-se que houve avanços em relação ao questionário inicial, uma vez que os estudantes demonstraram entender o básico sobre o assunto ao fornecerem a seguinte definição “*É a junção de dois ou mais átomos*” (A4 - G2). Apesar de apresentarem lacunas e não serem fornecidas de forma completa pelos estudantes, os conceitos apontados apresentam-se com mais informações corretas do que errôneas. Retomando aos resultados do questionário final, percebe-se que os estudantes mantiveram a mesma definição apresentada na Sequência Didática, enfatizando se tratar da “*junção de dois ou mais átomos*” (A3). Apesar do percentual de acerto ter sido pequeno, com um total de apenas 13,33%, compreende-se que houve uma compreensão do conceito, uma vez que os estudantes o mantiveram desde a Sequência Didática.

Para a identificação de moléculas, fez-se a seguinte pergunta: “Dentre as opções abaixo, qual representa uma molécula? a)  $\text{NH}_3$ ; b)  $\text{N}$ ; c)  $\text{Ca}^{2+}$ ; d)  $\text{NH}_4^+$ ”. Observou-se que um total de 60% dos estudantes não soube identificar. Quando questionados, as simbologias fornecidas por eles foram: “ $\text{N}$ ” (A1) e “ $\text{Ca}^+$ ” (A8). Os resultados mostram que os estudantes apresentaram a mesma dificuldade exibida na identificação dos átomos. Como mencionado anteriormente por Sanjuan e Santos (2010), conceitos como átomos, moléculas e íons demandam dos alunos um pensamento formal, e que a maioria dos estudantes no Ensino Médio ainda se encontra no Estágio Operacional Concreto.

Observou-se que os erros cometidos pelos estudantes foram maiores que os acertos, uma vez que esses foram somente de 40%. A simbologia apresentada pelos participantes foi: “ $\text{NH}_3$ ” (A15) e “ $\text{NH}_3$ ” (A20). Trata-se da molécula de amônia, formada por um átomo de nitrogênio e três de hidrogênio e, portanto, caracteriza-se como uma resposta correta dos estudantes. Apesar do percentual significativo de acertos, percebe-se que o número de respostas corretas do questionário final foi menor que o resultado do questionário inicial. Na aplicação do questionário inicial, o percentual de acertos foi de 66,67%, bem superior ao percentual do questionário final. Esses resultados estão relacionados à ausência de compreensão da

simbologia das moléculas durante a aplicação da presente pesquisa. Essa dificuldade de aprendizagem relaciona-se às problemáticas discutidas anteriormente, sendo as principais: linguagem própria da Química e desenvolvimento intelectual dos estudantes (SanJuan; Santos, 2010).

Por outro lado, é possível que os alunos estejam vivenciando um processo de aprendizagem caracterizado por equilíbrios e desequilíbrios (Piaget, 1999). A aplicação do questionário final pode ter detectado esse momento de desequilíbrio vivenciado pelos alunos, parecendo, a princípio, que se encontram em um nível inferior de aprendizagem ao final da aplicação da pesquisa quando comparado ao que apresentaram antes de seu início. No entanto, podem apresentar dúvidas e inseguranças vivenciadas no processo de aprendizagem que refletem no resultado das respostas apresentadas. Esse fenômeno pode ocorrer apenas com alguns conceitos mais abstratos ou com todos os conceitos abordados na pesquisa. É necessário analisar como os alunos apresentaram os demais conceitos para que seja possível uma conclusão do estudo.

#### ***5.4.2 Resultados da Categoria 2 – Equações Químicas***

A análise do questionário final mostrou que 46,67% dos estudantes não sabem definir Equações Químicas, as respostas apresentadas por eles foram: “*Não sei*” (A6) e “*não me lembro*” (A8). Além disso, um total de 33,33% deles cometeram equívocos ao tentarem fornecer o conceito, apresentaram como definição “*é somar os reagentes e produtos*” (A5; A19). A definição apresentada pelos estudantes pode estar relacionada à estrutura das Equações Químicas que apresentam em sua organização um sinal de adição, podendo dessa forma, confundir o estudante que está mais familiarizado com a “soma”, conforme apresentaram nas definições anteriormente mencionadas.

Outro aspecto que pode ter contribuído para essa associação, é o fato de muitas das equações fornecidas serem reações de adição em que um ou mais reagentes formam um único produto (Fonseca, 2018) remetendo assim, a ideia de adição. No entanto, nas reações não se trata da soma de reagentes, mas sim do processo de conversão de duas ou mais substâncias em outras (Atkins, Jones, Laverman, 2018). Apesar dos erros e equívocos cometidos, um percentual de 6,67% dos estudantes trocou a definição de Equações Químicas com Reações Químicas: “*é quando uma substância se mistura com outras se transformando em uma nova substância*” (A4).

Em relação à confusão apresentada pelos sujeitos, Nery, Liegel e Fernandez (2007) enfatizam que a problemática está relacionada ao domínio da linguagem química. Segundo os autores, quando se trata de Equações Químicas, é necessário o conhecimento dos níveis macroscópico, microscópico e simbólico para que os sujeitos sejam capazes de compreender a formação de novas substâncias com propriedades diferentes. Além disso, os autores supracitados enfatizam que se espera que o estudante ao concluir o Ensino Médio, tenha domínio da linguagem química.

Apesar da maior parte dos estudantes terem cometido erro em relação à definição, vale destacar que um percentual de 13,33% dos sujeitos conseguiu apresentar uma definição correta para Equações Químicas “*a equação Química é a representação de uma reação química*” (A1) e “*a representação de uma reação química*” (A11). Constata-se que os estudantes conseguiram apresentar a definição correta quando comparado à definição adotada durante a presente pesquisa, que considera Equações Químicas como “uma declaração, em termos de fórmulas químicas, que resume as informações qualitativas sobre as mudanças químicas que ocorrem em uma reação e a informação quantitativa de que átomos não são criados nem destruídos em uma reação química” (Atkins; Jones; Laverman, 2018, p.11).

Mesmo a definição dos autores supracitados se mostrando bastante complexa, observa-se que a definição apresentada pelos estudantes segue a mesma linha de raciocínio, em que a equação se trata da representação de uma Reação Química. Outro ponto relevante no que se refere ao avanço da definição é evidenciada quando comparados os resultados do questionário final com os do inicial, uma vez que no inicial 93,33% dos estudantes não conseguiram definir Equação Química e no final o percentual reduziu para 46,67%.

Em relação aos avanços na Sequência Didática, apesar da definição de Equação Química não ter sido trabalhada de forma direta, percebeu-se que os estudantes representaram as equações de forma correta, demonstrando entendimento do conceito em questão. Diante disso, enfatiza-se que os estudantes tiveram melhorias significativas no entendimento das Equações Químicas. Segundo Almeida, Santos e Mendes (2022), o bom desempenho dos estudantes no conceito de Equações Químicas, pode estar diretamente relacionado à maneira como o conteúdo foi trabalhado, visto que as Sequências Didáticas é um meio de ensino facilitador, uma vez que permite a aprendizagem a partir dos questionamentos e realização de atividades diferentes, pensadas e desenvolvidas de acordo com as dificuldades dos sujeitos em determinado conteúdo específico.

Em acréscimo, Lemos e Kaiber (2019) apontam que as Sequências Didáticas podem contribuir para a melhoria de conteúdos considerados complexos e abstratos. Além disso, elas

permitem a inserção de outras ferramentas, tal qual as simulações computacionais que são apontadas por Brasileiro e Matias (2019) como recursos auxiliares na formulação conceitual e no aprimoramento da habilidade dos alunos em representar fenômenos e variáveis associados a sistemas químicos. Diante das contribuições que as Sequências Didáticas e as simulações podem proporcionar no ensino de Química, considera-se que a compreensão conceitual apresentada para o conceito de Equações Químicas pode estar diretamente relacionada aos recursos utilizados na pesquisa.

Depois da análise dos resultados das Equações Químicas, buscou-se entender o conhecimento *a posteriori* sobre os reagentes e os produtos de uma Equação Química. Observou-se que um total de 53,33% dos estudantes não sabe definir reagentes, as respostas fornecidas por eles foram: “*não lembro*” (A5) e “*não sei*” (A6). Além disso, um percentual de 33,33% definiu de forma equivocada, afirmando se tratar de uma “*molécula que balanceia*” (A20) e de um “*número*” (A19).

Em contrapartida, um percentual de 13,33% conseguiu fornecer a definição correta, apontando se tratar dos “*elementos que entram em contato para que reajam*” (A1) e “*uma substância antes da reação química*” (A4). Em relação à definição de Reagentes, Atkins, Jones e Laverman (2018) consideram ser substâncias que reagem entre si ou se decompõem para formar novas substâncias. Em uma equação química elas aparecem antes da seta que indica o sentido da Reação Química. Relacionando a definição trabalhada na presente pesquisa e as respostas apresentadas pelos estudantes, observa-se que existe relação entre elas, podendo dessa forma considerar que a definição apresentada pelos estudantes está correta em relação à definição de Atkins, Jones e Laverman (2018). Ao fazer uma comparação dos resultados obtidos a partir do questionário final com os obtidos no questionário inicial, percebe-se que no inicial um percentual de 73,33% dos estudantes não sabia definir reagentes.

No que se refere à Sequência Didática, o resultado mostrou que mesmo não tendo ocorrido a abordagem do conceito de forma direta, os estudantes conseguiram apresentar, sempre que solicitado, a representação das moléculas presente nos reagentes, demonstrando dessa forma, entendimento do conteúdo.

Em relação aos produtos, observa-se que no questionário final um total de 53,33% dos estudantes não soube definir produtos, quando interrogados, informaram: “*não lembro*” (A5) e “*não sei*” (A15). Enquanto 33,33% definiu de forma equivocada, enfatizando se tratar de “*reagentes que se transformam num produto*” (A11) e “*é o resultado*” (A19). Em contrapartida, um percentual de 13,33% dos estudantes respondeu de forma correta, afirmando ser “*o produto é no que esses reagentes se transformam*” (A1) e “*é o resultado de uma reação*”

*química*” (A4). Relacionando a definição abordada nessa pesquisa, que considera o produto como espécie formada em uma reação química, os produtos aparecem nessa equação após a seta que indica o sentido da reação química (Atkins, Jones e Laverman, 2018). Percebe-se que os estudantes conseguiram compreender o que são os produtos de uma Equação Química ao enfatizarem se tratar do resultado de uma equação.

Quando comparados os resultados obtidos no questionário inicial com o final, percebe-se que os resultados do questionário final foram superiores aos do questionário inicial em que, inicialmente, um percentual de 80% dos estudantes não soube definir produtos. No que se refere à Sequência Didática, enfatiza-se que apesar da definição não ter sido trabalhada de forma direta, os estudantes conseguiram, na maioria das vezes, identificar de forma correta as moléculas presentes nos produtos da Equação Química, demonstrando dessa forma, compreender o conteúdo. Ao observar os resultados tanto dos reagentes quanto dos produtos, percebe-se que os estudantes apresentaram avanços significativos na Sequência Didática e no questionário final. Como mencionado anteriormente, os resultados positivos podem estar associados à forma como os conceitos foram abordados, visto que os estudantes participaram de uma Sequência Didática associada à utilização de simulações computacionais.

Por meio dessa combinação, é possível promover aprimoramentos na compreensão de conteúdos complexos e abstratos, além de auxiliar na superação de desafios de aprendizagem. Adicionalmente, podem viabilizar a integração de recursos durante as aulas, como recomendam Lemos e Kaiber (2019) e Borges (2019) ao acrescentar vídeos animados, simulações, desenvolvimento de *websites*, utilização do *Google Sala de Aula* e ambientes virtuais de aprendizagem como possibilidades de recursos digitais no contexto da docência.

Dentre os possíveis recursos utilizados, percebeu-se que as simulações foram relevantes pelo fato de permitirem a visualização de símbolos, apresentando dessa maneira, as representações no nível macroscópico, facilitando assim o entendimento do conteúdo. Além disso, a possibilidade de visualizar os fenômenos permite a compreensão de informações abstratas e complexas, que foram trabalhadas constantemente durante a pesquisa (Obaya; Barocio; Rodriguez, 2021; Barocio; Valdivia; Rodríguez, 2021).

Os referidos autores enfatizam ainda, que além das simulações computacionais terem permitido a visualização dos símbolos, sua relevância está atrelada a sua capacidade de interação entre o ambiente e os sujeitos, o que facilita a construção da aprendizagem de forma autônoma. Observa-se que a fala dos autores relaciona-se com os resultados obtidos no decorrer da pesquisa, em que o professor desenvolveu também o papel de mediador e que o estudante teve autonomia em seu processo de aprendizagem. Dessa forma, conclui-se que os avanços

obtidos durante a pesquisa são resultados da Sequência Didática associada às simulações interativas, no caso da pesquisa especificamente vinculada ao simulador PhET.

Os referidos autores consideram uma ferramenta que proporciona visualização e interação entre o ambiente e os sujeitos e facilita a construção da aprendizagem de forma autônoma, aspectos constatados na pesquisa no decorrer da análise dos dados.

#### **5.4.3 Resultados da Categoria 3 – Balanceamento de Equações Químicas**

Buscou-se analisar os resultados obtidos no questionário final com o objetivo de compreender os avanços dos estudantes em relação à definição de Coeficiente Estequiométrico. Com isso, identificou-se que um total de 60,0% dos estudantes ainda não sabe definir de forma correta: “*nunca ouvi falar sobre isso*” (A6) e “*não sei*” (A10). Enquanto um percentual de 40,0% afirmou se tratar do “*número que fica antes da molécula, representa quantas tem*” (A1) e “*é o que corresponde a quantidade de moléculas*” (A17).

Considerando-se que Coeficiente Estequiométrico são os “*números que indicam a proporção de átomos que participam da reação*” (Gewandsznajder; Pacca, 2018) observa-se que os estudantes A1 e A17 apresentaram as definições de forma correta, demonstrando dessa maneira a compreensão do conteúdo. Apesar da definição trabalhada durante essa pesquisa, parecer estar totalmente desvinculada das respostas dos estudantes, vale ressaltar que a definição por eles apresentada, encontra-se correta, pois se refere à quantidade de moléculas e consequentemente de átomos presentes na equação.

Ao comparar os resultados do questionário final com os do inicial, percebe-se que houve avanços significativos no que se refere à definição de coeficientes estequiométricos. No questionário inicial um total de 86,67% dos estudantes não soube definir, já no final esse percentual foi reduzido para 60,0%. Na Sequência Didática, não houve a abordagem de coeficientes de forma direta. No entanto, compreende-se que para que uma Equação esteja balanceada de forma correta, é necessário que seus coeficientes sejam fornecidos de forma exata.

Como os estudantes apresentaram a maioria das Equações Balanceadas de forma correta, entende-se que conseguiram compreender o papel do coeficiente na Equação Química. Diante do exposto, considera-se que os resultados obtidos ao longo da pesquisa foram satisfatórios no que se refere à definição de Coeficiente Estequiométrico.

Considerando-se que Balanceamento de Equações Químicas e Coeficiente Estequiométrico estão diretamente relacionados, buscou-se analisar os resultados obtidos

durante o questionário final, relacionados à definição de Balanceamento de Equações Químicas. Percebeu-se que 20,0% não sabem definir Balanceamento de forma correta, apresentando “*não sei*” (A14; A15) como resposta. Enquanto que 53,33% dos estudantes apresentaram a definição de forma equivocada “*é quando você balanceia as substâncias*” (A10) e “*é quando a reação está balanceada*” (A3).

Em contrapartida, um percentual de 26,67% conseguiu definir Balanceamento de Equações Químicas de forma correta, segundo os estudantes “*é quando você balanceia o reagente para que ele fique de acordo com os produtos e vice versa*” (A1) e “*Quando a reação está balanceada, o produto está conforme os reagentes*” (A8). Nas definições, os estudantes demonstraram compreender quando uma equação se encontra balanceada.

Durante a pesquisa, a definição de Balanceamento de Equações Químicas trabalhada foi “balancear uma equação química, é igualar reagentes e produtos” (Fonseca, 2018). Comparando-se a definição da referida autora com as definições apresentadas pelos estudantes, observa-se que houve avanços significativos também em relação à definição de Balanceamento de Equações Químicas por parte dos estudantes.

Relacionando os resultados aqui apresentados, com os obtidos no questionário inicial percebe-se que os estudantes tiveram avanços significativos, pois o percentual que não sabia definir Balanceamento era inicialmente de 100,0%. Na Sequência Didática, observou-se também que os estudantes tiveram avanços significativos, mesmo que a definição não tenha sido trabalhada de forma direta, pela apresentação das equações corretamente balanceadas, conclui-se que os estudantes conseguiram compreender de fato o que é balancear uma Equação Química.

Os avanços na aprendizagem tanto de coeficiente estequiométrico quanto de Balanceamento de Equações Químicas estão relacionados ao desenvolvimento da Sequência Didática desenvolvida no PhET que abordou o conteúdo de forma interativa e lúdica, permitindo interação entre o objeto de aprendizagem e o sujeito (Silveira; Nunes; Soares, 2013). Além disso, os autores supracitados apontam que a possibilidade de visualização dos átomos proporcionada pelo PhET auxiliou na compreensão do conteúdo que é considerado complexo e abstrato.

## 5.5 Questionário de Autoavaliação

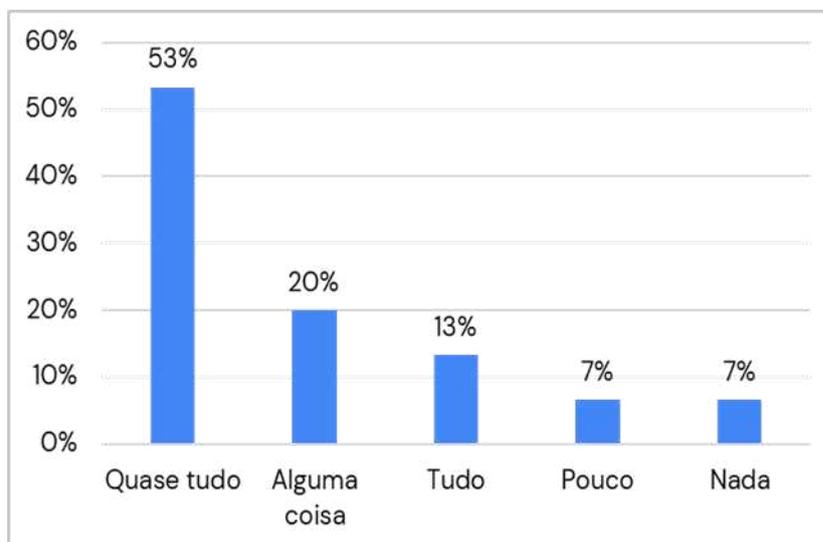
O questionário de autoavaliação foi aplicado dia 10 de outubro de 2023, das 08h50min. às 09h20min. Estava composto por 16 questões e contou com a participação de 16 estudantes.

Tinha como objetivo fornecer aos participantes uma oportunidade de refletir sobre os conhecimentos adquiridos e as dificuldades enfrentadas durante a realização da pesquisa e buscou responder a seguinte questão: qual é a percepção dos estudantes acerca da utilização do simulador PhET no conteúdo Balanceamento de Equações Químicas? Ao responder o questionário, os estudantes puderam analisar sua participação na pesquisa, abordando os pontos que gostaram e os obstáculos que superaram durante a aplicação da Sequência Didática.

### 5.5.1 Aprendizagem

Inicialmente, buscou-se identificar como os estudantes consideraram seu grau de aprendizagem em relação ao conteúdo Balanceamento de Equações Químicas a partir da utilização do simulador PhET. Os resultados mostraram que um total de 53,33% dos estudantes afirmou ter compreendido quase tudo (gráfico 6).

Gráfico 6- Autoavaliação dos estudantes sobre o que aprenderam a partir do simulador PhET



Fonte: Autoria própria (2024).

Como expresso no gráfico, a maioria dos estudantes afirmaram entender o conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, visto que 66,66% apontaram ter compreendido quase tudo ou tudo; 20% alguma coisa, e somente 6,67% nada e pouco. Segundo eles, as melhorias foram: “Aprendi como balancear elas com mais facilidade e com mais prática” (A15); “Eu aprendi a balancear e saber um pouco sobre reagentes e produtos. Tive dificuldade, mas foi legal” (A5) e “Aprendi sobre como usar o coeficiente estequiométrico, índice e sobre os tipos de reações” (A4). As respostas apresentadas pelos estudantes denotaram que foram utilizados

diferentes termos sobre Balanceamento, como, por exemplo, reagentes, produtos, índices e coeficiente estequiométrico.

Para Passos *et al.* (2019), os avanços significativos mencionados pelos estudantes estão relacionados à metodologia utilizada, visto que o uso de recursos como o *software* interativo PhET torna o conteúdo mais “palatável” e, conseqüentemente, a aprendizagem mais significativa. Além disso, os autores apontam outras vantagens como auxiliar o estudante no desenvolvimento cognitivo e despertar um interesse sobre o conteúdo.

Ao comparar os resultados obtidos entre os questionários auto avaliativo e final, observou-se que a quantidade de estudantes que cometeram equívocos na definição de Balanceamento de Equações Químicas no questionário final é igual à quantidade que afirmou ter compreendido quase tudo no questionário auto avaliativo. Diante disso, constata-se que os estudantes têm a percepção de que compreenderam o conteúdo mesmo cometendo equívocos ao apontarem as definições.

### 5.5.2 Dificuldades

No que se refere à dificuldade encontrada pelos estudantes ao balancearem as Equações Químicas utilizando o PhET, observa-se que 33,33% afirmaram apresentar dificuldade mediana e 26,67% algumas dificuldades em balancear as Equações Químicas utilizando o simulador PhET (Gráfico 7).

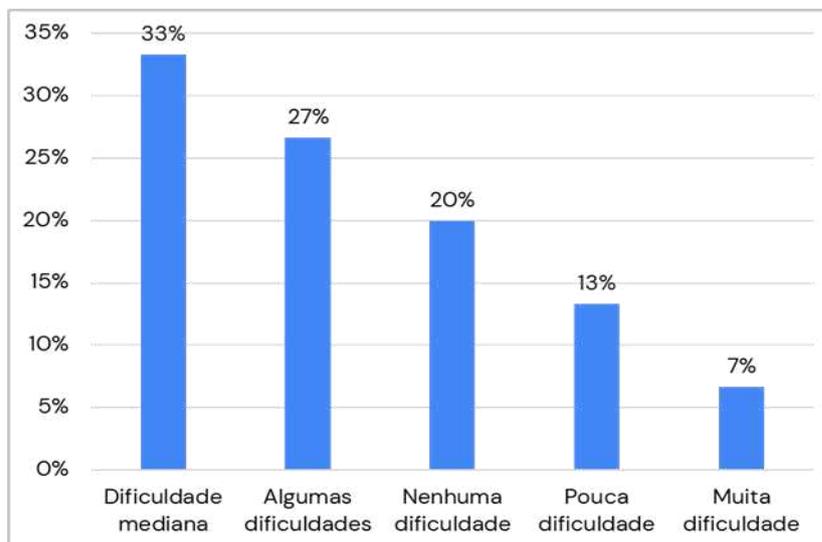
Os resultados expressos no gráfico 7 mostram que os estudantes apresentaram dificuldades significativas ao realizarem o balanceamento das equações, sobre isso eles afirmaram: “foi difícil no começo pra chegar no resultado certo demora bastante” (A21) e “no início eu não estava sabendo balancear, mas com o passar das aulas eu fui pegando o jeito” (A17). As falas dos estudantes enfatizam que as dificuldades apresentadas por eles estão vinculadas principalmente ao início do processo.

Essa dificuldade inicial está relacionada ao fato de os estudantes não terem recebido instruções acerca do manuseio da ferramenta, então inicialmente existiu um processo de familiarização com o *software* e a simulação de balanceamento. Apesar do maior percentual de estudantes ter afirmado sentir algum tipo de dificuldade, um total significativo de 20,00% dos sujeitos relatou não terem sentido nenhum tipo de dificuldade.

De acordo com os estudantes, existiram alguns desafios, mas conseguiram compreender o processo: “Muito pouco, só na terceira fase do jogo” (A1) e “Nenhuma, achei de fácil compreensão” (A4). Conforme já previsto no início da pesquisa, por apresentar Equações

Químicas em um nível mais complexo, o terceiro nível seria o mais difícil de ser utilizado, o que foi constatado por A1. No que diz respeito à ausência de dificuldade e o fato de os estudantes terem conseguido se adaptar à utilização do *software*, Barros (2019) destaca que se deve ao fácil manuseio do *software* e à sua capacidade de fazer e desfazer imagens, simulações de forma rápida e interativa.

Gráfico 7- Autoavaliação dos estudantes a respeito das dificuldades durante o balanceamento



Fonte: Autoria própria (2024).

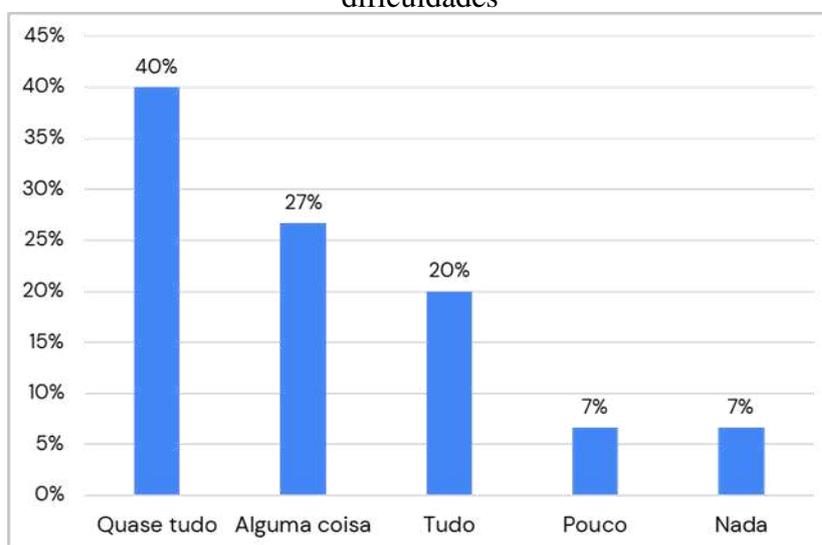
No que se refere ao questionário final, um percentual de 20,00% dos estudantes que não conseguiram definir Balanceamento de Equações Químicas e 53,33% que cometeram equívocos evidenciaram a dificuldade enfrentada pelos estudantes no uso do PhET para essa finalidade, o que se assemelha às respostas fornecidas por eles no questionário auto avaliativo, em que afirmaram ter sentido algum nível de dificuldade sejam elas poucas, muitas ou medianas.

### 5.5.3 Superação

Em termos de superação das dificuldades relacionadas ao conteúdo Balanceamento de Equações Químicas a partir da utilização do simulador PhET, um percentual de 40,00% dos estudantes afirmou ter superado quase todas as dificuldades relacionadas ao referido conteúdo (Gráfico 8). Os estudantes em sua grande maioria afirmaram ter superado as dificuldades em relação ao conteúdo, uma vez que 40,00% menciona ter superado quase tudo, 26,67% alguma coisa e 20,00% tudo. De acordo com os estudantes, a superação aconteceu “*Porque fui*

*pesquisar mais sobre essa equação para entender melhor” (A15); “Porque eu consigo entrar e balancear sem dificuldade” (A20) e “Por que eu prestei mais atenção no que eu estava fazendo e comecei a compreender mais” (A5).*

Gráfico 8 - Autoavaliação dos estudantes a respeito da superação de suas dificuldades



Fonte: Autoria própria (2024).

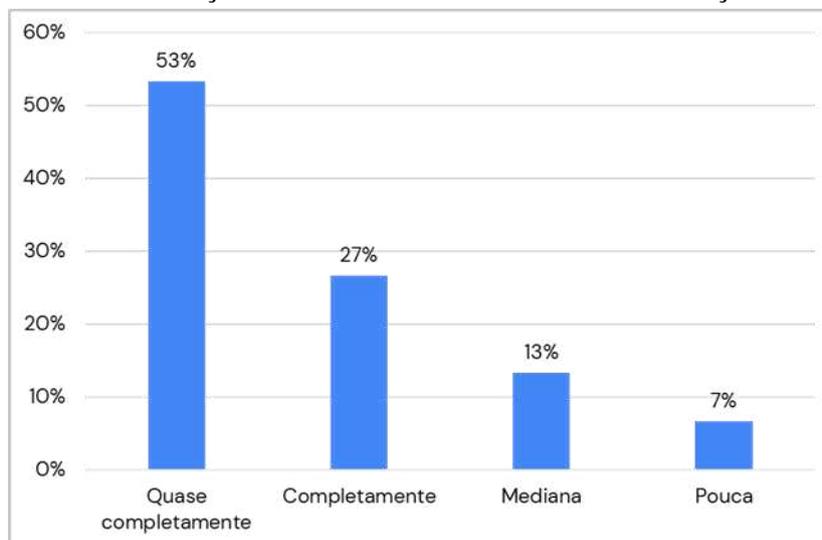
Observa-se através das respostas dos estudantes que tentaram compreender mais sobre o conteúdo e prestaram mais atenção no Balanceamento das Equações no simulador PhET. A fala deles retoma ideias já discutidas durante a pesquisa. Dentre elas, destaca-se o fato das simulações tornarem o conteúdo mais fácil de compreender e manipular, podendo ser utilizado pelo próprio estudante em casa (Passos *et al.*, 2019; Barros, 2019).

Ao comparar o nível de superação dos estudantes no questionário de autoavaliação com o questionário final, observa-se que 26,67% dos estudantes conseguiram definir corretamente as Equações Químicas, demonstrando avanços significativos na compreensão do conceito. No que se refere à superação das dificuldades, no questionário de autoavaliação, um percentual de 26,67% dos estudantes afirmaram ter superado quase todas as dificuldades. Diante do exposto, evidencia-se que a percepção de superação dos estudantes está de acordo com os resultados obtidos no questionário final, ou seja, os estudantes conseguiram superar obstáculos no processo de aprendizagem de fato e têm uma compreensão desse fenômeno dentro de seu processo de aprendizagem.

### 5.5.4 Dedicção

Outro fator que procurou-se saber dos estudantes, foi o quanto se dedicaram no desenvolvimento da pesquisa. Os resultados mostraram que um total de 53,33% dos participantes afirmou terem se dedicado quase completamente à pesquisa (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Autoavaliação dos estudantes acerca da sua dedicção durante a pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024).

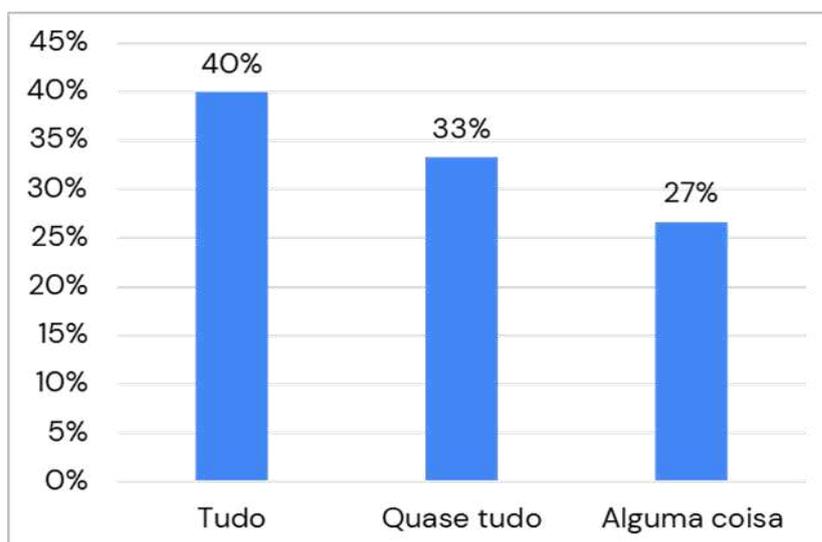
Os resultados mostraram que os estudantes se dedicaram de alguma maneira à realização da pesquisa, visto que 53,33% foi quase completamente, 26,67% completamente e de forma mediana um total de 13,33%. Para os estudantes a dedicção ocorreu por diferentes motivos: *“Porque eu sei que essa aprendizagem não servirá só agora, mas para o resto dos meus estudos e até mesmo no dia a dia nas aulas dessa matéria”* (A3); *“Me dediquei não só pela pesquisa, mas realmente aprender com algo novo e diferente”* (A8) e *“No começo não levei nada a sério, mas depois vi que era bom”* (A20).

Percebe-se na fala dos estudantes, que eles têm noção da importância do conteúdo no decorrer da vida estudantil e que o fato de ser “algo novo” despertou o interesse deles. Com isso, observa-se que os estudantes se sentem desafiados+ quando existe a utilização de novas metodologias auxiliando o processo de aprendizagem. Como já discutido pelos autores Passos *et al.* (2019) e Barros (2019), novos métodos de ensino despertam o interesse dos estudantes no conteúdo apresentado, tornando a aprendizagem mais significativa.

### 5.5.5 Aprovação

No que se refere à aprovação dos estudantes em relação à aprendizagem do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas através da utilização do simulador PhET, 40,00% afirmaram ter gostado de tudo (Gráfico 10).

Gráfico 10- Avaliação dos estudantes a respeito da abordagem do conteúdo a partir do simulador PhET



Fonte: Autoria própria (2024).

Como mostram os resultados, os estudantes aprovaram a utilização do software no conteúdo estudado, visto que 40,00% apontaram ter gostado de tudo, 33,33% de quase tudo e 26,67% de algumas coisas. Os motivos pelos quais os estudantes aprovaram a pesquisa foram vários, dentre eles destacam-se: “Do jogo, como é balancear a equação e usar o celular na atividade” (A15); “De ter contato com o simulador e com isso aprendi um pouco mais sobre equações químicas” (A3) e “Do uso do celular para o balanceamento das equações” (A14).

Percebe-se que os estudantes destacaram a utilização do simulador, apontando os jogos e o uso do celular nas atividades. Sobre a utilização dos celulares no âmbito escolar, Gerstberger *et al.* (2016) entendem que o aparelho já faz parte do cotidiano dos estudantes e que a utilização dele promove avanços relevantes no processo de aprendizagem, despertando o interesse pelo tema e pela disciplina em questão. Sobre os jogos do PhET, Falchi e Fortunato (2018) destacam que as simulações nesse formato favorecem a aprendizagem de forma descontraída e interessante.

Ao final do questionário de autoavaliação, percebeu-se que a percepção dos estudantes foi positiva em relação à utilização do simulador PhET no conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, visto que o percentual apresentado em cada um dos subcapítulos foi significativo. Sobre aprendizagem, um percentual de 53,33% afirmou ter aprendido quase tudo; em relação ao grau de dificuldade 33,33% apontaram ter sentido dificuldade mediana; no que se refere à superação, 40,00% afirmaram ter superado dificuldades relacionadas ao conteúdo. E por fim, um percentual de 53,33% e 40,00% respectivamente, afirmaram ter se dedicado quase completamente e gostado de tudo que foi desenvolvido na pesquisa.

Diante disso, conclui-se que o objetivo proposto foi alcançado, uma vez que apresentou a concepção dos estudantes sobre vários aspectos da pesquisa. Os dados mostraram que na percepção dos estudantes, houve aprendizagem e superação de desafios. Além disso, afirmaram ter gostado e aprovado a utilização do simulador PhET para a aprendizagem do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas.

## 6 O PRODUTO

O Produto Educacional da pesquisa trata-se de uma Sequência Didática composta por duas partes, geral e específica. Na parte geral são apontadas informações como área de conhecimento, série na qual será desenvolvida a sequência didática, objetivo geral da sequência, bases teóricas metodológicas e tecnológicas utilizadas, a listagem com todas as aulas e suas respectivas durações de tempo (Figura 8).

Figura 8 – Parte geral da Sequência Didática

<b>ÁREA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química</li> </ul>
<b>SÉRIE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1º ano do Ensino Médio</li> </ul>
<b>CONTEÚDO GERAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanceamento de Equações Químicas</li> </ul>
<b>OBJETIVO GERAL</b>

- Aprender os conceitos de Reação Química diante de uma abordagem pautada no Construcionismo e na Tecnodocência fazendo uso do simulador PhET para o balanceamento de equações químicas.

### BASE TEÓRICA CIENTÍFICA

- Definição de Reação Química;
- Definição de Equação Química;
- Definição de Balanceamento de Equação Química.

### BASE TEÓRICA METODOLÓGICA

#### 1. Tecnodocência

Integração entre TDICs e docência com base epistemológica nos modelos interdisciplinares e transdisciplinares, por meio da utilização dos conhecimentos prévios dos docentes e discentes para o desenvolvimento de uma reflexão crítica sobre os processos de ensino, aprendizagem e avaliação (LIMA; LOUREIRO, 2019, p.141).

#### 2. Dez Princípios da Tecnodocência

- I. O professor também é um aprendiz, o que modifica as relações de poder entre docentes e discentes e são estabelecidas relações de cooperação;
- II. Os sujeitos do processo de ensino-aprendizagem são colocados como parceiros, uma vez que estes atuam em conjunto na prática de ensino;
- III. O conhecimento deve ser produzido e não apenas reproduzido de maneira mecânica;
- IV. É preciso valorizar e utilizar os conhecimentos prévios dos estudantes na construção de novas aprendizagens;
- V. É necessária a integração dos conhecimentos pautados em modelos inter e transdisciplinares;
- VI. A prática docente deve ser fundamentada pelo professor;
- VII. As técnicas e metodologias de ensino devem ser flexíveis;
- VIII. O aprendiz deve ser um desenvolvedor de produtos e processos científicos; a construção do conhecimento sugere que a Tecnodocência esteja pautada na ação de ensinar;
- IX. A docência se transforma com a transformação das TDICs, uma vez que estas podem proporcionar novas ações pedagógicas;
- X. As TDICs podem ser modificadas a partir das necessidades dos professores e se transformam com a integração à docência.

#### 3. Construcionismo

O construcionismo é, então, definido por Papert como a forma de “produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino” (PAPERT, 2008, p.134).

#### 4. As cinco dimensões de Papert

- i) Pragmática - Conhecer algo novo para utilizar agora e não no futuro distante;
- ii) Sintônica - Sintonia entre aprendizagem, desejo e aptidões do aprendiz; proporciona

- importância e interesse do aprendiz;
- iii) Sintática - Acessar e manipular os elementos do ambiente a partir da criação de situações e processos de acordo com suas necessidades intelectuais e cognitivas;
- iv) Semântica - Manipular situações que carregam sentido individual e significado social para o aprendiz;
- v) Social - Integração da atividade com a dimensão social e cultural do aprendiz.

### BASE TECNOLÓGICA

Software de Simulações Computacionais - PhET: Balanceamento de Equações Químicas. Disponível em: <https://PhET.colorado.edu>

### QUANTIDADE DE AULAS E DURAÇÃO

- Contempla 10 aulas, cada uma com 50 minutos de duração.

AULA	TÍTULO	PÁGINA
1	Síntese da Amônia	6
2	Separação da água	9
3	Combustão do Metano	12
4	Reações Aleatórias – Nível Fácil	15
5	Reações Aleatórias – Apresentação dos Grupos	17
6	Reações Aleatórias – Nível Intermediário	19
7	Reações Aleatórias – Apresentação dos Grupos	21
8	Reações Aleatórias – Mais Complexas	23
9	Reações Aleatórias – Apresentação dos Grupos	25
10	Socialização	27

Fonte: Autoria própria (2024).

Na parte específica, são apontadas a descrição de cada aula, com o respectivo título da aula, duração de tempo, detalhes dos aspectos metodológicos utilizados, especificações do conteúdo utilizado, objetivos específicos da aula, BNCC vinculada ao conteúdo, descrição das atividades com suas respectivas durações de tempo, espaço para a reflexão do professor, lista dos recursos utilizados (Figura 9).

Figura 9 – Parte específica da Sequência Didática

<b>AULA 01</b>		
<b>SÍNTESE DA AMÔNIA</b>		
<b>DURAÇÃO - 50 min</b>		
<b>PRINCÍPIOS DA TECNODOCÊNCIA</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Princípio 3</b> - O conhecimento deve ser produzido e não apenas reproduzido de maneira mecânica;</li> <li>• <b>Princípio 4</b> - É preciso valorizar e utilizar os conhecimentos prévios dos estudantes na construção de novas aprendizagens.</li> </ul>		
<b>DIMENSÕES DO CONSTRUCIONISMO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintática e Semântica.</li> </ul>		
<b>CONTEÚDOS ABORDADOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substâncias simples e compostas;</li> <li>• Reagentes e Produtos;</li> <li>• Balanceamento de Equações Químicas.</li> </ul>		
<b>DEFINIÇÕES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substâncias;</li> <li>• Substâncias simples;</li> <li>• Substâncias compostas;</li> <li>• Reagentes;</li> <li>• Produtos;</li> <li>• Equação Química;</li> <li>• Balanceamento de Equações Químicas.</li> </ul>		
<b>OBJETIVOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar substâncias simples e compostas;</li> <li>• Diferenciar reagentes e produtos;</li> <li>• Balancear corretamente uma equação química.</li> </ul>		
<b>BNCC VINCULADA</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EF09CI02 - Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo proporção entre suas massas.</li> </ul>		
<b>AVALIAÇÃO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anotações realizadas no relatório de pesquisa dos estudantes</li> </ul>		
<b>DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES</b>		
<b>TEMPO</b>	<b>PARTE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>

15 minutos	1 <sup>a</sup>	Análise da viscosidade, cheiro e cor dos materiais que contém amônia, os selecionados foram: tinta e descolorantes e anotação das características observadas no material, no relatório de pesquisa pelos alunos.
20 minutos	2 <sup>a</sup>	Os alunos balanceiam a Reação Química "síntese da amônia" no simulador PhET.
10 minutos	3 <sup>a</sup>	Os alunos pesquisam através da utilização do celular, o significado dos átomos e moléculas presentes na Reação Química.
5 minutos	4 <sup>a</sup>	O professor escreve no quadro o balanceamento correto da equação química.
<b>DIFICULDADES E OBSTÁCULOS</b>		
<b>CONTEÚDO</b>	A complexidade do conteúdo fez com que os estudantes tivessem muita dificuldade em realizar pesquisas relacionadas aos conceitos abordados e a distinguir definições corretas e não corretas encontradas durante as pesquisas.	
<b>ALUNO</b>	Os estudantes enfrentaram dificuldades em relação a complexidade do conteúdo e a realização de pesquisas, pois a internet apresentou instabilidade e alguns aparelhos celulares estavam bastante lentos.	
<b>PROFESSOR</b>	A maior dificuldade encontrada na primeira aula, foi em relação aos alunos, eles se mostraram bastante inquietos e desmotivados o que contribuiu para o não cumprimento dos horários estabelecidos em cada etapa.	
<b>SUGESTÕES DE REDESIGN</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• As sugestões de redesign são relacionadas ao tempo de cada etapa da intervenção. Surgiu a necessidade de aumentar o tempo da 3<sup>o</sup> fase de 10 para 30 minutos, devido a dificuldade que os estudantes enfrentaram na realização da pesquisa. Com isso, reduziu-se o tempo da 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> etapa para 5 e 10 minutos, respectivamente.</li> </ul>		
<b>RECURSOS UTILIZADOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Celular;</li> <li>• Tintas para cabelo e descolorante;</li> <li>• Computador;</li> <li>• Simulador PhET;</li> <li>• Quadro e pincel;</li> </ul>		
<b>MODELOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de Relatório de Observação dos estudantes.</li> </ul>		

A Sequência Didática como produto educacional é disponibilizada em um site específico desenvolvido pelo pesquisador a partir da utilização da ferramenta Google Sites, através do link: <https://bit.ly/3Kn1h0q>. O site é composto por seis páginas com a seguinte organização: Página inicial, Sequência Didática, tutorial do *software* PhET: Balanceamento de Equações Químicas, instrumentos de coleta de dados utilizados durante a pesquisa, produções dos alunos e divulgação de materiais de consulta da pesquisa.

Na Página inicial consta a explicação do que se trata a pesquisa e os principais conceitos vinculados ao conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, com a intenção de proporcionar a reflexão do leitor sobre a importância do tema e como pode ser trabalhado em sala de aula. Na página da Sequência Didática encontra-se a apresentação das 10 aulas utilizadas para o desenvolvimento do trabalho de Balanceamento de Equações Químicas junto aos alunos, sujeitos da pesquisa, explicitando-se os aspectos mencionados anteriormente.

Na página tutorial do *software* PhET: Balanceamento de Equações Químicas, são incluídas as instruções explicando o funcionamento do *software* e os principais comandos para o trabalho com Balanceamento de Equações Químicas. Na página apresentação dos instrumentos de coleta de dados utilizados na pesquisa, apresentam-se os questionários utilizados no processo avaliativo, bem como o roteiro de observação utilizado no processo.

Na Página Produções dos alunos são apresentadas as produções dos estudantes, como relatórios de pesquisa, equações balanceadas por eles através do *software* PhET. São apresentadas também as fotos retratadas mediante a aplicação da Sequência Didática proposta. Finalmente, na página de Divulgação dos materiais de consulta da pesquisa, consta a exibição de material e links das referências utilizadas, através de Infográfico e/ou mapas.

Entende-se que o site tem importância significativa para a divulgação do trabalho, a fim de colaborar com práticas educacionais, inovadoras e transformadoras para a sala de aula, com informações referentes a Sequência Didática desenvolvida na pesquisa, tutorial de como utilizar o *software* de simulações interativas, instrumentos utilizados na coleta de dados e a produção dos alunos nesse período, baseadas na perspectiva do Construcionismo e da Tecnodocência. Além disso, esta pesquisa contribui com ideias de construção do conhecimento, com vistas ao desenvolvimento de novas metodologias pelos professores fazendo uso das TDICs, além do desenvolvimento dos estudantes, impulsionando os processos de ensino e de aprendizagem do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aprendizagem do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas é desafiadora devido à representação em três níveis de conhecimento: macroscópico, simbólico e submicroscópico. A transição entre esses níveis é essencial para a compreensão, mas pode ser difícil devido ao alto grau de abstração, especialmente no nível submicroscópico, onde é necessário identificar átomos e moléculas na equação.

Frente a tal problemática, a presente pesquisa propôs como objetivo geral avaliar a efetividade de uma abordagem de ensino sobre os conceitos de Reações Químicas a partir da aplicação de Sequência Didática pautada no Construcionismo com o uso do simulador PhET de Balanceamento de Equações Químicas. Ressalta-se que o presente objetivo foi cumprido, uma vez que aconteceu a análise da Sequência Didática, e os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios.

Em relação aos objetivos específicos, é importante destacar que foram alcançados conforme planejado. O primeiro objetivo visava avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conteúdo de Balanceamento de Equações Químicas, o que foi realizado por meio da aplicação do questionário inicial. O segundo objetivo consistia na implementação da Sequência Didática, o que também foi efetivamente realizado durante o desenvolvimento do estudo. Por fim, o terceiro objetivo foi comparar os conhecimentos prévios dos estudantes com os conhecimentos adquiridos após a intervenção. Esse objetivo foi alcançado através da aplicação do questionário final.

Os resultados obtidos no questionário inicial indicaram uma ausência geral de compreensão dos conceitos fundamentais de química entre os estudantes. A maioria não soube definir termos básicos como átomos, moléculas, equações químicas, reagentes, produtos, coeficiente estequiométrico e balanceamento de equações químicas. No questionário final, embora tenha havido alguma melhora, uma parte significativa dos estudantes ainda demonstrou dificuldades em entender e definir esses conceitos. Isso sugere que, apesar do avanço, ainda é necessário um esforço contínuo para melhorar a compreensão desses tópicos entre os alunos. Entretanto, os resultados aqui alcançados, não podem se limitar apenas a análise dos questionários, mas também é preciso fazer uma análise minuciosa da Sequência Didática desenvolvida.

Nesse sentido, enfatiza-se que a Sequência Didática contribuiu para modificações no processo de aprendizagem do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas, colocando os estudantes como protagonistas do processo de aprendizagem, diante de uma compreensão

autônoma e questionadora dos conhecimentos em construção. Além disso, a Sequência Didática apresentou-se como produto educacional no sentido de auxiliar pesquisadores e professores a pensarem em didáticas e metodologias diferenciadas a serem utilizadas no processo de ensino, aprendizagem e avaliação, fazendo uso de tecnologias digitais em prol de promover uma aprendizagem mais significativa para os estudantes.

A partir do desenvolvimento da Sequência Didática, obteve-se resultados significativos em relação ao conteúdo Balanceamento de Equações Química. Na primeira categoria (conceitos fundamentais), os estudantes tiveram avanços relevantes no que diz respeito à compreensão da definição de moléculas e átomos, aproximando-se das definições relacionadas aos conceitos acadêmicos abordados na presente pesquisa.

Na segunda categoria (Equações Químicas), foram analisados os avanços referentes às equações, reagentes e produtos. Mesmo a análise não tendo acontecido de forma direta, foi possível constatar avanços significativos no que se refere a identificação dos reagentes nas Equações Químicas. A maior dificuldade ocorreu em relação à identificação dos produtos de uma equação química.

Na terceira categoria (Balanceamento de Equações Químicas), os conceitos também não foram trabalhados de forma direta, mas os resultados obtidos através do balanceamento das equações no PhET foram positivos, uma vez que os erros de balanceamento foram poucos, sendo que alguns estudantes utilizaram o sinal de igualdade para representar a seta da equação, o que foi corrigido posteriormente por eles. Dessa maneira, compreende-se que os estudantes entenderam o processo de balanceamento das equações químicas.

Diante do exposto, conclui-se que os resultados mais significativos estão diretamente relacionados à eficácia da Sequência Didática. Esta abordagem sistematizada desempenhou um papel fundamental no processo de aprendizagem, especialmente quando combinada com o uso do simulador PhET para o balanceamento das equações químicas. A integração do simulador PhET proporcionou melhorias notáveis no processo de aprendizagem, oferecendo aos estudantes uma experiência interativa e significativa.

Ressalta-se que a associação do simulador PhET com a Sequência Didática desenvolvida proporcionou aos estudantes autonomia e reflexão, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa, mesmo em conteúdos complexos, como o Balanceamento de Equações Químicas. Além disso, os resultados destacaram a facilidade de uso do *software* e sua capacidade de captar o interesse e a atenção dos estudantes como aspectos fundamentais para o bom resultado da pesquisa.

Ademais, é crucial destacar que a aplicação dos princípios da Tecnodocência e das dimensões do Construcionismo desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento da pesquisa. Essas abordagens não apenas priorizaram a construção da aprendizagem a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes, mas também consideraram ativamente sua interação com as simulações e com os colegas ao longo de todo o processo de aprendizagem. Essa consideração cuidadosa do contexto de aprendizagem e das dinâmicas interpessoais fortaleceu ainda mais os resultados obtidos, proporcionando um embasamento sólido para as conclusões alcançadas.

Apesar dos resultados satisfatórios obtidos, destaca-se algumas limitações, sendo a principal a participação de poucos estudantes no processo. Além disso, a complexidade do conteúdo e a ausência inicial de compreensão dos conceitos envolvidos, tornaram o processo de pesquisa desafiador, pois os estudantes apresentaram como respostas às primeiras definições que lhes eram fornecidas durante a pesquisa, sem a utilização de um “filtro” para selecionar definições corretas.

Outro fator limitante, está relacionado à utilização do simulador PhET. Apesar de apresentar diversos aspectos positivos, é válido ressaltar que a ferramenta é limitada e que somente a utilização dela não garante a compreensão do conteúdo e dos conceitos nele abordados em sua totalidade e complexidade. É possível que o estudante fazendo uso de elementos de lógica ou simplesmente pela tentativa, consiga resultados excelentes no balanceamento pelo simulador sem compreender os conceitos presentes no referido conteúdo.

Outros aspectos que podem ser ajustados em pesquisas futuras, é o fato de a Sequência Didática ter sido longa, o que despertou, em alguns momentos, cansaço e tornou o processo monótono na concepção de alguns estudantes. Sendo este um dos principais pontos a serem repensados em pesquisas futuras, buscando a possibilidade de reduzir o máximo possível a Sequência Didática para que seja mobilizadora do início ao fim e não desperte o sentimento de monotonia nos estudantes.

Acrescenta-se ainda que os resultados obtidos no decorrer da pesquisa norteiam professores sobre a relevância de trabalhos que envolvam metodologias de ensino diferentes, principalmente quando se trata de conteúdos de difícil compreensão e que precisam de uma atenção maior para tornarem-se significativos aos estudantes.

Por fim, entendendo a importância da pesquisa, pretende-se divulgar a Sequência Didática como Produto Educacional, por meio da elaboração de um Site, para que diretores, coordenadores e professores de escolas públicas tenham acesso ao material e aos resultados obtidos, além de publicar os resultados obtidos em periódicos e eventos da área da Educação e

das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) em contexto de ensino, aprendizagem e avaliação, e, futuramente, pensar em adaptações para projeto de Doutorado.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, Wendy K. Envolvimento e aprendizado do aluno com simulações interativas PhET. **Il nuovo cimento C**, [s.l.], n. 3, v. 33, n. 3, p. 21-32, 2010.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M. As possíveis origens da química moderna. **Química Nova**, [s.l.], n. 1, v. 16, p. 63-68, 1993.
- ALMEIDA, R, V.; SANTOS, A. C. J.; MENDES, M. P. Construção e aplicação de uma sequência didática sobre ácidos inorgânicos para alunos do campo. **Revista Prática Docente**, [s.l.], n.1, v.7, p.1-22, 2022.
- ANDRADE, L. M. **Uma proposta de abordagem no ensino de Cálculo estequiométrico para o ensino de Química básica**.2018.38f. Trabalho de conclusão de curso (Pós-Graduação Lato Sensu em Ensino de Ciências e Matemática) Instituto Federal Goiano, 2018.
- ARMANDO, C.; GUEZE, G. A.; GOMUNDANHE, A. M.; NEUANA, N. F. Implicações do jogo de baralho de símbolos e fórmulas Químicas na aprendizagem de Equações Químicas. **Rev. Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**, Brasília, n. 1, v. 4, p. 37-53, 2022.
- ATKINS, P., JONES, L. **Princípios de Química**. Editora Bookman, 2006.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman Editora, 2018.
- BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 48-67, 2013.
- BARRETO, G. S. N.; XAVIER, J. L.; SANTOS, J. D.; PORTO, M. D.; MESQUITA, N. A. S. A percepção do *software* educativo químico pelo professor da Educação Básica. **Revista ESPACIOS**, [s.l.], n. 20, v.38, p. 1-8, 2017.
- BARROS, J.C. **A utilização do PhET para aprendizagem de Matemática nas séries finais do Ensino Fundamental**. 2019. 151f. Dissertação (mestrado) - Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.
- BEGO, A.M.; ALVES, M.; GIORDAN, M. O planejamento de sequências didáticas de química fundamentadas no Modelo Topológico de Ensino: potencialidades do Processo EAR (Elaboração, Aplicação e Reelaboração) para a formação inicial de professores. **Ciência e Educação**, Bauru, n.3, v. 25, p. 625-645, 2019.
- BERTOTTI, M. Dificuldades conceituais no aprendizado de Equilíbrios Químicos envolvendo Reações Ácido-Base. **Química Nova**, São Paulo, n. 10, v.34, p.1836-1839, 2011.
- BERTUSSO, F. R.; MACHADO, E. G.; TERHAAG, M. M.; MALACARNE, V. A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Ciências: um paradigma a ser vencido. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 9, n.12, p. 1-18, 2020.

BEZERRA, L. M. **Ser protagonista**. Química 1ºano. 3. ed. São Paulo. Lia Monguilhote.

BORGES, D. A. **Problemas estequiométricos em química: uma questão dproporcionalidade**. 2015. 155f. Dissertação (Mestrado profissional Matemática em rede Nacional) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2015.

BORGES, J. A. **Inserção de sequências didáticas em ambientes virtuais de aprendizagem e sua aplicação pelos professores de Biologia**. 2019. 141f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Goiás, Brasília, 2019.

BRASILEIRO, L.B.; MATIAS, J. C. Simulações computacionais no ensino de Química: estudando as microondas. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s.l.], n.2 v.14, p.227-228, 2019.

CAMPANHER, C. H. **A Aprendizagem significativa crítica aplicada ao ensino da constante de Avogadro e o MOL**. 2016. 53f. Dissertação (mestrado) - Curso de mestrado profissional em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2016.

CARPENTER, Y.Y.; MOORE, E.B.; PERKINS, K.K. ConfChem Conference on Interactive Visualizations for Chemistry Teaching and Learning: Using an Interactive Simulation To Support Development of Expert Practices for Balancing Chemical Equations. **Journal of Chemical Education**, [s.l.], v. 93, n. 6, p. 1150-1151, 2016

CAREGNATO, R. C. A.; MUTTI, R. Pesquisa Qualitativa: análise de conteúdo versus análise de discurso. **Texto Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v. 15, n. 4, p. 679-684, 2006.

CÁSSIO, F.L.; CORDEIRO, D. S.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. O protagonismo subestimado dos íons nas transformações químicas em solução por livros didáticos e estudantes de química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**,[s.l.], n.3, v.11, p. 595-619, 2012.

CASTILHO, C. M. C. Quando e como o homem começou a"ver" os átomos!. **Revista brasileira de ensino de física**, [s.l.], v. 25, p. 364-373, 2003.

CAZZARO, F. Este experimento bastante simples permite que se explore o assunto estequiometria mesmo não dispondo de uma balança de alta precisão. **Química Nova na Escola**, [s.l.], n. 10, p. 2-3, 1999.

CEDRAN, C.; CEDRAN, P.; SILVA, Z.; RIVA, D. Equilibre: Jogo didático como estratégia de balanceamento de equações químicas para alunos com déficit de atenção. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, [s.l.], v. 4, n. 2, 2020.

CEDRAN, D. P. KIOURANIS, N.M.M.; CEDRAN, J.C. A importância da simbologia no ensino de Química e suas correlações com os aspectos macroscópicos e moleculares. **REnCiMa**, [s.l.] n. 9, v.4, p.38-57, 2018.

CHASSOT, A. I. Alquimiando a química. **Revista Química Nova na Escola**, n. 1 p. 20, 1995.

- CORREIA, A. C. V.; CAMARGO, CDT.; 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, v. 6, n. 15, p. 173-185, 2021.
- 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 Matemáticas**, [s.l.], v. 10, n. 19, p. 106-116, 2013.
- COTES, S.; COTUÁ, J. Usando sistemas de resposta do público durante palestras interativas para Promova o aprendizado ativo e a compreensão conceitual de Estequiometria. **Journal of Chemical Education**, [s.l.], v. 91, s/n, p., 673-677, 2014.
- CUNHA, M. B. Jogos no Ensino de Química: Considerações teóricas para a sua utilização em sala de aula. **Química nova na escola**, [s.l.], v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.
- DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de educação**, Pelotas, n. 45, p. 57-67, 2013.
- DE JESUS, F. A. Em busca de soluções para evitar a evasão nos cursos de Exatas da Universidade Federal de Sergipe: relatos de uma proposta da Química. **Debates em Educação**, Maceió, v. 7, n. 14, p. 33, 2015.
- DE SOUZA, E. F.; SOUZA, G. A. P. **Experimentação problematizadora no ensino de Termoquímica**. 2024. 54f. Produto Educacional (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática - MPECIM. Rio Branco, 2024.
- DINIZ JÚNIOR, A. I.; SILVA, J. R.R.T. Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.1, v.38, p. 60 – 69, 2016.
- DRESSLER, A. C.; ROBAINA, J. V. L. Ensino de estequiometria através de práticas pedagógicas. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia**. 3, 2012, Ponta Grossa. Resumos [...]. SINECT: Ponta Grossa.
- DUARTE, C. J. Método Algébrico para balanceamento de reações: Uma alternativa não explorada em livros didáticos de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.2, v.43, p. 183-189, 2021.
- DUTRA, E. R. A. **A utilização de experimentos e simulações no ensino de Física com o uso do Software Tracker com as plataformas PhET e quiz**. 2017. 65f. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências) - Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2017. Edições SM, 2016.
- FAGUNDES, A. H. A.; BITENCOURT, H. R.; PINHEIRO, J. C.; DE ALMEIDA, O.; FARIAS, R. A. F.; DA SILVA, K. S. Tics no ensino de química em tempos de pandemia / Icts in chemistry teaching in times of pandemics. **Brazilian Journal of Development**, [s.l.], v. 7, n. 9, p. 91327–91338, 2021.

FALCHI, L.F.O.; FORTUNATO, I. Simulador PhET e o Ensino da tabuada na educação básica: Relato de experiência. **Revista on-line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v.22, p. 439 -452, 2018.

FÊMINA, L. L.; SOUZA, J. R.; GUSMÃO, L. A.; MIRANDA, V. M. balanceamento de equações químicas de combustão utilizando sequências numéricas. **Revista eletrônica matemática e estatística em foco**, [s.l.], v.8, p.12-24, 2021.

FERNANDES, R. F. Equação química. **Revista de Ciência Elementar**, n. 2, v. 2, 2014.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E.R. Concepção dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, [s.l.], n. 24, p. 20-24, 2006.

FLOR, F.L.; RIBEIRO, R.J. Implementação dos micromundos físicos propostos por Seymour Papert para o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, n.2, v. 13, p. 160-197, 2020.

FONSECA, M. R. M. **Química**: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

FREITAS JÚNIOR, L.F. **Aprendizagem significativa de alunos do Ensino Fundamental II no Balanceamento de Equações Químicas**. 2023. 23f. Monografia (Especialização em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

FRIGATO, C. E. G.; KAICK, T. S. V. Horta orgânica no Ensino de Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, Rebouças, n.1, v. 16, p. 774-782, 2021.

FÚRIO, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. A aprendizagem e o ensino dos conceitos 'quantidade de substância' e 'mol': uma revisão da literatura. **Pesquisa e Prática em Ensino de Química**, [s.l.], v. 3, p. 277-292, 2002.

GERSTBERGER, A.; OLIVEIRA, E. C.; GIONGO, I. M.; QUARTIERI, M.T. Uma prática pedagógica utilizando o aparelho celular nas aulas de Matemática em uma turma de Ensino Médio. **Revista Caderno Pedagógico**, Lajeado, n.1, v. 13, p.168-187, 2016.

GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Projeto Teláris – Ciências**. 6º ano ao 9º ano. São Paulo: Ática, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, Alex Sandro; GOMES, Claudia Roberta Araújo. Classificação dos Tipos de Pesquisa em Informática na Educação. In: JAQUES, Patrícia Augustin; PIMENTEL, Mariano; SIQUEIRA, Sean; BITTENCOURT, Ig. (Org.) **Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação**: Concepção de Pesquisa. Porto Alegre: SBC, 2020. (Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação, v. 1. Disponível em: <https://metodologia.ceie-br.org/livro-1>. Acesso em: 22 out. 2022.

GRAÇA, Y. R.; FINICELLI, P. P.; OLIVEIRA, R. S.; SANTANA, G. P. Quebrando a Cabeça com Lavoisier: uma proposta de aprendizagem de cálculos estequiométricos. **Scientia Amazonia**, [s.l.], v. 5, n.3, 64-68, 2016.

JOHNSTONE, A. H. O desenvolvimento do ensino de química: uma resposta em mudança à demanda em mudança. **Jornal de Educação Química**, [s.l.], n. 7, v. 70, p.701, 1993.

KERN, E.B. **Práticas Educacionais na Escola: entre vetos e incômodos- as experiências sociais com recursos multimídias através do uso dos celulares nas aulas de Ciências Humanas.** 2018. 163f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.

LEAL, G. M.; SILVA, J. A.; SILVA, D.; DAMACENA, D. H. L. As TICs no ensino de química e suas contribuições na visão dos alunos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, n.1, v. 6, p. 3733-3741, 2020.

LEITE, L.; RODRIGUEZ, A.; LIMA, M. S.; MOURA, F. N.; FIRMINO, N.; DO NASCIMENTO, F.; CASTRO, E.; ARAGÃO, F. O uso de sequências didáticas no ensino de Química: proposta para o estudo de modelos atômicos. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, [s.l.], v. 11, n.2, p. 177-188, 2020.

LEITE, M.B.; SOARES, M.H.F.B. Cálculos químicos nos capítulos de solução e estequiometria em livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD/2012/2015. **Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química-ReLAPEQ**, [s.l.], n,1, v,2, p.41-60, 2018.

LEMOS, A.; KAIBER, C. Construindo uma sequência didática sobre equação de 1º grau com uso das tecnologias da informação e comunicação. **Acta Latinoamericana de Matemática Educativa**, [s.l.], v. 26, p. 2019-2027, 2013.

LIMA, D. F. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de Física moderna no Ensino Médio. **Revista Triângulo**, Uberaba, n.1, v.11, p. 151-162, 2018.

LIMA, L.; LOUREIRO, R. C. **Tecnodocência: concepções teóricas.** Fortaleza: Edições UFC, 2019.

LIRA, D.L. **Percepções dos estudantes do ensino médio sobre a experimentação digital de Química: possibilidades de utilização do aplicativo PhET.** 2022. 115f. Dissertação (Mestrado)- Programa de mestrado profissional em Química. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

LOPES, F. A. M. H.; OLIVEIRA, D. G. D. B. Mathematical-chemical interrelationship: discussing stoichiometry in the Enemy. **Educación química**, [s.l.], n.3 v. 32, p. 171-182, 2022.

MACHADO, R. M.; RODRIGUES, A. C. F. Metodologias ativas e tecnologias digitais como potencializadoras do processo de ensino- aprendizagem no Ensino Médio Integrado. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 8, n.3, p. 537- 549, 2020.

MAMOMBRE, C.; MATHABATHE, C. K.; GAIGHER, E. Percepções de professores e alunos sobre estequiometria usando POGIL: um estudo de caso na África do Sul. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, [s.l.], v.17, s/n, p. 1-11, 2021.

MARTINS, S. O.; SERRÃO, C. R. G.; SILVA, M. D. B.; REIS, A. S. O uso de simuladores virtuais na Educação Básica: uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de Química. **Revista Ciências & Ideias**, [s.l.], v. 11, n. 1, p. 216-233, 2020.

MASSA, N.P.; OLIVEIRA, G.S.; SANTOS, J.A. O Construcionismo de Seymour Papert e os computadores na Educação. **Cadernos da FUNCAMP**, [s.l.], n.52, v.21, p.110-122,2022.

MAZZALI, K. **O uso do Laboratório Virtual para o ensino e aprendizagem de estequiometria nas aulas de Química**. 2014. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em mídias em Educação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

MENDES, A. P.; SANTANA, P. G.; PESSOA JUNIOR, E. S. F. O uso do *software* PhET como ferramenta para o ensino de Balanceamento de Reação Química. **Revista Areté**, Manaus, v.8, n.16, p. 52-60, 2015.

MENESES, F. M. G.; NUNEZ, I. B. Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 24, n. 1, p. 175-190, 2018.

MENESES, F.M.G. **A compreensão de Reação Química como um sistema complexo a partir da discussão dos erros e dificuldades de aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio**. 2015. 286f. Tese (Doutorado) - Pós graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MILARÉ, T.; MARCONDES, M. E. R.; REZENDE, D. B. Discutindo a Química do Ensino Fundamental Através da Análise de um Caderno Escolar de Ciências do Nono Ano. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 0, n.0, p. 1-10, 2014.

MIRANDA, W. A. M.; FARIA, A. G.; MAGALHÃES, W. G.; SANTOS, G. S. Modelagem matemática como ferramenta pedagógica no desenvolvimento de *Software* para o ensino de Química. In: **I Seminário de Iniciativa Científica e Tecnológica**. 1, 2016, Campo Grande. Anais [...]. Campo Grande. Disponível em: [https://www.academia.edu/37111877/SEMICT\\_MODELAGEM\\_MATEM%C3%81TICA\\_FERRAMENTA\\_PEDAG%C3%93GICA](https://www.academia.edu/37111877/SEMICT_MODELAGEM_MATEM%C3%81TICA_FERRAMENTA_PEDAG%C3%93GICA). Acesso em 14 mai. 2023.

MOORE, E. B.; CHAMBERLAIN, J. M.; PARSON, R.; PERKINS, K. K. PhET Simulações Interativas: Ferramentas Transformadoras para o Ensino de Química. **Journal of Chemical Education**, [s.l.] n. 91, v. 8, p.1191-1197, 2014.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, s/n, p. 117-128, 2006.

MORÁN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MOTA, E. R. L.C. **O construcionismo de Papert como concepção epistemológica: Fundamentos para qual educação?**. 2014. 118f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação) Universidade Estadual do Ceará, 2014.

MUNARI, A. Jean Piaget. **Fundação Joaquim Nabuco**. Recife: Editora Massangana, 2010.

NERY, A.L. P.; LIEGEL, R. M.; FERNANDEZ, C. Um olhar crítico sobre o uso de algoritmos no Ensino de Química no Ensino Médio: a compreensão das transformações e representações das equações químicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [s.l.], n.3, v. 6, p. 587-600, 2007.

NUNES, P.; PINO, J.C.D. Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s.l.], n.1, v.3, p. 53-63, 2008.

OBAYA, A. V.; BAROCIO, Y. R.; RODRÍGUEZ, Y. M.V. Simuladores Online para o Ensino da Lei de Conservação da Matéria e Reações Químicas no Ensino Médio. **Science Education International**, [s.l.], s/n, v. 32, p. 209 - 219, 2021.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. **Química Nova na Escola**, [s.l.], n. 16, p. 21-25, 2002.

OKI, M. C. M. Paradigmas, crises e revoluções: a história da Química na perspectiva Kuhniana. **Química Nova na Escola**, [s.l.], n. 20, p. 32-37, 2004.

OLIVEIRA, M. M. (Org.) Sequência didática interativa no processo de formação de professores. **Editora Vozes**, 2013.

OLIVEIRA, O. M. M. F. (Org.); SCHLÜNZEN JUNIOR, K. (Org.); SCHLÜNZEN, E. T. M. (Org.). Química (Coleção Temas de Formação). 1. ed. São Paulo/SP: Cultura Acadêmica, Universidade Estadual Paulista, Núcleo de Educação à Distância, 2013. v. 3.

PAIVA, M. R. F.; PARENTE, J. R. F.; BRANDÃO, I. R.; QUEIROZ, A. H. B. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, Sobral, v. 15, n. 2, 2016.

PAPERT, S. **A máquina das crianças**: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PASSOS, I.N.G.; SOUSA, J.L.S.; SOUSA, S. F.; LEAL, R.C. Utilização do software PhET no Ensino de Química em uma escola Pública de Grajaú, Maranhão. **Revista Observatório**, Palmas, n.3, v. 5, p. 335–365, 2019.

PATROCÍNIO, F. S.O.; REIS, F. E.I. Os livros didáticos de Química indicados pelo PNLD 2015: a história da Ciência empregada na temática “quantidade de matéria” e sua unidade, MOL. **HOLOS**, [s.l.], v. 2, p. 375-392, 2017.

PEREIRA, L. M. **Aplicativo Educacional de Química desenvolvido em PYTHON**. 2018.31f. Relatório Final de Iniciação Científica, Centro Universitário do Sagrado Coração, 2018.

PERKINS, K. Transforming STEM Learning at Scale: PhET Interactive Simulations. **Childhood Education**, [s.l.], n. 4, v. 96, p. 42-49, 2020.

PhET. PhET: Simulações online gratuitas de física, química, biologia, ciências da terra e matemática, 2023. Disponível em: [https://PhET.colorado.edu/pt\\_BR/](https://PhET.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 14 mai. 2023.

PIAGET, J. **A linguagem e o pensamento da criança**. Martins Fontes, 1999.

PIEIDADE, C.; GUIMARÃES, J. W. N.; MACEDO, V. B.; SANTANA, G. P. Abordagem de reações químicas: uso do simulador PhET. **Scientia Amazonia**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 72-76, 2016.

PSZYBYLSKI, R. F.; MOTTA, M. S.; KALINKE, A. M. O Construcionismo e o *software* de programação App Inventor 2 na formação inicial de professores de Ciências. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 18. n.1, p. 1-10, 2020.

QUADROS, A.L.; SILVA, D. C.; ANDRADE, F.P; ALEME, H.G.; OLIVEIRA, S.R.; SILVA, G.F. Ensinar e aprender Química: a percepção dos professores do Ensino Médio. **Educar em Revista**, [s.l.] n. 40, p. 159-176, 2011.

ROGADO, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o MOL: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. **Ciência & Educação**, Bauru, n.1, v. 10, p. 63-73, 2004.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, [s.l.], n. 4, v.31, 2008.

RUTTEN, N.; JOOLIGEN, W. R. V.; VEEN, J. T. V. The learning effects of computer simulations in science education. **Computers & Education**, [s.l.], v. 58, n. 1, p. 136-153, 2012.

SA, M. B. Z.; SANTIM FILHO, O. Abstract some aspects of the work of Piaget and its contribution to the study of chemistry. **Revista Ibero-Americana de estudos em Educação**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 190-204, 2017.

SALAME, I. I.; MAKKI, J. Examinar o uso de simulações PhET nas atitudes e aprendizagem dos alunos em química geral II. **Revista Interdisciplinar de Educação Ambiental e Científica**, [s.l.], v. 17, n. 4, p. 2-9, 2021.

SAMPAIO, Iracilma da Silva. **O simulador PhET como recurso metodológico no ensino de reações Químicas no primeiro ano do Ensino Médio com aporte na teoria de Ausubel**. 2017. 104 f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Ensino de Ciências, Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, 2017.

SANJUAN, M.E.C.; SANTOS, C. V. Uma proposta didática para a elaboração do pensamento químico sobre elemento químico, átomos, moléculas e substâncias. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s.l.], n.1, v.5, p. 7-20, 2010.

SANTANA, K.V.R. SARMENTO, V.H.V.; WARTHA, E.J. Modelos atômicos e estrutura celular: uma análise das ideias dos estudantes de Química do Ensino Médio. **REnCiMa**, [s.l.], n. 2, v. 2, p. 110-122, 2011.

SANTOS, B. M. M. S.; SANTOS, M. S. A.; SILVA, N. C. M. Construcionismo e inovação pedagógica. **Revista Imersão**, Capim Grosso- BA, n.1, v. 1, p. 1-9, 2020.

SANTOS, F.A. **Estudo teórico das Reações do intermediário criegege óxido de formaldeído (CHOO) com o dióxido de enxofre e com a água utilizando a dinâmica molecular de Car-parrinello**. 170f. 2014.Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

SANTOS, L. C.; SILVA, M. G. L. O Estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. In: **IX Congresso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias**. 9, 2013, Girona. Anais [...]. Girona. Disponível em:<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308303/398318>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SANTOS, L. C.; SILVA, M. G. L.O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [s.l.], n. Extra, p. 3205-3210, 2013.

SEGUNDA, A.T. **Metodologia para o tratamento do processo de Ensino-aprendizagem sobre acerto de Equações Químicas na 10° classe no Liceu n° 1677**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Licenciatura em Química, Instituto Superior de Ciências da Educação. Lubango, 2022.

SEGURA, E.; KALHIL, J. B. A metodologia ativa como proposta para o ensino de ciências. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 3, n. 1, p. 87-98, 2015.

SILVA, C. S.; SGARBOSA, É. 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**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 18-31, 2016.

SILVA, CC da; FERRI, KCF Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG / Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica nos cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [s.l.], v. 6, n. 5, p. 27641–27655, 2020.

SILVA, F. C.; SILVA, E.; SILVA, P. C.; DUARTE, D.M.; DIAS, F.S. Relação entre as dificuldades e a percepção que os estudantes do ensino médio possuem sobre a função das representações visuais no ensino de Química. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, p.1-21, 2021.

SILVA, S.L.A.; VIANA, M.M.; MOHALLEM, N.D.S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? Uma abordagem para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, [s.l.] n.3, v. 31, p.172-178, 2009.

SILVA, W. A.; KALHIL, J. B. Tecnologias digitais no ensino de Ciências: Reflexões e possibilidades na construção do conhecimento científico. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação em Matemática**, Cascavel, n. 1, v. 2, p. 77-91, 2018.

SILVEIRA, J. A. Construcionismo e inovação pedagógica: uma visão crítica das concepções de Papert sobre o uso da tecnologia computacional na aprendizagem da criança. **THEMIS: Revista da Esmec**, [s.l.] v. 10, p. 119-138, 2016.

SILVEIRA, L. F.; NUNES, P.; SOARES, A. C. Simulações Virtuais em Química. **Revista de Educação, Ciência e Cultura**, Canoas, n. 2 v. 18, p. 131-148, 2013.

SOUSA, O. de; SILVA, do N.; SILVA, C. V. da; SIMÕES NETO, E.; BRITO LIMA, P. de A. Observando a dinâmica do contrato didático em aulas de equilíbrio químico. **Educação Química em Ponto de Vista**, [s. l.], v. 1, n. 1, 2017.

SOUZA NETO, E.G.; FALCÃO, A.P. S. T.; CUNHA FILHO, M.; LIMA, I.S.; RIBEIRO, L.S.C.A.; SILVA, D. F.; FREIRE, M.F. A linguagem química no ensino médio: observações a partir das reações químicas / A linguagem química no ensino médio: observações a partir de reações químicas, **Revista Brasileira de Ciência Aplicada**, Curitiba, n.3, v.5 p. 2233–2245, 2019.

SOUZA, F. de O.; NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, A. G. de; JAUDY, R. R.; ZANGESKI, D. dos S. O. Simulações PhET: a teoria aliada à prática experimental nas aulas de química. **Zeiki - Revista Interdisciplinar da Unemat Barra do Bugres**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 19–35, 2020.

STERNER, R. W.; SMALL, G. E.; HOOD, J. M. The conservation of mass. **Nature Education Knowledge**, [s.l.], v. 3, n. 10, p. 20, 2011.

SUJAK, K. B.; DANIEL, E.G.S. Understanding of Macroscopic, Microscopic and Symbolic Representations Among Form Four Students in Solving Stoichiometric Problems. **Malaysian Online Journal of Educational Sciences**, [s.l.] n.3, v.5, p. 83-96, 2017.

TABER, K. S. Aprendizagem no nível simbólico. In: **Múltiplas representações no ensino de química**. Dordrecht: Springer Holanda, p. 75-105, 2009.

VALDIVIA, A. E. O.; OSORIO, C. M.; RODRÍGUEZ, Y. M. V.; PERÉZ, R. G. P. Experimentação em tempos de COVID 19. Sequência Didática “Influência do pH na irrigação de plantas” para um Curso de Química do Ensino Médio. **American Journal of Educational Research**, [s.l.], n. 12, v. 9, p. 746-754, 2021.

VALENTE, J. A. **Diferentes usos do computador na educação**. In: Computadores e conhecimento: repensando a educação. Campinas: NIED-Unicamp, 1993.

VERONEZ, K. N. S.; PIAZZA, M. C. R. Estudo sobre dificuldades de alunos do Ensino Médio com Estequiometria. In: **Encontro Nacional em Educação e Ciências**. 6, 2007, Florianópolis. Anais [...]. Disponível em: [https://abrapec.com/atas\\_enpec/vienpec/autores0.html](https://abrapec.com/atas_enpec/vienpec/autores0.html). Acesso em: 17 mai. 2023.

VIDAL, P. H. O.; CHELONI, F. O.; PORTO, P. A. O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos. **Química Nova na escola**, [s.l.], n. 16, p. 29-32, 2007.

WARTHA, E. J.; ALVES, L.C.; SANJUAN, M.E.C.; SANTOS, C.V. Uma proposta didática para a elaboração do pensamento químico sobre elemento químico, átomos, moléculas e substâncias. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, [s.l.], n. 1, v.5, p. 8-20, 2020.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: planejamento e método. São Paulo: Bookman, 2001.

ZABALA, A. **Prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

## APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO INICIAL

Este questionário faz parte de uma pesquisa de mestrado intitulada como “Uso de simulações virtuais no ensino de Balanceamento de Equações Químicas no contexto do construcionismo educacional” desenvolvida pela discente Poliana de Sousa Carvalho, sob a orientação da professora Dra. Luciana de Lima. Obrigada pela participação!!

Responda todas as perguntas de maneira honesta, sem consulta. O que importa é a forma como você pensa cada conceito e desenvolve cada procedimento de Química.

O questionário está subdividido em 2 seções: personográficos e conceitual. Ao todo são 37 questões e você levará um total de 20 minutos para responder o questionário todo. Bom trabalho!

### PARTE 1 - PERSONOGRÁFICO

1- Qual é sua idade?

---

2- Qual é seu gênero?

Feminino  Masculino  Prefiro não identificar

3- Você tem celular?

Sim  Não

4- Você já fez alguma atividade em sala de aula utilizando o celular?

Sim  não

4.1 - Se sim, quais?

---

---

5- Qual é a finalidade do uso do celular para você? (pode marcar mais de uma opção)

Escolar (trabalhos, slides etc.)

Para trabalhar

Para diversão, lazer, jogos e vídeos

Outros.

Quais? \_\_\_\_\_

6- Com que frequência você utiliza o celular?

- Mais de 5 horas por dia  
 De 4 a 5 horas por dia  
 De 2 a 3 horas por dia  
 1 hora por dia  
 3 vezes por semana  
 1 vez por semana  
 1 vez a cada 15 dias  
 1 vez por mês

7- Você acha que a utilização de celulares em sala de aula poderia ajudar na compreensão dos conteúdos de Química?

- Sim  Não

Justifique:

---

---

8- Você já ouviu falar em simulações computacionais?

- Sim  Não

9- Você já utilizou alguma vez o *Software* de simulação computacional PhET?

- Sim  Não

Se sim, em qual disciplina e conteúdo?

---

---

---

10 – Você sente muita dificuldade nos conteúdos da disciplina de Química?

- Sim  Não

Justifique:

---

---

---

**PARTE 2 - CONCEITUAL**

11. O que é um átomo?

---

---

---

12. Dentre as opções abaixo, qual representa um átomo?

- a)  $H_2$
- b)  $H_2O$
- c)  $O$
- d)  $Na^+$

13. O que é uma molécula?

---

---

---

14. Dentre as opções abaixo, qual representa uma molécula?

- a)  $NH_3$
- b)  $N$
- c)  $Ca^{2+}$
- d)  $NH_4^+$

15. O que é uma substância?

---

---

---

16. Quando uma substância é classificada como composta?

---

---

---

17. Quando uma substância é classificada como simples?

---

---

---

18. Dentre as opções abaixo, indique as substâncias simples utilizando (SS) substâncias compostas indicando (SC).

( ) NH<sub>3</sub>

( ) O<sub>3</sub>

( ) H<sub>2</sub>O

( ) H<sub>2</sub>

( ) S<sub>8</sub>

( ) CO<sub>2</sub>

19. O que é uma Equação Química?

---



---

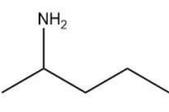


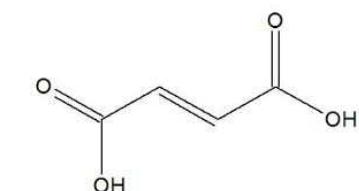
---

20. Dentre as opções abaixo, quais representam uma Equação Química?

( ) A + B → AB

( ) 

( ) 

( ) 

21. O que é uma Reação Química?

---



---



---

22. Dentre as opções abaixo, qual representa uma Reação Química?

a) CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>OH

b) 2 NH<sub>3</sub>

c) C<sub>5</sub>H<sub>13</sub>N

d) 2 H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> → 2 H<sub>2</sub>O

23. O que é o reagente de uma Reação Química?

---

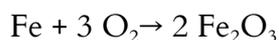
---

24. O que é o produto de uma Reação Química?

---

---

25. Observe a representação abaixo e indique os reagentes e o produto.



Reagente -

Produto -

26. O que é uma Reação de Síntese?

---

---

27. O que é uma Reação de Análise?

---

---

28. O que é uma Reação de Dupla Troca?

---

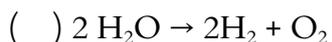
---

29. O que é uma Reação de Simples Troca?

---

---

30. Observe as representações a seguir e classifique-as como síntese (1), análise (2), dupla troca (3) e simples troca (4).

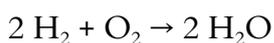


31. O que é Balanceamento de Equações Químicas?

---

---

32. A Reação abaixo se encontra balanceada?



( ) Sim      ( ) não

Justifique: \_\_\_\_\_

33. O que é coeficiente estequiométrico?

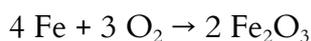
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

34. O que é índice?

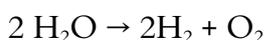
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

35. Quais coeficientes estequiométricos foram utilizados para balancear a equação abaixo?

Circule os índices presentes na equação.



36. Observe a Reação abaixo e responda o que se pede.



a) Quantos átomos tem na Reação?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b) Quantas moléculas estão presentes na Reação Química?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

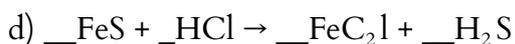
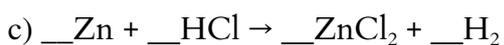
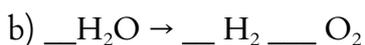
c) Quais substâncias são simples?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d) Quais substâncias são compostas?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

37. Observe as equações químicas abaixo e forneça o coeficiente que seja capaz de balancear a equação de forma correta.



## APÊNDICE B – RELATÓRIO DE PESQUISA

**Universidade Federal do Ceará**  
**Instituto Universidade Virtual**  
**Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional**  
**Balanceamento de Equações Químicas**  
**Professora Poliana (nome completo)**

### Relatório de Pesquisa

Escola

Série

Grupo

Nome dos alunos

Equação Química

Tipo da Equação Química

Equação Balanceada? ( ) Sim ( ) Não

Qual é o motivo da equação estar ou não balanceada?

Substâncias Químicas da Equação

Substâncias Simples	Substâncias Compostas

Moléculas da Equação Química

Quantidade	Molécula	Lado da equação

Átomos da Equação Química

Quantidade	Átomo	Lado da equação	Coefficiente Estequiométrico

Balanceamento da Equação Química

## Cálculos executados para o Balanceamento da Equação Química

## Definição

Átomo	
Molécula	
Substância Simples	
Substância Composta	
Coefficiente Estequiométrico	
Equação Química	
Reação Química	
Reação Química de Síntese OU Análise OU Dupla Troca	
Balanceamento de Equação Química	

## Perguntas

1. Qual é a relação entre átomos, moléculas e substâncias em uma Reação Química?
2. Qual é a relação entre átomos, coeficiente estequiométrico e Balanceamento de Equações Químicas?
3. Qual é a relação entre Equação Química e Reação Química?
4. Quais são as diferenças entre uma Reação de Síntese, uma Reação de Análise e uma Reação de Dupla Troca?

**APÊNDICE C – RELATÓRIO DE OBSERVAÇÃO**  
**COLETA DE DADOS – SEQUÊNCIA DIDÁTICA**  
**OBSERVAÇÃO**

**PESQUISADORA**

**NÚMERO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – Qual foi a intervenção?**

**DATA**

**ESCOLA**

**QUANTIDADE DE ALUNOS QUE PARTICIPARAM**

**OBJETIVO DA COLETA**

**ATIVIDADES**

- O que foi desenvolvido com os alunos
- Como foi a sequência das atividades – passo a passo

**PERCEPÇÕES**

- O que os alunos tiveram facilidade
- O que os alunos tiveram dificuldade

**CONCLUSÕES**

**OBSERVAÇÕES**

**APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO FINAL**

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Este questionário faz parte de uma pesquisa de mestrado intitulada como “uso de simulações virtuais no ensino de Balanceamento de Equações Químicas no contexto do construcionismo educacional” desenvolvida pela discente Poliana de Sousa Carvalho, sob a orientação da professora Dra. Luciana de Lima. Obrigada pela participação!!

**PARTE 1 - QUESTÕES CONCEITUAIS**

1. O que é um átomo?

---

---

---

2. Dentre as opções abaixo, qual representa um átomo?

a)  $H_2$                       b)  $H_2O$                       c)  $O$                       d)  $Na^+$ 

3. O que é uma molécula?

---

---

---

4. Dentre as opções abaixo, qual representa uma molécula?

a)  $NH_3$                       b)  $N$                       c)  $Ca^{2+}$                       d)  $NH_4^+$ 

5. O que é uma substância?

---

---

---

---

6. Quando uma substância é classificada como composta?

---

---

---

7. Quando uma substância é classificada como simples?

---



---



---

8. Dentre as opções abaixo, indique as substâncias simples utilizando (SS) substâncias compostas indicando (SC).

( ) NH<sub>3</sub>      ( ) O<sub>3</sub>      ( ) H<sub>2</sub>O      ( ) H<sub>2</sub>      ( ) S<sub>8</sub>      ( ) CO<sub>2</sub>

9. O que é uma Equação Química?

---



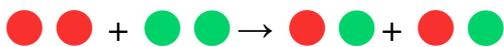
---

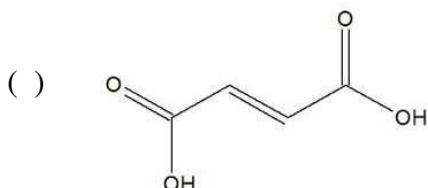
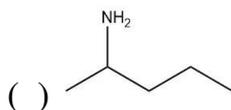


---

10. Dentre as opções abaixo, quais representam uma Equação Química?

( )  $A + XY \rightarrow AY + X$

( ) 



11. O que é uma Reação Química?

---



---



---

12. Dentre as opções abaixo, qual representa uma Reação Química?

a) CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>OH      b) 2 NH<sub>3</sub>      c) C<sub>5</sub>H<sub>13</sub>N      d) 2 H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> → 2 H<sub>2</sub>O

13. O que é o reagente de uma Reação Química?

---



---



---

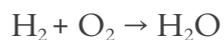
14. O que é o produto de uma Reação Química?

---

---

---

15. Observe a representação abaixo e indique os reagentes e o produto.



Reagente -

Produto -

16. O que é uma Reação de Síntese?

---

---

---

17. O que é uma Reação de Análise?

---

---

---

18. O que é uma Reação de Dupla Troca?

---

---

---

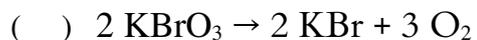
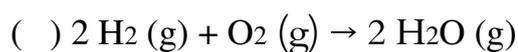
19. O que é uma Reação de Simples Troca?

---

---

---

20. Observe as representações a seguir e classifique-as como síntese (1), análise (2), dupla troca (3) e simples troca (4).



21. O que é Balanceamento de Equações Químicas?

---

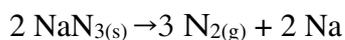


---



---

22. A Reação abaixo se encontra balanceada?



( ) sim                      ( ) não

Justifique \_\_\_\_\_

---

23. O que é coeficiente estequiométrico?

---



---



---

24. O que é índice?

---



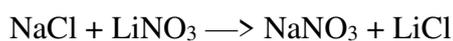
---



---

25. Quais coeficientes estequiométricos foram utilizados para balancear a equação abaixo?

Circule os índices presentes na equação.




---

26. Observe a Reação abaixo e responda o que se pede.



a) Quantos átomos tem na Reação?

---

b) Quantas moléculas estão presentes na Reação Química?

---

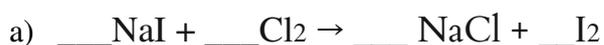
c) Quais substâncias são simples?

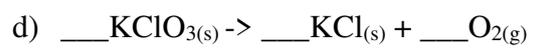
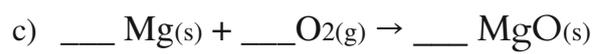
---

d) Quais substâncias são compostas?

---

27. Observe as equações químicas abaixo e forneça o coeficiente que seja capaz de balancear a equação de forma correta.





## APÊNDICE E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado pela discente Poliana de Sousa Carvalho como participante da pesquisa intitulada “Uso de simulações virtuais no ensino de Balanceamento de Equações Químicas no contexto do construcionismo educacional.” Você não deve permitir que seu(sua) filho(a) participe contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.

A pesquisa será realizada nos anos de 2023 e 2024 na disciplina de Química. Durante o período da pesquisa serão realizadas três coletas de dados:

- Na primeira fase é realizada a aplicação de um questionário inicial com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos. Esse questionário é aplicado no primeiro dia de coleta de dados e busca-se identificar o perfil dos sujeitos, seus conhecimentos conceituais e procedimentais a respeito do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas. O questionário é aplicado no formato impresso e conta com 20 questões subdivididas da seguinte maneira: 10 questões objetivas sobre os dados pessoais; 5 questões subjetivas conceituais, que terão como objetivo identificar o conhecimento dos alunos acerca das definições sobre Balanceamento de Equações Químicas e 5 questões subjetivas procedimentais que apresentam aos alunos algumas Equações Químicas para compreender o quanto eles entendem acerca de Equações balanceadas ou não balanceadas.

- Na segunda fase acontecerá a aplicação da Sequência Didática que está organizada em 10 intervenções, cada intervenção corresponde uma aula de 50 minutos. Em cada uma delas é elaborado um relatório de pesquisa pelos alunos e um relatório de observação pela pesquisadora.

- Na terceira fase é aplicado o questionário final no formato impresso com o objetivo de identificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos após a aplicação da Sequência Didática. O questionário é aplicado no formato impresso e conta com 10 questões subdivididas da seguinte maneira: 5 questões subjetivas conceituais com o objetivo de entender se os sujeitos participantes da pesquisa conseguiram compreender as definições dos conceitos de Balanceamento de Equações Químicas e 5 questões subjetivas procedimentais com o intuito de entender se os alunos conseguem diferenciar equações balanceadas e não balanceadas e se conseguem realizar o balanceamento quando necessário.

A análise de dados é realizada mediante a comparação dos resultados obtidos, observando-se o que foi estritamente escrito e/ou falado pelo seu(sua) filho(a). Com o objetivo de aprimorar os estudos sobre aprendizagem na Educação Básica mediante o uso das tecnologias digitais, um dos benefícios que a pesquisa pode trazer para seu(sua) filho(a) vincula-se ao desenvolvimento de reflexões sobre processos diferenciados de aprendizagem, com trabalhos em grupo e desenvolvidos a partir do protagonismo dos(as) estudantes que constroem materiais autorais digitais educacionais ao mesmo tempo que constroem conhecimentos. Outro benefício está

relacionado diretamente ao processo de desenvolvimento acadêmico de alunos e alunas da Educação Básica, por meio da vivência com instrumentos e métodos de coleta de dados.

Os riscos de participação em pesquisa desse gênero vinculam-se à escrita e à fala dos participantes. Podem ficar expostos em relação a suas ideias, pensamentos e ações. No entanto, como os dados coletados serão escritos e não no formato de imagens, nenhum participante será exposto publicamente por meio de fotos e filmagens. Além disso, nenhum nome de estudante

será revelado, uma vez que serão utilizados pseudônimos para o processo de análise de dados. A divulgação das informações será realizada entre os profissionais estudiosos do assunto. Os resultados obtidos serão utilizados somente para esta pesquisa e não haverá pagamento por participação na investigação acadêmica. Seus (Suas) filhos(as) participam de forma voluntária.

A qualquer momento seu(sua) filho(a) poderá recusar a continuar participando da pesquisa, podendo retirar o seu consentimento como responsável, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.

Endereço d (os, as) responsável(is) pela pesquisa:

Nome: Poliana de Sousa Carvalho  
 Instituição: Universidade Federal do Ceará - CE  
 Endereço: Av. Humberto Monte, s/n – Campus do Pici  
 Telefones para contato: (89) 99909-4850

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ anos, RG: \_\_\_\_\_, declara que é de livre e espontânea vontade que permite que seu(sua) filho(a) participe da pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Nome do responsável pelo(a) menor  
 participante da pesquisa

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do responsável pelo(a) menor  
 participante da pesquisa

Nome do responsável pelo(a) menor participante da pesquisa:

Data Assinatura

Nome do pesquisador:

Data Assinatura

Nome do profissional que aplicou o TCLE:

Data Assinatura

## APÊNDICE F - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado(a) como participante da pesquisa: Uso de simulações virtuais no ensino de Balanceamento de Equações Químicas no contexto do construcionismo educacional. Nesse estudo pretendemos analisar como os alunos do Ensino Médio aprendem os conceitos de Reação Química diante de uma abordagem pautada no Construcionismo fazendo uso de simuladores de Balanceamento de Equações Químicas.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é a necessidade de utilizar metodologias inovadoras tal como *Software* de simulações virtuais no conteúdo Balanceamento de Equações Químicas. A utilização dessas simulações pode contribuir na compreensão das Reações Químicas facilitando o balanceamento das equações que é considerado um conteúdo de difícil compreensão. Para este estudo adotaremos os seguintes procedimentos: A pesquisa é dividida em três fases, na primeira acontece a aplicação de um questionário inicial com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos. Esse questionário é aplicado no primeiro dia de coleta de dados e busca-se identificar o perfil dos sujeitos, seus conhecimentos conceituais e procedimentais a respeito do conteúdo Balanceamento de Equações Químicas. O questionário é aplicado no formato impresso e conta com 20 questões subdivididas da seguinte maneira: 10 questões objetivas sobre os dados personográficos; 5 questões subjetivas conceituais, que terão como objetivo identificar o conhecimento dos alunos acerca das definições sobre Balanceamento de Equações Químicas e 5 questões subjetivas procedimentais que apresentam aos alunos algumas Equações Químicas para compreender o quanto entendem acerca de Equações balanceadas ou não balanceadas. Na segunda fase acontecerá a aplicação da Sequência Didática que está organizada em 10 intervenções, cada intervenção corresponde a uma aula de 50 minutos. Em cada uma delas é elaborado um relatório de pesquisa pelos alunos e um relatório de observação pela pesquisadora. Na terceira fase é aplicado o questionário final no formato impresso com o objetivo de identificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos após a aplicação da Sequência Didática. O questionário é aplicado no formato impresso e conta com 10 questões subdivididas da seguinte maneira: 5 questões subjetivas conceituais com o objetivo de entender se os sujeitos participantes da pesquisa conseguiram compreender as definições dos conceitos de Balanceamento de Equações Químicas e 5 questões subjetivas procedimentais com o intuito de entender se os alunos conseguem diferenciar equações balanceadas e não balanceadas e se conseguem realizar o balanceamento quando necessário.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta riscos mínimos relacionados à sua escrita e à sua fala. Você pode ficar exposto em relação a suas ideias, pensamentos e ações. No entanto, como os dados coletados serão escritos e não no formato de imagens, você não será exposto publicamente por meio de fotos e filmagens. Além disso, seu nome de estudante não será revelado, uma vez que serão utilizados pseudônimos para o processo de análise de dados. A divulgação das informações será realizada entre os profissionais estudiosos do assunto. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um

período de 5 anos e, após esse tempo, serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) do documento de Identidade \_\_\_\_\_ (se já tiver documento), fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar, se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma via deste Termo de Assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Fortaleza, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) menor

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) pesquisador(a)

Endereço d (os, as) responsável (is) pela pesquisa:

Nome: Poliana de Sousa Carvalho  
Instituição: Universidade Federal do Ceará - UFC  
Endereço: Av. Humberto Monte, s/n - Pici, Fortaleza- CE, 60440-593  
Telefones para contato: (89) 99909-4850

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

## ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ PROPESQ - UFC



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** USO DE SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO DE BALANCEAMENTO DE EQUAÇÕES QUÍMICAS NO CONTEXTO DO CONSTRUCIONISMO EDUCACIONAL

**Pesquisador:** POLIANA DE SOUSA CARVALHO

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 66545822.2.0000.5054

**Instituição Proponente:** Universidade Federal do Ceará/ PROPESQ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.911.837

#### **Apresentação do Projeto:**

Por ser um conteúdo abstrato, o Balanceamento de Equações Químicas apresenta algumas dificuldades de compreensão por parte dos alunos, que podem estar relacionadas às didáticas e metodologias utilizadas na identificação das moléculas químicas e à ausência de contextualização desses conteúdos com a vida cotidiana do estudante. Assim, será realizado um estudo qualitativo com a finalidade de analisar a aprendizagem no ensino de balanceamento das reações químicas.

conteúdo com a vida cotidiana do estudante

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

- Analisar como os alunos do Ensino Médio aprendem os conceitos de Reação Química diante de uma abordagem pautada no Construcionismo fazendo uso de simuladores de Balanceamento de Equações Químicas.

Objetivo Secundário:

-Verificar quais são os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio sobre os conceitos de Reação Química e Balanceamento de Equações Químicas;

-Identificar quais são as compreensões conceituais e procedimentais sobre Reação Química que os alunos do Ensino Médio apresentam quando utilizam simulador de Balanceamento de Equações Químicas durante a execução de Sequência Didática;

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE **Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ PROPESQ - UFC



Continuação do Parecer: 5.911.837

- Comparar os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio com os conhecimentos a posteriori sobre os conceitos de Reação Química e Balanceamento de Equações Químicas.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos:

Mínimos

Benefícios:

Desenvolvimento de novas estratégias de ensino que podem contribuir para a aprendizagem do conteúdo de Reações Químicas e Balanceamento de Equações Químicas através de uma abordagem em que o aluno é o protagonista em seu processo de aprendizagem. Outros benefícios estão relacionados ao fato de a pesquisa ajudar no desenvolvimento de atividades colaborativas, na promoção de aprendizagem contextualizada, contribuir na capacidade de pensar, organizar e encontrar soluções pelos alunos e ajudar no desenvolvimento de habilidades para a utilização de tecnologias digitais no contexto do ensino e da aprendizagem de Química.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto em questão está bem escrito, de boa leitura e entendimento. Está incluído desenho do estudo, introdução, objetivos, metodologia, cronograma de atividades, orçamento e outros. A documentação exigida pela RESOLUÇÃO 466/2012/CNS/MS que regulamenta os estudos aplicados aos seres humanos está incluída.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos de apresentação do trabalho estão coerentes com o tema abordado e o rigor da ética em pesquisa.

**Recomendações:**

O projeto de pesquisa está devidamente instruído para que o mesmo seja executado. Portanto o parecer é favorável à sua APROVAÇÃO

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

<b>Endereço:</b> Rua Cel. Nunes de Melo, 1000	
<b>Bairro:</b> Rodolfo Teófilo	<b>CEP:</b> 60.430-275
<b>UF:</b> CE	<b>Município:</b> FORTALEZA
<b>Telefone:</b> (85)3366-8344	<b>E-mail:</b> comepe@ufc.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ PROPESQ - UFC**



Continuação do Parecer: 5.911.837

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_2066209.pdf	15/01/2023 15:11:51		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Local_atualizado.pdf	15/01/2023 15:08:39	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	15/01/2023 15:02:52	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_atualizado.pdf	15/01/2023 15:00:58	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	14/12/2022 12:04:15	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
Outros	Carta_apreciacao.pdf	14/12/2022 10:52:16	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Brochura_pesquisa.pdf	14/12/2022 10:50:44	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
Outros	utilizacao_dados.pdf	13/12/2022 21:14:47	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	13/12/2022 20:41:58	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
Declaração de concordância	Concordancia.pdf	13/12/2022 20:41:37	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	13/12/2022 20:40:37	POLIANA DE SOUSA CARVALHO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

FORTALEZA, 27 de Fevereiro de 2023

Assinado por:

**FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE **Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br